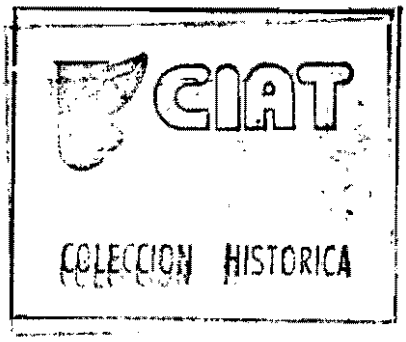
Material escrito para el
Curso Intensivo de Adiestramiento en Investigación
para la producción de yuca



LIBRO I

(Los artículos incluídos están en la
versión original)

Esta edición preliminar fué preparada por el CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL para la versión en español del Curso Intensivo de Adiestramiento en Investigación para la Producción de yuca, dictado del 1 al 30 de Mayo de 1978 y financiado por el PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO Y EL CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO.

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 67-13, Cali, Colombia, S.A.

C O N T E N I D O

LIBRO II

UTILIZACION ACTUAL Y POTENCIAL FUTURO DE LA YUCA[1]

Barry Nestel*

El objetivo de este trabajo preliminar es presentar una visión general del papel que desempeña la yuca en el mundo actual y explorar su potencial futuro. Parte de la información y de las ideas desarrolladas sugiere que el uso de la yuca como alimento humano y animal probablemente aumentará en los próximos años. Si se tiene en cuenta el hecho de que la toxicidad crónica en humanos y animales de las dietas con un alto contenido de yuca ya es un problema reconocido, es de esperar que a menos de que se tomen medidas efectivas para reducir el nivel de toxicidad, éste se convertirá en un problema cada vez más grave. Fuera de las implicaciones desde el punto de vista de la nutrición, la toxicidad también podría incidir en el aspecto económico retardando posiblemente el desarrollo de nuevos mercados para la yuca tanto domésticos como extranjeros.

PRODUCCION

Aún cuando las estadísticas de producción sobre la yuca son muy poco confiables, la mejor evidencia con que se cuenta indica que unicamente seis cultivos exceden la producción mundial anual de la yuca con base en el tonelaje (Cuadro 1).

La yuca se produce en más de 80 países, pero dos tercios de la producción mundial se cultiva en solo cinco de ellos (Brasil, Indonesia, Zaire, Nigeria e India) y el 90 por ciento de la producción total proviene de 90 países (Cuadro 2, Fig. 1).

---

1 Reimpresión del artículo Chronic Cassava Toxicity (Toxicidad Crónica de la Yuca). Editado por Barry Nestel y Reginald MacIntyre. IDRC-010e.

* International Development Research Center, 265 Arts Building, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

CUADRO 1. Producción mundial, superficie cultivada y rendimiento de cultivos seleccionados, 1971. (Fuente: Anuario de Producción de la FAO , 1971)

	Sup.Mundial (mill.de ha)	Rend.Mundial (100 kg./ha.)	Producción Mundial (millones ton. métricas)
Cereales			
Trigo	217,2	15,8	343,1
Arroz (en cáscara)	134,9	22,8	307,4
Maíz	112,9	27,3	307,8
Millo y sorgo	113,4	8,9	101,1
Cebada	82,2	18,5	152,7
Avena	31,2	18,5	57,7
Centeno	19,7	15,7	30,9
Cultivos de raíces			
Papa	22,5	136,0	306,4
Batata y ñame[a]	17,0	87,0	147,7
Yuca[a]	9,8	94,0	92,2
Remolacha azucarera	7,6	29,9	228,2
Legumbres			
Soya	36,2	13,3	48,3
Guandú	2,9	6,8	2,0
Fríjol	22,9	5,1	11,7
Maní	18,8	9,8	18,5
Garbanzo	10,2	6,6	6,7
Caupí	3,1	3,7	1,1
Habas	4,7	11,2	5,2
Arveja	9,0	12,2	10,9

[a]Información de 1970.

En los países productores, la producción ha crecido uniformemente a una tasa casi igual a la del incremento de la población durante los últimos 20 años. El aumento en la producción se debe aparentemente a mayor área cultivada toda vez que las variaciones en rendimiento han sido muy pequeñas. Sin embargo, al comparar los rendimientos de cada país se observan grandes diferencias con un promedio global de 9,4 ton./ha. Varios países, especialmente africanos, tienen rendimientos promedio de menos de esta cifra, en tanto que otros superan las 20 ton./ha.

Bajo condiciones experimentales, se han obtenido rendimientos de

más de 70 ton./ha. en un período de 12 meses a pesar de que la yuca ha recibido hasta el momento relativamente poca atención por parte de los científicos agrícolas. Aunque existen dificultades de consideración para mejorar los rendimientos y la calidad de esta especie, su potencial, al menos en cuanto a rendimientos se refiere, parece ser sustancialmente mayor que el de muchas especies vegetales que han sido intensamente estudiadas durante muchos años.

La yuca se produce basicamente como cultivo de subsistencia. Su valor se deriva de su tolerancia a la sequía, su capacidad para crecer en suelos pobres y su resistencia relativa a las malezas e insectos. Estas características, aunadas al hecho de que se puede dejar en la tierra sin cosechar durante un período largo de tiempo, hacen de la yuca un cultivo de gran utilidad en épocas de escasez de alimentos. Además, no es estacional y por lo tanto se puede sembrar y cosechar en cualquier época del año. Estas razones hacen de la yuca un cultivo atractivo para el agricultor de subsistencia para quien la aversión al riesgo ocupa uno de los lugares primordiales en su escala de valores. En realidad, para este tipo de agricultores el hecho de poder cosechar un cultivo en épocas adversas puede ser mucho más importante que el deseo de obtener mayores rendimientos, aunque a medida que el desarrollo incorpore a los agricultores de subsistencia en la economía de mercados es de esperar que la producción de excedentes negociables adquiera mayor importancia.

La yuca también posee ciertas características de especial interés para los biólogos y economistas preocupados por el desarrollo de recursos en las áreas tropicales. La primera y más importante de todas es el hecho de que la productividad de la yuca en términos de calorías/unidad de superficie/unidad de tiempo parece ser significativamente más alta que la de otros cultivos alimenticios básicos (de Vries et al., 1967).

Courgey y Haynes (1970) señalaron que la yuca puede producir 250×10^3 cal./ha./día en comparación 176×10^3 en el caso del arroz, 110×10^3 para el trigo, 200×10^3 para el maíz y 114×10^3 para el sorgo. Destacaron además que ya se ha efectuado investigacion intensiva para mejorar el potencial genético de los cereales, en cambio la yuca aún ofrece un amplio campo para mejoramiento genético. Los mismos autores indicaron que los cultivos de raíces tienen una eficiencia biológica más alta como productores de alimentos. Ellos atribuyen esta eficiencia a la estructura en sí de la planta por cuanto la parte comestible de las raíces tuberosas se encuentra bajo tierra y no tiene que ser sostenida por el tallo. De hecho, 60-85 por ciento del peso seco total de los cultivos de raíces es comestible en tanto que en el caso del trigo esta cifra escasamente llega al 36 por ciento.

CUADRO 2. Producción mundial de yuca en 1970. (Fuente: Anuario de Producción de la FAO, 1971).

	Millones de Toneladas	Producción mundial (%)
Brasil	29,5	32,6
Indonesia	10,5	11,4
Zaire	10,0	10,9
Nigeria	7,3	7,9
India	5,2	5,6
		67,9
Mozambique	2,1	2,4
Uganda	2,0	2,2
Tailandia	2,0	2,2
Paraguay	1,8	2,0
Burundi	1,6	1,7
Ghana	1,6	1,7
Angola	1,6	1,7
Tanzania	1,5	1,6
Madagascar	1,2	1,3
Togo	1,2	1,3
Colombia	1,2	1,3
República de Africa Central	1,0	1,1
		20,4
Camerún	0,9	1,0
Dahomey	0,7	0,8
Vietnam del Norte	0,7	0,8
Costa de Marfil	0,5	0,6
Guinea	0,5	0,6
Perú	0,5	0,6
		4,1
63 países más	7,1	7,7
	92.2	100,0

Se deben encontrar usos apropiados para la yuca a fin de poder utilizar su eficiencia biologica y desarrollar el cultivo. Aún mas, se la debe producir a un precio tal que estos usos resulten económicos. Las perspectivas de utilización varían completamente entre los diferentes paises. Por ejemplo, el agricultor tailandés, quien cultiva la mayor parte de la yuca que surte el mercado mundial, recibe US$11-12 por los trozos de yuca secados en la finca resultantes de una tonelada de

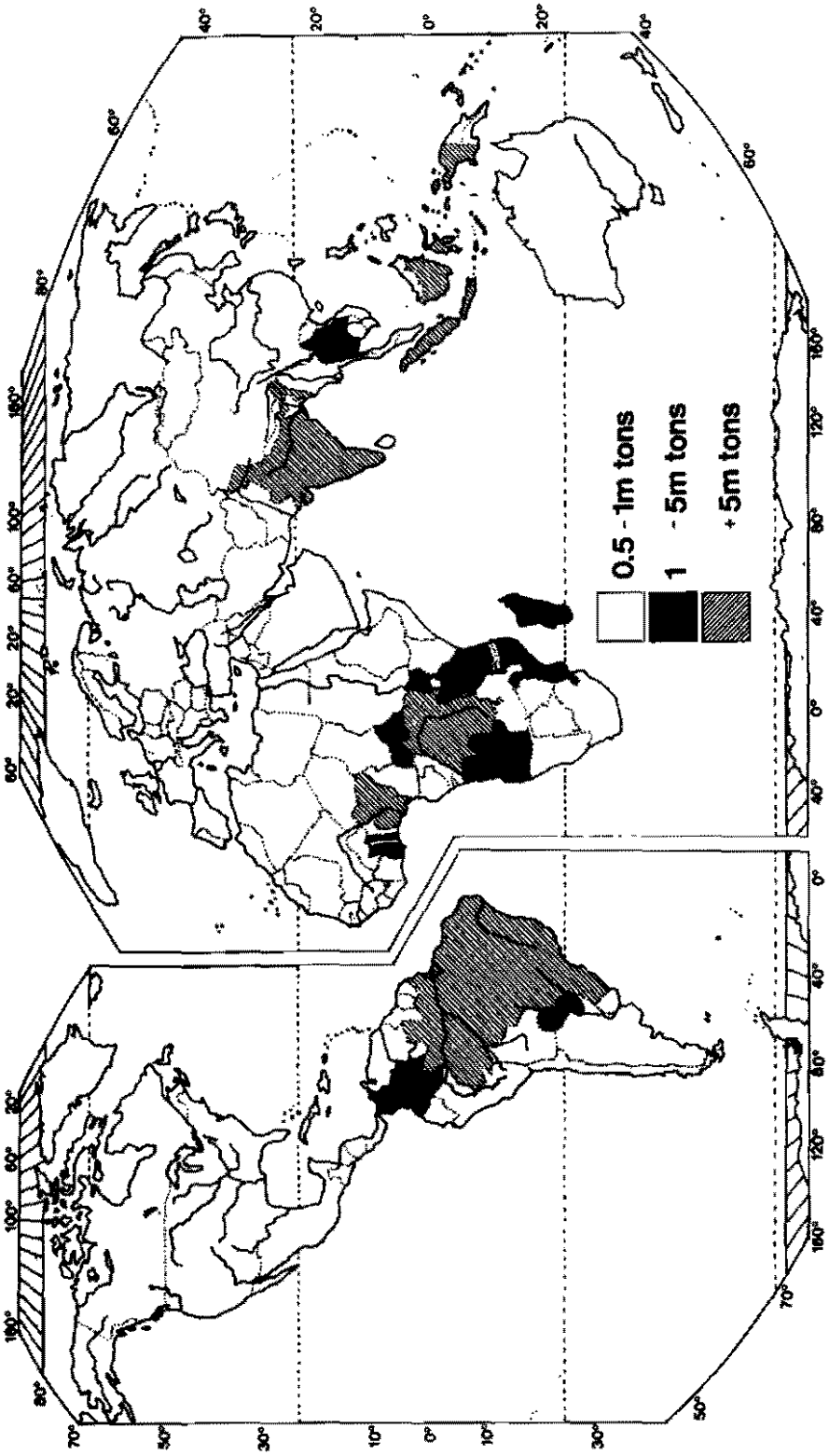


Fig. 1. Producción mundial de yuca en 1970

yuca fresca, en tanto que el agricultor jamaicano obtiene 2-4 veces este precio por tonelada de yuca fresca para consumo humano (Rankine y Houng, 1971) y el colombiano puede obtener, en ciertas épocas del año, de 6-10 veces el precio pagado al agricultor tailandés (P. Pinstrup Andersen, CIAT, comunicación personal). Sin embargo, en términos generales el precio en la finca fluctúa de US$10-15 por tonelada de raíces frescas.

Es difícil establecer los costos de la producción de yuca ya que los insumos principales son la mano de obra familiar y la tierra y esta última es de propiedad comunal en las áreas de agricultura de subsistencia. Brannen (1972) revisó parte de la literatura sobre costos de producción y encontró que el costo usual para producir una tonelada de yuca era US$6. El costo principal era la mano de obra. Comparar los diversos costos de mano de obra que se conocen resulta bastante difícil por numerosas razones, pero según varias encuestas el número de horas-hombre empleadas para producir una tonelada de yuca oscila entre 50 y 200 con un promedio de 100 (Brannen, 1972; Rankine y Houng, 1971; Raeburn et al., 1950). Obviamente el ingreso obtenido por la mano de obra empleada en la producción de yuca es muy bajo, a pesar de que Raeburn et al. encontraron que el rendimiento hombre-día era mayor en el caso de la producción de yuca que de otros cultivos básicos tropicales. Clarke y Haswell (1964) registraron un hecho similar al comparar el valor de la producción y la productividad de la mano de obra de varios cultivos tropicales en términos de los equivalentes estándares para el trigo fijados por la FAO.

El bajo ingreso recibido por la mano de obra se relaciona con el hecho de que el costo de oportunidad de la mano de obra en muchas áreas de subsistencia es prácticamente cero; de otra manera no sería posible tener un costo de producción por tonelada de yuca de US$6. Sinembargo, podemos prever que en el futuro será necesario mecanizar, ya que a medida que las economías se desarrollan, la mano de obra generalmente tiende a exigir un ingreso más alto, especialmente por realizar un trabajo desagradable como cosechar yuca, el cual normalmente representa 25-30 por ciento del costo total de la mano de obra. Por estas razones es probable que los costos de producción aumenten. No obstante, debe tenerse en cuenta que los rendimientos de la agricultura de subsistencia a menudo sólo alcanzan al 10 por ciento del potencial de producción del cultivo, o sea que todavía hay un gran margen para reducir los costos de producción aumentando los rendimientos. Esta observacion seria especialmente válida si se logran producir variedades de alto rendimiento más fáciles de cosechar (manual o mecanicamente) que mantengan un nivel adecuado de tolerancia a la sequía y a las enfermedades. En - - vista de los recursos tan limitados que se dedicaron en el

pasado al fitomejoramiento y mecanización de la yuca en comparación con los que se encuentran disponibles actualmente, es bastante difícil predecir cuál será el patrón futuro de los costos de producción. Lo más probable es que estos costos se vean afectados en alto grado por los logros del trabajo de fitomejoramiento en relación con el rendimiento y la morfología de la planta (y tal vez con el contenido de glucósido cianogénico).

CONSUMO

El uso más importante de la yuca es servir como alimento para el hombre (Fig.2). En el Cuadro 3 se presenta el consumo de yuca en 14 países en donde se emplea como alimento básico. Esta información no es representatativa para algunos países grandes en donde la yuca forma parte primordial de la dieta en algunas regiones pero no en otras. Por ejemplo, la yuca es más importante en el sur y en el oriente de Nigeria que en el norte. En una encuesta realizada en el sur de Nigeriá, Nicol (1952) encontró que la yuca suministraba de 25-26 por ciento de las calorías de la dieta (en oposición al 14 por ciento que figura en el Cuadro 3 como cifra a nivel nacional). Las encuestas de Bailey (1961) en Java mostraron que la ingestión de calorías provenientes de la yuca era de 63,5 por ciento, en comparación con una cifra a nivel nacional de 15,2 por ciento. Normanha (1970) informó que el consumo anual de yuca a nivel nacional durante el período 1962-63 en Brasil fue de 124 kg./persona. Esto representaba un consumo urbano y rural de 42 y 200 kg., respectivamente. Con fines comparativos es interesante observar que la ingestión promedio de trigo (en forma de harina) en los países del occidente europeo y en Norte América es de 50-80 kg./persona/año, los cuales proveen entre 500 y 800 calorías/día.

El trigo tiende a ser el alimento energético preferido en muchas áreas no arroceras del mundo pero la dificultad para cultivarlo en los trópicos hace que sea un producto costoso. Si se tiene en cuenta el ingreso tan bajo de las áreas tropicales (donde el ingreso per cápita anual en contadas ocasiones es de más de US$200 y a menudo es de menos de US$100), el costo relativo de la yuca y sus productos es de una importancia considerable. El Cuadro 4 muestra información tomada de dos áreas de Ghana en donde la ingestión calórica con base en la yuca fue de 500 calorías diarias en promedio a un costo diario inferior a US$0,02. El contraste en cuanto a costos con las calorías provenientes de otros alimentos básicos es bastante favorable.

El Cuadro 4 también indica que la yuca se comercia en Ghana en varias formas. Esta es una situación común en muchas áreas yuqueras. El sistema de mercadeo es a menudo bastante complejo toda vez que se maneja una gran variedad de productos de yuca. La Figura 3 muestra las

CUADRO 3. Consumo humano de yuca en 14 países durante el período 1964-66. (Fuente: Hojas de Equilibrio Alimentario de la FAO, 1964-66.

	Población humana (millones)	Yuca como % de ingestión calórica total	Cal./día provenientes de la yuca	Yuca por pers. por año (kg.)
Congo	0,84	54,8	1.184	470
Zaire	15,63	58,5	1.193	437
Rep. de Africa Central	1,33	48,7	1.057	354
Gabón	0,46	47,0	1.027	342
Mozambique	6,96	42,6	908	304
Angola	5,15	34,5	659	220
Liberia	1,08	26,2	600	201
Togo	1,64	26,5	590	197
Dahomey	2,36	20,1	438	148
Paraguay	2,03	19,7	540	131
Ghana	8,14	18,2	380	130
Brasil	80,77	10,8	274	107
Nigeria	58,48	14,1	306	103
Indonesia	105,74	15,3	269	92
Total:	304,15	-	-	-
Promedio ponderado (14 países)		19,4	374	124

El cuadro 4 también indica que la yuca se comercia en Ghana en varias formas. Esta es una situación común en muchas áreas yuqueras. El sistema de mercadeo es a menudo bastante complejo toda vez que se maneja una gran variedad de productos de yuca. La Figura 3 muestra las diversas formas como se consume la yuca en una región de Zaire. La gama de productos procesados y el número de etapas en el mercadeo tienden a reducir la participación del productor en el precio del producto que finalmente se consume.

CUADRO 4. Compras diarias expresadas en calorías y precio por 1.000 calorías de alimentos básicos seleccionados. Kumasi y Sekondi-Takoradi, Ghana, 1955 (Jhonston y Kaneda, 1960).

	Kumasi		Sekondi-Takoradi	
	Compras (cal/pers./día)	Precio (c/1000 cal)	Compras (cal/pers./día)	Precio (c/1000 cal)
Yuca y productos				
Raices frescas	243	2,68	456	2,37
Gari (harina integral)	46	2,94	64	3,23
Kekonte (raices secas)	212	1,63	57	2,96
Plátano	389	3,05	168	4,32
Ñame	123	5,91	49	7,64
Maiz y productos				
Kenkey	50	5,74	188	5,33
Masa	43	-	49	-
Arroz	101	5,20	111	5,28
Malanga	98	3,76	15	5,02
Pan	27	11,03	47	11,70
Todos los alimentos amiláceos	1.364	-	1.260	-

En las regiones donde la ingestión de yuca es alta se presentan algunas veces problemas debidos al bajo contenido de aminoácidos esenciales de las raíces (Cuadro 5.). El perfil de aminoácidos esenciales de la yuca también indica que tiene una deficiencia bastante marcada de aminoácidos sulfurados (Barley, 1961). La importancia de este hecho en la destoxicación de glucósidos cianogénicos se discute en varios artículos de este manual.

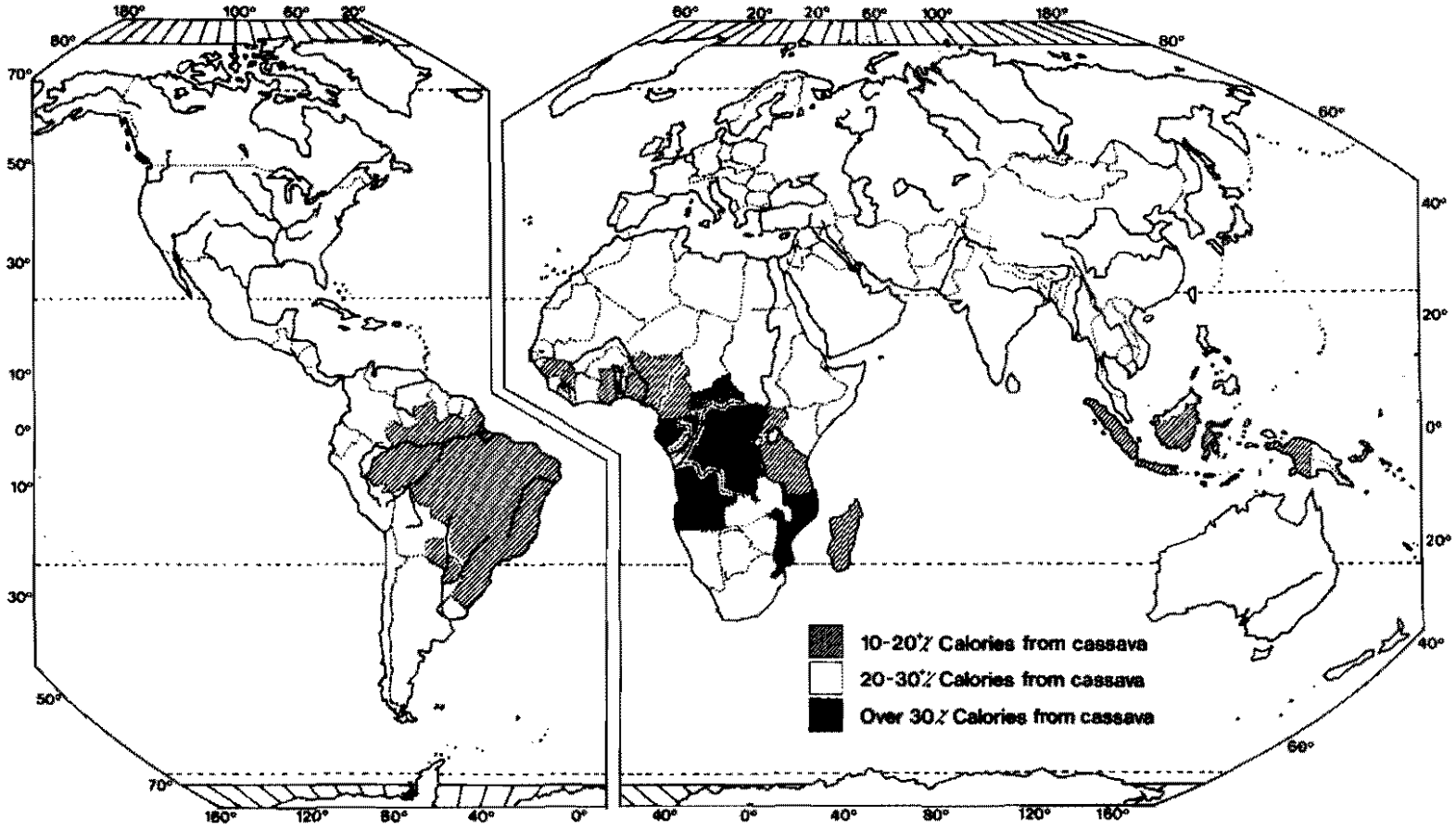


Fig. 2. Niveles de consumo de yuca en 20 países entre 1964-66

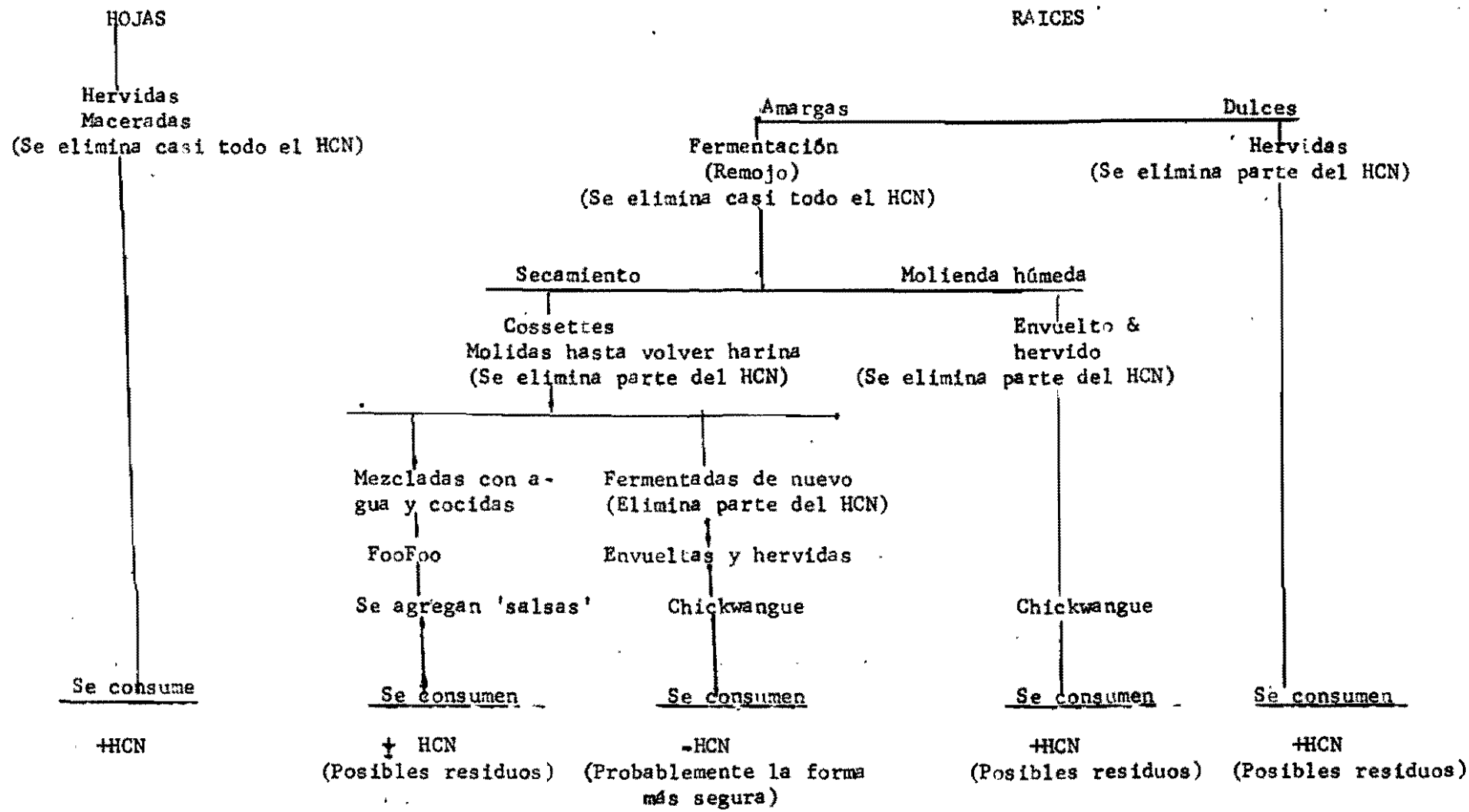


Figura 3. Uso de la yuca en el área de Kinshasa, Zaire. (Fuente: Rogers et al., 1971).

CUADRO 5. Contenido de aminoácidos de 100 gramos de alimento. (Fuente: Contenido de Aminoácidos de los Alimentos e información Biológica sobre las Proteínas de la FAO. Estudios sobre Nutrición No.24, Roma, 1970).

Alimentos	Humedad (g.)	Nitrogeno (g.)	Factor de Conversión (W.)	Proteínas (mg.)	Lisina (mg.)	Metionina (mg.)	Treonina (mg.)	Triptófano. (mg.)	Total aminoácidos esenciales (mg.)	Total aminoácidos (mg.)
Cereales										
Cebada	12,0	1,88	5,83	11,0	406	196	389	180	4.203	11.118
Maiz	12,0	1,52	6,25	9,5	254	182	342	67	3.820	9.262
Millo	11,0	1,55	6,25	9,7	332	239	374	189	3.979	9.505
Avena	10,0	2,23	5,83	13,0	517	234	462	176	5.169	12.998
Arroz con cáscara	13,0	1,26	5,95	7,5	299	183	307	98	3.033	7.973
Arroz descascarado	13,0	1,13	5,95	6,7	255	150	234	95	2.695	6.785
Centeno	12,0	1,89	5,83	11,0	401	172	395	87	3.732	10.868
Sorgo	11,0	1,62	6.25	10,1	204	141	306	123	3.945	9.756
Trigo	12,0	2,09	5,83	12,2	374	196	382	142	4.280	12.607
Raíces y tubérculos										
Papa	78,0	0,32	6,25	2,0	96	26	75	33	667	1.572
Batata	70,0	0,21	6,25	1,3	45	22	50	22	414	994
Taro (Colocasia)	72,5	0,29	6,25	1,8	70	24	74	26	707	1.737
Ñame (Dioscoria)	72,4	0 38	6,25	2,4	97	38	86	30	821	2.009
Harina integral de yuca (Manihot)	13,1	0,26	6,25	1,6	67	22	43	19	404	1.184
Legumbres										
Fríjol (Phaseolus)	11,0	3,54	6,25	22,1	1.593	234	878	223	8.457	20.043
Haba (Vicia)	11,0	3,74	6,25	23,4	1.513	172	786	202	8.244	20.951
Garbanzo	11,0	3,22	6,25	10,1	1.376	209	756	174	7.802	19.290
Caupí (Vigna)	11,0	3,74	6,25	23,4	1.599	273	842	254	8.640	21.086

USOS INDUSTRIALES

Como comentamos anteriormente, la yuca se emplea para preparar un gran número de productos procesados, la mayoría de los cuales involucra alguna forma de secamiento y/o fermentación. Uno de los más importantes es el almidón industrial. El almidón de yuca contiene 17 por ciento de amilosa en comparación con 22 por ciento del almidón de papa y 2 por ciento del de maíz, contenido que le confiere unas características de viscosidad poco comunes. La gran resistencia dimensional del almidón de yuca se debe al alto contenido de cadenas ramificadas de amilopectinas, y dicha resistencia lo hace particularmente adecuado para aprestar papel o fibras por cuanto les comunica mayor resistencia a la tracción.

El almidón de yuca también es un buen material base para hidrolizar dextrinas a partir de él que se emplearán en la formulación de adhesivos. Dichos adhesivos fabricados a partir de la yuca parecen ser más flexibles y menos frágiles a niveles bajos de humedad que las dextrinas obtenidas de almidones de cereales. Los almidones de yuca también poseen características específicas de mucha demanda en la industria de los alimentos.

Actualmente Estados Unidos es el principal usuario de almidón de yuca e importa cerca de 90.000 ton./año (Cuadro 6).

USOS EN LA ALIMENTACION PARA ANIMALES

Hace muchos años se viene utilizando la yuca como alimento para animales en fincas de subsistencia, aunque tradicionalmente ha existido prevencion contra ella en algunas áreas por la toxicidad que se le atribuye debido a su contenido glucósidos cianogénicos. No obstante, la literatura sobre este tema es controvertida y no ofrece respuestas definitivas. Un trabajo reciente efectuado por Maner (1972) y sus colaboradores demostró claramente el potencial de las raciones con un alto contenido de yuca. Unicamente en la última década ha adquirido la yuca cierta importancia como componente de los alimentos mixtos para animales en los lugares donde se emplea en lugar de los cereales. Esta situación tiene su origen en las tarifas arancelarias tan favorables con que la yuca entra en el Mercado Común Europeo en comparación con el trigo, el maíz y otros componentes energéticos de los alimentos mixtos para animales (Cuadro 7 y 8).

Los principales consumidores de yuca actualmente son Holanda, Alemania y Bélgica. El nivel de empleo de la yuca en Francia es bajo porque su agricultura está todavía en proceso de modernización, la industria de alimentos para animales está muy poco desarrollada y poseen grandes excedentes de cereales. Italia aún se beneficia de los alimentos económicos para animales a base de maíz, y el Reino Unido, Irlanda y Dinamarca han desarrollado sus industrias de productos para animales con base en cereales poco costosos que pueden com-

CUADRO 6. Importaciones de almidón y harina de yuca hechas por Canadá y los Estados Unidos (las importaciones de Canadá incluyen algo de harina de sagu). (Fuente: Información Nacional Comercial)

	Estados Unidos		Canadá	
	Millones lb.	Millones U.S.$	Millones lb.	Millones U.S.$
1964	294	9,6	7	0,5
1965	358	12,2	10	0,6
1966	341	11,5	13	0,7
1967	304	10,7	20	1,1
1968	194	7,1	16	0,9
1969	195	6,8	15	0,8
1970	207	7,0	20	1,0
1971	132	7,1	9	0,6

CUADRO 7. Comparación de precios de la cebada, el maíz y la yuca en la CEE en septiembre, 1967 (US$/ton.). (Fuente: Los Mercados para la Yuca, GATT, 1968).

	Costo seguro y flete	Derechos de aduana	Precios después del pago	Diferencia	
				Cebada	Maíz
Cebada	(59,65)	30,65	89,00		
Maíz	(57,25)	31,03	88,28		
Trozos de yuca	61,60	5,52	67,12	-21,88	-21,16
Comprimidos de yuca	64,40	5,52	69,92	-19,08	-18,36
Harina integral de yuca	56,00	8,02	64,02	-24,98	-23,26

prar a un precio inferior al de la yuca en el mercado mundial; sin embargo, ninguno de estos cuatro países se ajusta a la Política Agrícola Común establecida por la CEE.

Las importaciones de yuca a la Comunidad Económica Europea se triplicaron en la última década (Cuadro 9). Indonesia y Tailandia abastecen entre el 80 y el 90 por ciento del mercado mundial. El nivel de consumo de yuca en Tailandia es muy bajo y se la produce principalmente para el mercado mundial (Cuadro 14).

Brasil, China, Tanzania y Angola también abastecen el mercado mundial pero en mucho menor grado (Fig.4). En la actualidad, la CEE absorbe de 80-90 por ciento del comercio mundial de la yuca para la fabricación de alimentos para animales.

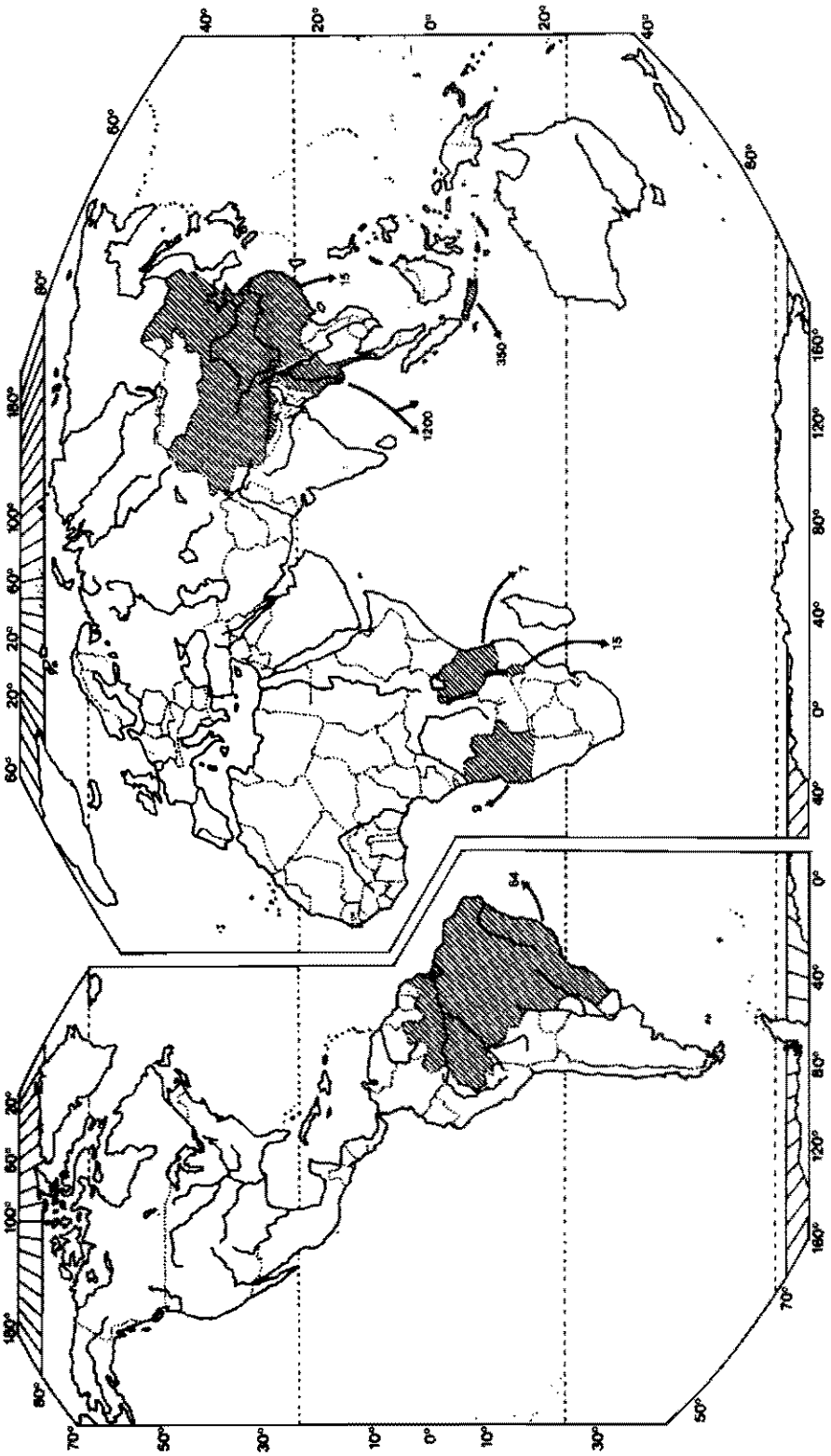
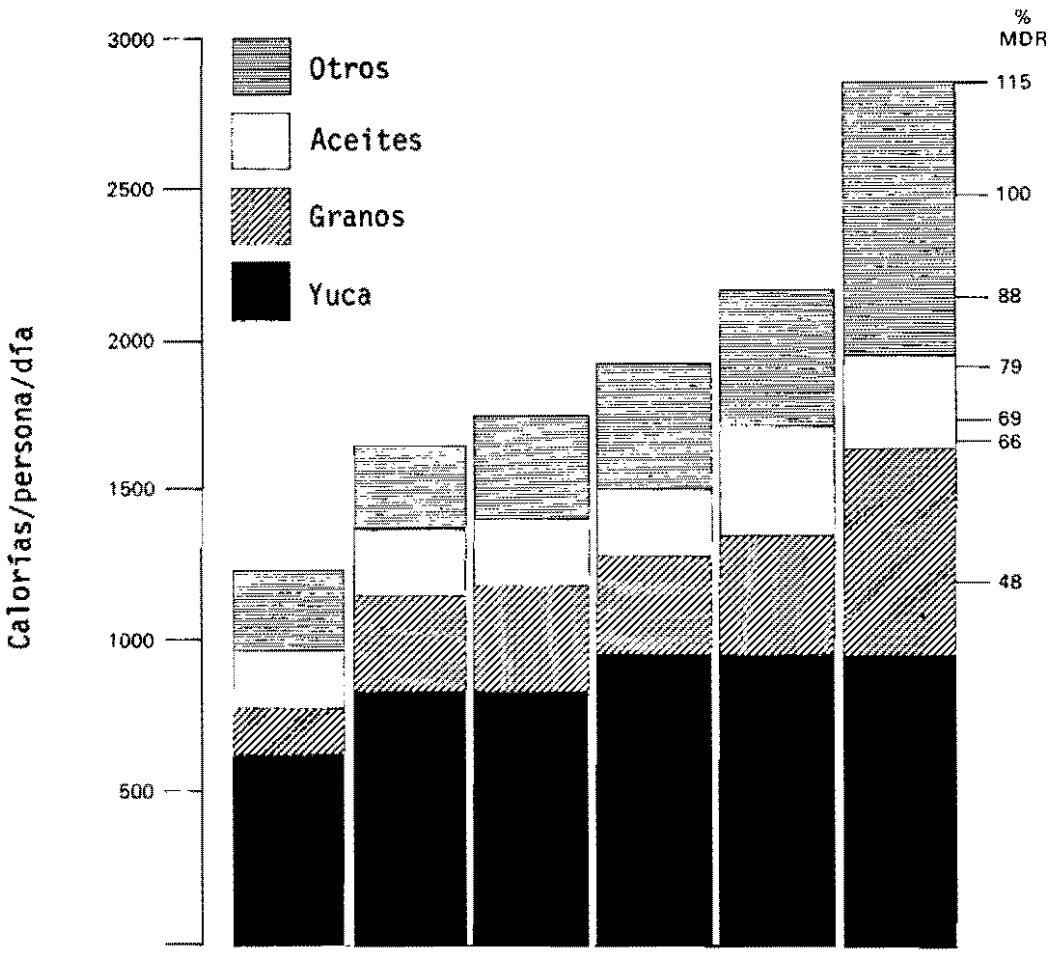


Fig. 4. Comercio mundial de la yuca en 1970 (miles de toneladas métricas)



Porcentaje de la población	15.6	15.7	17.7	18.2	19.2	13.6
Poder adquisitivo Porcentaje	4.2	5.3	10.7	14.7	24.5	40.6

Fig. 5. Consumo de yuca con relación al nivel de ingresos en Zaire (Fuente: Rogers et al, 1971).

CUADRO 8. Comparación de los precios de la yuca, el maiz y la cebada con base en mercancía CIF Rotterdam a bordo incluyendo impuestos y derechos aduaneros. (Fuente: Phillips, información inédita).

		Maiz	Comprimidos de yuca	Alimentos para animales a base de cebada
Precios promedio				
1968	Precio del Mércado Mundial	100,0	100,3	103,7
	Precio de la CEE	177,3	126,0	174,0
1969	Precio del Mercado Mundial	100,0	93.6	81,9
	Precio de la CEE	172,3	112,1	163,8
1970	Precio del Mercado Mundial	100,0	101 1	84,6
	Precio de la CEE	148,2	114,4	148,0

Precio del maiz en el Mercado Mundial = 100,0

CUADRO 9. Importaciones de productos secos de yuca realizadas por la CEE durante el período 1962-70, en miles de toneladas métricas. (Fuente: International Trade Centre, GATT).

	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Alemania	366	387	462	520	702	n.d.*	481	548	591
Países Bajos	1	5	17	76	96	n.d.	237	444	502
Bélgica	23	72	105	100	70	n.d.	127	212	268
Francia	23	20	18	17	16	n.d.	n.d.	n.d.	35
Italia	0	0	0	1	0	n.d.	n.d.	n.d.	14
Total:	413	484	602	714	884		845	1.204	1.410

*No hay datos

Parece que el empleo de la yuca en los alimentos mixtos para animales no ha recibido mayor atención en los países en desarrollo. Esto no deja de ser sorprendente ya que 30 por ciento de los US$75 por tonelada que pagan los

mercados europeos por los 1,5 millones de toneladas que importan corresponde a costos de embarque desde el Lejano Oriente. De hecho el costo FOB en puerto en Tailandia e Indonesia es de menos de US$50 la tonelada, un precio considerablemente más bajo que aquel a que se pueden comprar los cereales de valor energetico similar para la fabricación de alimentos mixtos para animales en la mayoria de los países en desarrollo.

Aunque no es posible dar una explicación totalmente satisfactoria a esta situación, parece que la industria de alimentos para animales en los países en desarrollo está en su mayor parte en manos de corporaciones multinacionales, las cuales prefieren mas bien emplear la tecnología conocida que invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías apropiadas para la situación típica de estos países (Jhonson, 1970). El tamaño y la naturaleza altamente competitiva del mercado dentro de la CEE son de tal magnitud que sus miembros están en condiciones de utilizar nuevas fuentes energeticas de una manera innovadora.

PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

La yuca tiene una elasticidad de demanda muy baja con relación al ingreso. Esto quiere decir que cuando el ingreso personal aumenta, la gente tiende a gastar una parte muy pequeña de este aumento en la yuca. En realidad, cuando los ingresos aumentan considerablemente, se registra una tendencia marcada a sustituir el consumo de yuca por el de cereales. No obstante, dados los niveles de ingreso de las áreas consumidoras de yuca se requerirá cierto tiempo para que este cambio ocurra (Fig. 5).

Debido a esta situación, la demanda global de la yuca probablemente aumentará a una tasa muy similar a la de la población humana en las áreas consumidoras de yuca. En el cuadro 10 se presentan dos proyecciones para la demanda de yuca en 1980. La primera representa una continuación de la tendencia pasada y la segunda se basa en un crecimiento mayor del ingreso que el registrado en en el pasado, precisamente el fijado como objetivo para 1980 por las Naciones Unidas en los estudios sobre Desarrollo de la Segunda Década. La diferencia entre las dos proyecciones es muy pequeña por la razon anteriormente expuesta. Ambas representan un índice de crecimiento anual de la demanda de aproximadamente 2,6 por ciento.

Si asumimos que hacia fines de este siglo habrá disminuído el crecimiento de la población en los paises consumidores de yuca, para esa época la demanda de yuca para emplearla como alimento sería aproximadamente de 100 millones de toneladas. Incluso si aceptamos que la yuca es el alimento representativo de los grupos con bajos ingresos y que éstos la remplazarán por cereales tan pronto como sus ingresos lo permitan, lo más probable es que a fines de este siglo la yuca esté suministrando el doble de las calorías en relación con las que se obtienen de ella actualmente. Volviendo al Cuadro 3, observamos

CUADRO 10. Demanda de yuca en 1980, en miles de toneladas. (Fuente: información inédita de la FAO, 1972).

	1970	1980[a]	1980[b]
Mundial	55.087	71.500	70.460
Africa	29.306	38.204	37.481
América Latina	8.492	10.838	10.651
Asia y el Lejano Oriente	16.422	21.318	21 154
China	734	971	1.007
El resto del mundo	133	169	167

[a] Demanda proyectada con base en la tendencia pasada.

[b] Demanda proyectada con base en el Modelo de Crecimiento para el Desarrollo de la Segunda Década.

que esto significa que en el año 2.000 habrá un gran número de consumidores de yuca. Esto sugiere que los problemas médicos descritos en algunos de los artículos de este manual no podrán solucionarse en un futuro cercano reduciendo la ingestión de yuca.

El almidón de yuca es tan solo uno de los productos de la industria mundial de almidónes. Dicha industria depende tanto de la producción de almidón como de la fabricación de otros productos y subproductos que requieren sistemas tecnológicos y de mercadeo complejos El procesamiento de la yuca en los países en desarrollo se realiza normalmente de una manera primitiva y el producto resultante es a menudo de calidad deficiente y variable. A falta de grandes inversiones de capital las perspectivas futuras del almidón de yuca son muy inciertas, particularmente por cuanto compite en muchos aspectos con almidones que se producen en los países desarrollados los cuales constituyen los principales mercados para la industria del almidón.

En aquellos países donde la harina de trigo es escasa, es posible que aumente el uso de la harina de yuca como sustituto parcial de la de trigo en la panificación.

Recientemente se ha logrado un avance considerable en la panificación por cuanto se han podido encontrar: a) aditivos apropiados para sustituir el gluten de trigo; b) nuevas técnicas de mezcla para mejorar la retención de gas y el control de la gelatinización cuando se están horneando harinas diferentes a las de trigo; y c) métodos adecuados para fortalecer la proteína de dichas harinas. De aquí que las perspectivas futuras relacionadas con una mayor utilización de la harina de yuca en los panes compuestos sean prometedoras.

La mayor parte de los glucócidos cianógénicos de la yuca son destruídos durante el procesamiento de la harina y del pan, y de aquí que el aspecto de la toxicidad de los panes compuestos que contienen harina de yuca carezca practicamente de importancia. Ya se han efectuado con todo éxito ensayos con panes que contienen hasta 50 por ciento de harina de yuca. Sin embargo, como el uso de la yuca aumentara hasta alcanzar niveles significativos, lo mas probable es que se presenten puntos de vista encontrados.

El campo realmente atractivo para desarrollar el potencial de la yuca en el futuro parece ser el de los alimentos compuestos para animales. El Cuadro 11 muestra la forma arrolladora como este sector ha crecido en los últimos años dentro de los seis miembros originales de la CEE. En ciertos países en desarrollo donde los ingresos han alcanzado un nivel tal que permite la producción intensiva de carne también se ha registrado un patrón similar de crecimiento. Por ejemplo, las importaciones de cereales para la fabricación de alimentos para animales de Tawan aumentaron de 94.000 toneladas en 1964 a más de un millón en 1971 y, hasta el momento la tendencia sigue siendo ascendente.

Se espera que la demanda proyectada para los cereales, y sus sustitutos como fuentes energéticas en los alimentos para animales, crezca a una tasa global de aproximadamente 3 por ciento anual (Cuadro 12). Aunque una parte sustancial de este crecimiento corresponderá a los países en desarrollo, se espera que una aún mayor tenga lugar en los países desarrollados y en las economías centralmente planificadas. Esta debería ser una oportunidad especialmente valiosa para que se desarrollen mercados exportadores en varios países tropicales.

En la actualidad, las exportaciones de yuca y sus productos representan casi $80 millones de divisas extranjeras para los países en desarrollo. No obstante, la mayor parte de este dinero ingresa a las arcas de dos países: Tailandia e Indonesia. Este es el valor de la exportación de aproximadamente 1,5 millones de toneladas de productos de yuca secos, que equivalen a cerca del 5 por ciento de la producción total de yuca fresca. Estas cifras son relativamente pequeñas si se las compara con los niveles de exportación de otros cultivos tropicales (Cuadro 13), pero se espera que para 1985 el mercado mundial de alimentos para animales estará en condiciones de absorber un aumento en las

CUADRO 11. Producción de alimentos compuestos para animales en la CEE de 1955 a 1970 y aumento porcentual en miles de toneladas (Fuente: Comunidad Económica Europea).

	Bélgica y Luxemburgo	Francia	Alemania	Italia	Países Bajos	Total CEE
1955	993	1.270	1.968	380	2.900	7.511
1960	1.550	2.220	3.578	800	4.600	12.746
1965	2.527	4.544	6.594	2.600	5.625	21.290
1967	3.119	5.847	7.723	2.500	6.392	25.316
1968	3.240	5.516	7.872	3.100	6.838	26.566
1969	3.668	6.244	8.863	3.300	7.117	29.192
1970	4.282	6.475	9.727	3.633	7.851	31.968
Aumento porcentual de 1955 a 1970	331	410	394	856	171	326
Aumento anual promedio de 1961 a 1965 (%)	10,3	15,5	13,0	20,3	4,1	10,8
Promedio de 1965-70 (%)	9,0	4,9	8,3	12,9	6,8	8,6

exportaciones de yuca entre seis y diez veces el nivel actual. A los precios actuales, un aumento de tal magnitud colocaría las exportaciones de yuca al mismo nivel que el azúcar y el café, y la convertiría en uno de los principales productos de exportación de los países en desarrollo.

Aun cuando dicho incremento en las exportaciones parece increíble a primera vista, estudios recientes de computación sobre el mercado de alimentos compuestos para animales efectuados en Alemania, Inglaterra y Canadá (A.Hone, Institute of Commonwealth Studies, Oxford, comunicación personal) indican que, a los precios actuales y asumiendo que la Política Agrícola Común de la CEE no discrimine específicamente contra la yuca es dado esperar que para 1980 la demanda en los mercados de la CEE alcanzará a 4,3 millones de toneladas (casi el triple de 1970).

Estos estudios también señalan que habrá dificultades para abastecer estos

CUADRO 12. Demanda estimada de cereales que se emplearan en la alimentación de animales, en millones de toneladas. (Fuente: Plan Mundial Indicativo de la FAO, 1969).

	1962	1985
Países desarrollados	202	320
64 países en desarrollo	17	48 - 68
Países centralmente planificados (excluyendo China)	52	126
Total:	271	494 - 514

mercados a menos que los productores de Africa Occidental, quienes tienen acceso preferencial a la CEE, ó China Continental, cuyo potencial de producción se desconoce, pasen a formar parte del grupo de grandes exportadores.

CUADRO 13. Exportaciones de productos agrícolas seleccionados efectuadas por los países en desarrollo durante el período 1965-1967. (Fuente: Plan Mundial Indicativo de la FAO, 1969).

	Millones de US$
Azúcar	1.109
Trigo y cereales de grano grande	771
Carne de res y ternero	321
Frutas cítricas	194
Café	2.167
Té y mate	547
Cacao	477
Banano	411
Trozos, comprimidos y almidón de yuca	80 (en 1971, aprox.)

Estas proyecciones incluyen los incrementos esperados en la demanda de yuca en Italia y Francia (resultantes del desarrollo logrado en su industria pecuaria) y en los tres nuevos miembros de la CEE (quienes en 1977 tendrán que renunciar a las importaciones baratas de cereales para la alimentación de

animales a fin de sujetarse a la Política Agrícola Común), pero no tienen en cuenta el mercado japonés. Hasta hace poco el maíz importado era la principal fuente energética de los alimentos para animales en el Japón, y de hecho el mercado japonés jugó un papel importante en el desarrollo de las industrias maiceras de Tailandia y las Filipinas. Parece que actualmente los compradores japoneses están negociando activamente en el mercado de la yuca (T.P. Phillips, Universidad de Guelph, comunicación personal), especialmente en Brasil donde su potencial de crecimiento es enorme. Si Tailandia puede exportar 1,2 millones de toneladas de yuca seca en una década no es descabellado esperar que el Brasil, cuya producción normal de yuca es por lo menos ocho veces mayor que la de Tailandia, llegue a convertirse en un exportador fuerte. Malasia, entre otros países, también está tratando de entrar en este mercado de exportaciones.

CUADRO 14. Utilización de la yuca en países seleccionado de 1964-66. (Fuente: Hojas de Equilibrio Alimentario de la FAO, 1964-66).

	Producción Total (millones de ton.)	% consumido	% utilizado como alimento para animales	% exportado	% de "desperdicios"
India	3,1	93	0	0	7
Zaire	7,2	95	0	0	5
Nigeria	7,5	80	0	0	20
Indonesia	11,1	88	2	9	10
Brasil	24,7	35[a]	39	1	20
Tailandia	1,6	39	0	56	5

[a] 35% consumido como alimento; 5% en otros usos industriales no relacionados con la alimentación.

He destacado particularmente el potencial del mercado de exportaciones por cuanto la carne de res, y en menor grado los alimentos para el ganado, representan los únicos productos de los países en desarrollo que aparentemente tienen un potencial de crecimiento de las exportaciones realmente fuerte. No obstante, si asumimos que los países desarrollados harán efectiva por lo menos parte de la demanda proyectada para la yuca, es muy posible que se presente un cambio parcial en la utilización de la yuca por parte de los países en desarrollo los cuales también comenzarían a fabricar alimentos compuestos para animales en la próxima década. Este cambio que elimina los costos de embarque sería de especial interés para los países que normalmente importan alimentos para animales.

Si tenemos en cuenta que la investigación sobre yuca en el pasado ha sido muy limitada (actualmente dos centros internacionales de investigación agrícola, el CIAT en Colombia y el IITA en Nigeria, le están dando prioridad a este cultivo), es dado esperar que en los próximos años veremos los resultados de esta investigación en la forma de nuevos sistemas de producción que permitirán obtener mayores rendimientos a un costo unitario más bajo. Este solo hecho bastaría para incrementar la utilización de la yuca como alimento para animales tanto en los países desarrollados como en los en desarrollo.

El papel actual y el potencial de crecimiento de la utilización de la yuca hacen deseable y necesaria una mejor comprensión de la toxicidad de sus glucósidos cianogénicos. Confiamos en que este trabajo contribuirá a ampliar los conocimientos en este sentido.

REFERENCIAS

BAILEY, K. V. 1961. Rural nutrition studies in Indonesia 2. Clinical studies of hunger oedema in the cassava areas of Java. Trop.Geogr. Med. 13: 234.

BRANNEN, S. J. 1972. In A literature review and research recommendations on cassava (Chapter X). University of Georgia, Athens, Ga.

CLARKE, C., AND M. R. HASWELL. 1964. The economics of subsistence agriculture, MacMillan, London.

COURSEY. D.G., and P. H. 1970. Root crops and their potential as food in the tropics, World Crops, July August 261.

JOHNSTON, .B.F. AND H. KANEDA. 1960. Urban expenditure patterns in tropical Africa. Food. Res. Inst. Studies, Stanford Univ. 2: 229.

JOHNSON, H.G. 1970. The multinational corporation as a development agent. Colombia J. World Busines, May/June, p. 26.

MANER, J.H. 1972. La yuca en la alimentación de cerdos. Un Seminar Report on Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina; CIAT, Colombia.

MICHIGAN STATE UNIVERSITY. 1969. Market processes in the Recife area of North East Brazil, Latin American Studies Centre Res. Rep. 2.

NICOL, B.M. 1952. The nutrition of Nigerian peasants, Brit. J. Nutr. 6:1.

NORMANHA, E.S. 1970. General aspects of Cassava root production in Brazil, 2nd Int. Symp. on Root and Tuber Crops 1:61. Univ. Hawaii.

RAEBURN, J.R., R.K. KERKHAM, AND J.W.Y. Y HIGGS. 1950. Report of a survey of problems in the mechanization of native agriculture in tropical African Colonies. H.M.S.O. London.

RANKINE, L.B. AND M.M. HOUNG. 1971. A preliminary view of cassava production in Jamaica. Dept. Agric. Econ. Occasional Series 6, Univ. West Indies, Trinidad.

ROGERS, D., C. SLATER, AND G. HERSH. 1971. The bionomics of a cassava dependent culture. Kinshasa, Congo (mimeo) Univ. Colorado.

VRIES, C.A. DE., J.D. FERWERDA, AND M. FLACH. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics Neth. J. Agr. Sci. 15:241.

POTENCIAL AGRONOMICO PARA LA PRODUCCION DE YUCA*

James H. Cock**

La yuca se cultiva entre los 30°L.N. y 30°L.S, hasta los 2.000 metros sobre el nivel del mar. El rendimiento disminuye a medida que la temperatura es menor, a una altitud superior a los 1.000 metros, cerca del Ecuador(Cock y Rosas, sin publicar). La yuca se puede cultivar en suelos muy infértiles, frecuentemente como el último cultivo de un sistema de rotación. En tanto que la yuca produce en suelos extremadamente ácidos, otros cultivos no logran sobrevivir. La yuca, en comparación con la mayoría de los cultivos productores de almidón, tiene la gran ventaja de tolerar la sequía. Los cereales requieren agua durante el período de floración o, de lo contrario, su rendimiento es bajo o nulo. Una vez establecida, la yuca no tiene períodos críticos. Al inicio de un período de sequía, sus hojas se caen y la planta permanece en latencia; al inicio de las lluvias, la planta toma parte de las reservas contenidas en las raíces para formar una cobertura foliar y, posteriormente, transfiere nuevamente reservas a las raíces. En consecuencia, la yuca se puede cultivar fácilmente en áreas donde existe inseguridad acerca de las lluvias, lo cual puede obstaculizar la siembra de otros cultivos.

Otra ventaja de la yuca es que no tiene un período determinado para su cosecha. Hasta donde se tiene conocimiento, la yuca crece casi indefinidadmente y aumenta su rendimiento con el tiempo; por lo tanto, el agricultor puede cosechar la yuca en la época más conveniente o cuando su precio en el mercado sea más alto, y no en una fecha determinada. Esto le da mayor flexibilidad a un programa de siembra de cultivos en el cual se incluye a la yuca. Sin embargo, si el cultivo se deja en el campo un período muy largo, se pueden presentar problemas en el mercado debido al mayor tamaño de las raíces, lo cual frecuentemente dificulta la aceptación del producto, y al mayor contenido de fibra y menor contenido de almidón en las mismas (Ghosh, 1968).

El área mundial sembrada con yuca es de aproximadamente 10 millones de hectáreas y el rendimiento promedio es de aproximadamente 10 toneladas métricas por hectárea por año (FAO, 1971). Este nivel de rendimiento se encuentra muy por debajo de algunas cifras reportadas (de Vries et al., 1967), lo cual indica que, en la práctica, raras veces se alcanza el rendimiento potencial. Bajo las condiciones del CIAT se han obtenido rendimientos de más de 50 ton/ha/año. Estos resultados indican que el rendimiento potencial de la yuca es de 40-50 ton/ha, aún en suelos relativamente infértiles con pocos insumos y sin riego.

A pesar de su gran rendimiento potencial y a ciertas características ventajosas las cuales facilitan su inclusión en un sistema de cultivos, el rendimiento promedio mundial de la yuca (10 ton/ha) se encuentra muy por debajo del nivel que se podría esperar. Las causas de lo anterior no se pueden enunciar categóricamente, pero probablemente incluyen: 1)prácticas agronómicas

---

* Agronomic potential for cassava production. p.21-26. In___Cassava processing and storage. Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya,Thailand, 17-19 April, 1974. International Development Research Centre, IDRC-031e.

** Fisiólogo. Coordinador del Programa de Yuca, CIAT.

deficientes; 2)selección varietal inadecuada; y 3)enfermedades e insectos.

Prácticas agronómicas

Con frecuencia se ha reportado que la yuca es agresiva hacia las malezas e insectos plaga (Hendershott et al., 1972), pero un control adecuado de las malezas puede mejorar considerablemente el rendimiento. En ensayos realizados en el CIAT, en los cuales no se hizo un control de malezas, los rendimientos se redujeron a menos de 2 ton/ha (Doll, 1974). En los mismos ensayos, las parcelas en las cuales se hicieron dos desyerbas manuales dieron un rendimiento aproximadamente un 20 por ciento menor al obtenido en parcelas mantenidas libres de malezas durante todo el tiempo. Hendershott et al. (1972) consideraron suficiente hacer dos desyerbas manuales.

También se ha reportado que la yuca agota los nutrimentos del suelo, especialmente el potasio,debido a sus altos requerimientos nutricionales (Dijk, 1951). Cualquier cultivo que de buenos rendimientos, particularmente en suelos pobres, agotará las reservas de nutrimentos en dicho suelo. Sin embargo, Birkinshaw (1926) indicó que se cosecharon 15 cultivos sucesivos de yuca en un mismo suelo. De Geus (1967) indica que para obtener altos rendimientos en suelos pobres, especialmente con suelos lateríticos, es esencial aplicar fertilizantes. En América Latina, los agricultores frecuentemente aseguran que un exceso de nitrógeno reduce el rendimiento debido al crecimiento excesivo de la parte aérea. En los ensayos realizados en el CIAT con la aplicación hasta de 300 kg/ha de N, no se observó una respuesta negativa al nitrógeno. Los informes sobre una respuesta favorable a los fertilizantes son muy numerosas (Blin, 1905; Doop, 1937; Malavolta et al., 1952, 1953; Normanha, 1951; Chadha, 1958; Albuquerque, 1958; Jacoby, 1965; Jacob y Uexkull, 1966 De Geus, 1967; Silva a Freire, 1968 Normanha et al., 1968; Samuels, 1970; Chew, 1970; Kumar et al., 1971; Almeida, 1971). Sin embargo, debido al bajo precio de la yuca y al alto precio de los fertilizantes, en algunas regiones los agricultores no consideran a la fertilización como una práctica de interés económico (Normanha, 1951). La respuesta a los diferentes elementos varía extremadamente según el tipo de suelo; sin embargo, es obvio que los rendimientos se pueden aumentar mediante el uso racional de los fertilizantes. En Colombia, menos de la cuarta parte de los agricultores aplican fertilizante, y los que lo aplican, sólo utilizan pequeñas cantidades (P. Andersen, comunicación personal); es factible que esta situación no solamente ocurra en Colombia.

El tamaño y calidad del material de siembra influye marcadamente sobre el rendimiento. Para obtener un óptimo rendimiento, las estacas se deben tomar de la parte basal de las plantas maduras (Huertas, 1940; Jeyaseelan, 1951; Krochmal, 1969; Enyi, 1970). En términos generales, las estacas más largas producen plantas que dan mayores rendimientos (Jeyaseelan, 1951; Fernando y Jaysundera, 1942; Brandao, 1959; Rodríguez et al., 1963). Sin embargo, Loria (1962) no encontró diferencias significativas en el rendimiento entre estacas de 40,60 y 80 centímetros, lo cual indica que es poco el aumento del rendimiento al utilizar estacas mayores de 40 centímetros.

Los resultados de estudios sobre la posición de siembra de la estaca (vertical, inclinada u horizontal) y sobre la siembra en plano o camellones, no muestran tendencias consistentes. Es posible que se requieran distintos sistemas para las diferentes condiciones edáficas y climáticas. Recientemente se reportó que la siembra en camellones, en un área muy húmeda, evita pudriciones radicales y aumenta el rendimiento (Lozano, comunicación personal).

Los resultados de los ensayos de distancias de siembra también son ambiguos (Verteuil, 1917; Fernando y Jaysundera, 1942; Machado, 1951; Rodríguez et al., 1966; Enyi, 1972). Normanha et al. (1950) indicaron que la óptima densidad de siembra varía según las condiciones del suelo. En años más recientes se han demostrado mayores variaciones en lo que respecta a las distancias óptimas de siembra, según la época de cosecha y la variedad de yuca utilizada (Cock, Gutiérrez y Wholey, sin publicar). Se puede esperar un gran aumento en el rendimiento mediante una óptima densidad de siembra. En los ensayos realizados en el CIAT, el rendimiento de la variedad MCol 1438 disminuyó desde aproximadamente 45 ton/ha, a una densidad de 60.000 plantas/ha, hasta aproximadamente 30 ton/ha, a una densidad de 20.000 plantas/ha, en tanto que el rendimiento de M Col 22 aumentó desde aproximadamente 42 ton/ha hasta 55 ton/ha en las densidades respectivas (Cock, Gutiérrez y Wholey, sin publicar). Se requiere mayor investigación en algunas localidades específicas, pero indudablemente, los rendimientos se pueden aumentar mediante una óptima densidad de siembra.

Selección varietal

Hay gran cantidad de evidencias las cuales indican que variedades diferentes sembradas bajo condiciones similares, presentan capacidades de rendimiento muy diferentes (Galang, 1931; Lambourne, 1937; Arraudeau, 1969; Sarmiento, 1969; CIAT, 1972, 1973), y que estas variaciones son lo suficientemente grandes para ser tenidas encuenta por el cultivador de yuca. En un ensayo realizado recientemente en el CIAT, con un nivel de incidencia de enfermedades y plagas muy bajo, los rendimientos de las variedades oscilaron entre 16 y 46 ton/ha/año. Por lo tanto, la selección sencilla, en algunos casos, abre el camino hacia altos aumentos en el rendimiento.

Enfermedades y plagas

Aparentemente las dos enfermedades más importantes de la yuca en el mundo son el mosaico africano y el añublo bacteriano. El añublo bacteriano de la yuca (CBB) causa pérdidas muy severas. El Dr. Lozano (comunicación personal) observó que, en los clones susceptibles, esta enfermedad redujo el rendimiento desde 47 ton/ha hasta 25 ton/ha. Aún no se ha definido claramente la distribución de la enfermedad. Sin embargo, se encuentra ampliamente diseminada en América Latina y Africa. Recientemente, una solicitud de información sobre su control, proveniente de Taiwan, indicó que esta enfermedad también puede ser un problema en ese país. El patógeno puede sobrevivir durante largos períodos en las estacas provenientes de plantaciones infectadas; estas estacas pueden constituir un foco de infección en una plantación nueva. Al haber un foco de infección en una

plantación, la enfermedad se puede diseminar rápidamente al resto de las plantas por salpicadura del agua-lluvia. Es posible producir material de siembra libre de enfermedades (Lozano y Wholey, 1973) aún a partir de estacas infectadas, con las cuales se pueden establecer plantaciones libres de enfermedades para obtener mayores rendimientos (CIAT, 1973). También se dispone de líneas resistentes, pero, en general, su capacidad de rendimiento es baja. Con el tiempo se producirán tipos resistentes de alto rendimiento.

Aunque la yuca tuvo su origen en América Latina, el mosaico africano no se ha reportado en esta región del globo, sino en la mayor parte de las áreas de Africa e India. Se ha reportado que esta enfermedad ocasiona pérdidas que oscilan entre un 20 y un 90 por ciento (Lozano y Booth, 1974). La mosca blanca (Bemisia tabaci) y otras especies que se alimentan de la yuca, diseminan la enfermedad. La enfermedad también se puede diseminar debido a la siembra de estacas infectadas y, en consecuencia, constituye una amenaza potencial para todas las áreas productoras de yuca. Se pueden obtener mayores rendimientos mediante la siembra de estacas libres de la enfermedad (Opsomer, 1938; Briant y Johns, 1940). Otro método efectivo de control es la resistencia genética; se han aislado varios clones altamente resistentes a la enfermedad (Doughty, 1958; Jennings, 1960; Sam Raj, 1966; Beck, 1971; Childs, 1957).

Además de estas dos enfermedades, hay muchas de menor importancia, como por ejemplo las ocasionadas por Cercospora spp. y Oidium spp., y otras de importancia local, como la ocasionada por Phyllosticta spp. en las áreas de cultivo más frías y Colletotrichum spp en Africa. Estas enfermedades pueden ser de gran importancia bajo ciertas condiciones ambientales, por lo cual es necesario seleccionar variedades resistentes. Recientemente se reportó en Colombia una nueva enfermedad la cual ocasiona el superalargamiento del tallo. Esta enfermedad, ocasionada por un ascomiceto menor, es potencialmente muy peligrosa, puesto que causa pérdidas severas en el rendimiento cuando la yuca se siembra bajo condiciones climáticas húmedas (Lozano y Booth, 1974). Afortunadamente, existen variedades resistentes con caracteres agronómicos deseables (Lozano, comunicación personal).

Fuera de América Latina, las plagas de la yuca generalmente no se consideran de importancia. En América Latina, los trips se encuentran ampliamente diseminados y durante los períodos secos causan daño al ápice, reduciendo el área foliar. No se tienen datos sobre las pérdidas en rendimiento ocasionadas por esta plaga; se sospecha que pueden ser bastante severas. Un alto porcentaje del germoplasma conocido presenta altos niveles de resistencia a la plaga y estos materiales se deben utilizar en las regiones donde exista este probelma. Los trips también se han reportado en Zanzíbar (Briant y Johns, 1940).

Otras plagas constituyen problemas en áreas específicas. La mosca de la fruta (Silba pendula) y los ácaros (recientemente introducidos al Africa) atacan plantas, pero no se tienen estimativos del daño que ocasionan. No se han identificado líneas altamente resistentes, pero existen diferencias

en el grado de susceptibilidad; en las regiones donde estas plagas sean un problema se deben utilizar las líneas menos susceptibles. El gusano cachón (Erinnys ello) se presenta esporádicamente en ataques severos; esta plaga se puede controlar con insecticidas.

Con seguridad los rendimientos de la yuca se pueden mejorar hasta casi su potencial actualmente conocido, mediante la utilización de prácticas agronómicas mejoradas, la selección de mejores variedades, y la siembra de estacas sanas. Sin embargo, al introducir nuevas variedades, se debe tener mucho cuidado de no introducir nuevas enfermedades e insectos plaga, puesto que ésto podría obstaculizar en gran medida el logro del objetivo deseado.

Rendimiento potencial futuro

Es interesante especular sobre los posibles rendimientos de la yuca en el futuro, bajo buenas prácticas agronómicas con variedades que presenten una buena resistencia a insectos y enfermedades. A la máxima tasa de crecimiento de la yuca, bajo condiciones moderadas de radiación solar, ésta producirá materia seca total a una tasa de 1,2 ton/ha/semana. Las variedades de yuca más corrientes sólo alcanzan esta tasa durante un corto período de su ciclo de crecimiento, cuando presentan suficiente área foliar para interceptar la mayor parte de la radiación solar incidente. Después de aproximadamente 6 meses de crecimiento, el área foliar de la mayoría de las variedades de yuca tiende a disminuir debido a un aumento en la abscisión foliar. Sin embargo, hay variedades que mantienen un alto nivel de área foliar y una alta tasa de crecimiento durante la totalidad de su ciclo de crecimiento. Aparentemente, la abscisión foliar no se asocia con el movimiento de carbohidratos y nutrimentos hacia las raíces, lo cual indica que se pueden obtener variedades que mantengan su área foliar y también engrosen sus raíces.

También se han identificado variedades que distribuyen hasta el 70 por ciento de su materia seca final cosechable hacia sus raíces. Desafortunadamente, estas variedades no mantienen su área foliar. Con una yuca hipotética del futuro, si se asumen seis semanas para el establecimiento del cultivo y una producción total de materia seca de 1,2 ton/ha/semana durante 46 semanas, de la cual 0,2 ton/ha/semana se pierden en la abscisión foliar, sería posible obtener una variedad que produjera 46 ton/ha/año de materia seca total cosechable. Si se asume que el 70 por ciento de esta materia seca se puede distribuir hacia las raíces, es posible producir una variedad la cual puede dar un rendimiento de 32 ton/ha/año de raíces secas o más de 90 ton/ha de raíces frescas por año (65 por ciento de humedad).

Hasta el presente en el CIAT se han obtenido rendimientos de 66 ton/ha/año en parcelas pequeñas, con una variedad que tenía una alta producción de materia seca total cosechable (más de 40 ton/ha/año), pero un índice de cosecha relativamente menor al supuesto anteriormente. Es factible pensar en el futuro en variedades con un rendimiento potencial cercano a 90 ton/ha/año.

REFERENCIAS

ALBURQUERQUE, M. DE. 1958. Estudo de fertilidade con mandioca em latosolo amarele esgotado da Zona do Estuario Amazonico. Boleim Informativo do Intituto do Pesquisas e Experimentacao Agropecuarias do Norte. No. 134. p. 5.

ALMEIDA, F.C.G. DE. 1971. Pesquisas em mandioca. In Reuniao da Comissao Nacional da Mandioca. 5a. Sete Lagoas, Minas Gerais. p. 33-40.

ANON. 1957. Congo Belge. Institut Nacional pour l'Etude Agronomique du Congo. Manioc. Rapport Annuel. p. 95-96.

ARRAUDEAU, M. 1969. Cassava in the Malagasy Republic: research and results. In Proceedings of the International Symposium on Tropical Root Vrops. St. Augustine, Trinidad, April 2-8, 1967. Vol. 1, Secc.3 University of West Indies, St. Augustine. p. 180-184.

BECK, B.D.A. 1971. The breeding goals in cassava breeding programe in West Africa. The Ford Foundation, Lagos, Nigeria. p. 5.

BIRKINSHAW, F. 1926. A brief summary of tapioca cultivation on what is now a valuable rubber estate in province Wellesley, Malayan Agr. J. 14: 361-364.

BLIN, H. 1905. La fumure du manioc. Econ. 3: 419-421.

BRANDAO, S.S. 1959. Ensaio sobre sistemas de plantio da mandioca. Rev. Ceres 11 (61): 1-7.

BRIANT, A. K. AND R. JOHNS. 1940. Cassava investigations in Zanzibar. East African Agr. J. 5: 404-412.

CHADHA, T.R. 1958. Fertilizer experiments on tapioca in the Kerala State, J. Indian Soc. Soil Sci. 6 (1): 53-63.

CHANT, R. 1958. Studies on the transmission of cassava mosaic virus by Bemisia sp. (Aleyrodidea). Ann. Appl. Biol. 46: 210-215.

CHEW, W.Y. 1970. Varieties and NPK fertilizers for tapioca (Manihot utilissima Phol) on peat. Malaysian Agr. J. 47 (4): 483-491.

CHILDS, A.H.B. 1957. Trials with virus resistant cassavas in Tanga Province, Tanganyka. East African Agr. J. 23 (2): 135-137.

CIAT. 1972. Annual report, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.

1973. Annual report, Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia.

DE GEUS, J.G. 1967. Root crops; cassava. In Fertilizer guide for tropical and subtropical farming. Centre d'Stude de l'Azote, Zurich. p. 181-185.

DIJK, J.W. VAN. 1951. Plant bodem en bemesting J.B. Wolters, Groningen, Netherlands. p. 200.

DOLL, J. 1974. The effects of time of weeding and plant population on the growth and yield of cassava. Paper presented at the Third Symposium of the International Tropical Root Crops Society, Ibadan, Nigeria.

DOOP, J.E.A. DEN. 1937. Groenbemesting, Kunstmest and andere factoren in Sisal- en Cassava productie. De Bergcultures No. 36: 1290-1305.

DOUGHTY, L. R. 1958. Cassava breeding for resistance to mosaic and brown streak viruses. A review of twenty-one years' work. Record of research. E.Afr. Agr. For. Res. Organ. Annu. Rep. p. 48-55.

ENYI, B.A.C. 1970. The effect of age on the establishment and yield of cassava sets (Manihot esculenta Cranz). Beit. Tropischen Subtropischen Landwirtsch. Tropenveterinarmedizin 8 (1): 71-75.

1972. Cassava varietal assessment. Trop. Root Tuber Crops Newsletter 5: 7-11.

FERNANDO, M., AND E.S. JAYSUNDERA. 1942. Cultural experiments with Cassava (Manihot utilissima Pohl-I). Trop. Agr. 98(3): 3-8.

GALANG, F.C. 1931. Experiments on cassava at the Lamao Experiment Station, Lamao, Bataan. Philip, J. Agr. 2(2): 179-188.

GHOSH, B.N. 1968. The manufacture of starch from cassava roots in Uganda. Afr. Agr. For. J. 34: 78-83.

HENDERSHOTT ET AL. 1972. A Literature review amd research recommendations on cassava (Manihot esculenta Crantz). University og Georgia, Atlanta, Ga.

HUERTAS, A.S. 1940. A study of the yield of cassava as affected by the age of cuttings. Philip. Agr. 28(9): 762-770.

JACOB, A., AND H. VON UEXKULL. 1966. Fertilización de los cultivos tropicales y subtropicales; yuca o mandioca. In fertilización. 3rd ed. Hannover, Kali und Salz. p. 153-159.

JACOBY, T. 1965. Nutrición y abono de tubérculos tropicales. 3. Yuca (Manihot utilissima Pohl). Bol. Verde 19: 9-16.

JENNINGS, D.L. 1960. Observations on virus disease of cassava in resistant and susceptible varieties. I. Mosaic disease Emp. J. Exp. Agr. 28: 23-34.

JEYASEELAN, K.N. 1951. Studies in growth and yield of cassava. 1. Yield in relation to size and type of set. Trop. Agr. 108(3): 168-171.

KROCHMAL, A. 1969. Propagation of cassava. World Crops 21(3): 193-195.

KUMAR, B.M., R.C. MANDAL AND M. L. MAGOON. 1971. Influence of potash on cassava. Ind. J. Agr. 16 (1): 82-84.

LAMBOURNE, J. 1937. Tapioca varietal trials. Malayan Agr. J. 25 (3):

LORFA, W. 1962. Influencia del tamaño y posición de la estaca de yuca en el arraigamiento, rendimiento y producción de follaje. Amer. Soc. Hort. Sci. Caribbean Reg. Proc. 6: 20-23.

LOZANO, J.C., AND R. H. BOOTH. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS 20:30-54.

LOZANO, J.C., AND D.W. WHOLEY. 1973. A technique for the producing of bacteria-free planting stock of cassava (Manihot esculenta Crantz). World Crops (In press).

MACHADO, A. 1951. Enraizamiento de la yuca; Parte II. Chinchiná, Colombia Centro Nacional de Investigaciones de Café. Bol. Tec. 1(5): 3-16.

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 Physiol. 30 (1): 81-82.

1953. Adubacao da mandioca (Manihot utilissima Pohl). 1. Ensaio em areia layada. In Piracicaba. Escola Superior da Agricultura Luis de Queiroz. Anais. Vol. 10. p. 217-222.

NORMANHA, E. S. 1950. Aspectos agronómicos da cultura da mandioca (Manihot utilissima Pohl). Bragantia 10 (7): 179-202.

1951. Adubacao da mandioca no estado de Sao Paulo. Parte I. Efeito da adubacao mineral. Bragantia 11(7-9): 181-194.

NORMANHA, E.S., A.S. PEREIRA, E.E.S. FREIRE. 1968. Modo e época de aplicacao de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragantia 27(12): 143-154.

OPSOMER, J.E. 1938. De invloed van de mozaiekziekte op de opbrengst van de cassave. Bull. Agricole Congo Belge 29(2): 317-322.

RODRIGUEZ, N.F., Y C.A. SANCHEZ DE BUSTAMANTE. 1963. Importancia del tipo de estaca para la producción de mandioca en Misiones. Rev. Invest. Agr. 17 (3): 289-302.

RODRIGUEZ, N.F., C.A. SANCHEZ DE BUSTAMANTE, y J. TARABANOFF. 1966. Algunos factores que influyen en el comportamiento del cultivo de mandioca en la Provincia de Misiones. Rev. Invest. Agropecuarias INTA 3(11): 167-208.

SAM RAJ, J. 1966. Varieties of tapioca (cassava) tolerant to the mocaic virus. Sci. Culture 32(8): 419.

SAMUELS, G. 1970. The influence of fertilizer levels and sources on cassava production on a lares clay in Puerto Rico. In Proc. 7th Annual Meeting C.F.C.S., Martinique, Guadeloupe. p. 33-36.

SARMIENTO, M.E. 1969. Descripción morfológica y comparativa de rendimiento de 17 cultivares de yuca. La Molina, Perú Universidad Nacional Agraria, Programa de Agronomía. p. 22.

SILVA, J.R. DA, E E.S. FREIRE. 1968. Efeito de doses crescentes de nitogenio, fósforo e potassio sobre a producao de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. Gragantía 27(29): 357-364.

VERTEUIL, J. DE. 1971. Cassava experiments. Trin. Tob. Bull. 16(1): 18-21.

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.

ETAPAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA YUCA

James H. Cook*

Germinación

Cuando la estaca de yuca se siembra en suelo húmedo, pierde peso seco durante la primera semana, a través de la respiración. Durante la segunda semana, se inicia la expansión de las yemas axilares y se forma un callo en la superficie de corte del extremo inferior de la estaca.

Durante la tercera semana se inicia el crecimiento de raíces fibrosas las cuales brotan del callo y de los entrenudos y de 1-3 yemas axilares las cuales producen hojas. Todas las raíces fibrosas empiezan a almacenar almidón desde los días 32-38 después de la siembra (López, 1976). El almidón se deposita en el parénquima del xilema.

Crecimiento temprano

Durante la fase de la germinación, los retoños y las raíces se forman con las reservas existentes en la estaca. Después de un período de aproximadamente un mes, las nuevas hojas producen los carbohidratos necesarios para el crecimiento. Las primeras hojas formadas son pequeñas y presentan pocos lóbulos. El tamaño de cada hoja sucesiva aumenta con el tiempo y el ápice produce hasta cuatro o cinco hojas nuevas por semana. Las raíces continuan su crecimiento, pero el engrosamiento es poco. En esta etapa casi todos los carbohidratos producidos por la planta se utilizan para la producción de nuevo follaje. Sin embargo, las raíces en esta etapa tienen la capacidad de engrosarse. Tan (1977) limitó el crecimiento aéreo mediante la remoción de los ápices y demostró que, de esta manera las raíces engrosan.

En algunas variedades, la ramificación comienza en la etapa temprana del crecimiento. Las primeras yemas axilares del tallo principal que forman ramas, se encuentran hacia la base, lejos del ápice principal. Estas ramas se desarrollan a la sombra de las hojas inicialmente formadas, y, por lo general, se encuentran decoloradas con entrenudos largos y hojas pequeñas. En el segundo tipo de ramificación, el ápice principal pasa a ser reproductivo y no produce hojas nuevas; las yemas axilares, localizadas bajo el ápice principal, se desarrollan en ramas aproximadamente del mismo tamaño. El número de ramas en cada uno de estos de ramificación varía entre dos y seis.

---

* Fisiólogo, Coordinador del Programa de Yuca, CIAT.

Engrosamiento de raíces

Después de tres a cuatro meses, la planta comienza a formar raíces engrosadas. En algunas de las variedades más vigorosas se retarda la etapa del engrosamiento de raíces. Esta etapa aparentemente se inicia debido a una reducción en el crecimiento áreo, lo cual aumenta la disponibilidad de carbohidratos para la expansión de las raíces. Durante esta etapa del crecimiento, disminuye tanto el tamaño de las hojas como la tasa de formación de hojas por ápice. Durante esta etapa también es considerable la caída de hojas y el área foliar por planta tiende a disminuír. Las raíces se engrosan durante este período, pero el número de raíces gruesas no cambia.

LA ADAPTABILIDAD DE LA YUCA

James H. Cock *

En este capítulo se presenta una revisión sobre la adaptibilidad de la yuca a diferentes condiciones climáticas. Los factores climáticos tratados incluyen la temperatura, la duración del día, la radiación y la precipitación.

Temperatura

La mayor parte de los trabajos reportados en esta sección fueron realizados por el Dr. Irikura, durante su permanencia en el CIAT, en licencia concedida por el TARC de Japón.

La yuca se cultiva exitosamente en las zonas comprendidas entre los 30 L.N y 30°L.S, desde el nivel del mar hasta los 2.000 m. Este cultivo tolera temperaturas muy altas, pero parece existir un nivel de temperatura diaria crítica de 18-20°C; a temperaturas por debajo de este nivel se reduce el crecimiento y los rendimientos disminuyen rápidamente (Jones, 1.959; Castro, 1.964; Rogers y Appan, 1.972; Cock y Rosas, 1.975).

Cock y Rosas (1.975) demostraron que a temperaturas bajas (promedio de 16°C) se retarda la germinación y disminuye la tasa de formación de hojas. El rendimiento fue muy bajo nueve meses después de la siembra, lo cual se relacionó con una baja producción de biomasa.

Irikura demostró que genotipos diferentes reaccionan en forma distinta a diferentes condiciones de temperatura. A temperaturas de 20, 24 y 28°C, la variedad Popayán dio un rendimiento de 39, 15 y 9 ton/ha, respectivamente (12 meses después de la siembra), en tanto que M Col 22 dio 9, 27 y 40 ton/ha (Figura 1). Estos datos demuestran claramente que a una temperatura de 20°C se puede obtener un alto rendimiento de yuca, pero mediante la utilización de genotipos especiales.

Irikura también estudió las bases fisiológicas para obtener altos rendimientos a diferentes temperaturas. En el capítulo anterior sobre el tipo ideal de planta, se indicó un óptimo IAF de 3, para lograr un buen engrosamiento de raíces bajo las condiciones del CIAT. Se determinó un óptimo IAF igual para el engrosamiento de raíces bajo las tres condiciones de temperatura y para las cuatro variedades utilizadas (Figura 2.). Estos resultados indican que, aunque el mismo genotipo puede dar un buen rendimiento a diferentes temperaturas, se requieren diferentes genotipos cuando la temperatura es inferior a 21 ó 22°C.

---

* Fisiólogo, Coordinador del Programa de Yuca, CIAT.

Respuesta al fotoperíodo

En estudios de invernadero, Bolhuis (1.966) y Mogilnen et al. mostraron que al someter las plantas de yuca a días largos se reducía el número de raíces y, por lo tanto, el peso total de las raíces por planta. En un ensayo de campo realizado en el CIAT, con días de 15 horas durante el ciclo de crecimiento de la yuca, se observó una reducción en la proporción del peso seco total en las raíces, pero sin cambios en el peso seco total (Cock y Rosas, 1975) (Figura 3). En trabajos posteriores se demostró que los días largos durante los primeros tres meses después de la siembra reducen el rendimiento de raíces en algunas variedades (Figura 4), pero en etapas posteriores no ocurre esta respuesta.

Estos datos indican que, para maximizar el rendimiento en áreas con días largos, se deben utilizar variedades insensibles al fotoperíodo o hacer la siembra durante el período del año de días cortos.

Radiación

En general, la tasa de crecimiento del cultivo aumenta a medida que se incrementa la radiación solar. Se aplicaron tratamientos de sombrío para disminuir la recepción de radiación de un cultivo de yuca; la tasa de crecimiento del cultivo disminuyó marcadamente (Figura 5). Sin embargo, el sombrío no sólo disminuyó la tasa de crecimiento, sino también la proporción de materia seca distribuida a las raíces. En un ensayo en el cual se aplicó un 50 por ciento de sombrío durante el período 5-10 meses después de la siembra, sólo se encontró en las raíces el 40 por ciento de la materia seca formada, en tanto que en las plantas testigo fue el 58 por ciento. El sombrío aumentó el crecimiento del tallo y el peso de los entrenudos y fue poco elexceso de carbohidratos disponible para la expansión radical. El sombrío también disminuyó la vida foliar de la yuca (CIAT,1.973), lo cual resultó en menores índices de área foliar. En consencuencia, los bajos niveles de radiación producen efectos deletéreos sobre el crecimiento de la yuca; reducen la tasa de crecimiento del cultivo debido a la disminución del IAF. Sin embargo, la baja radiación en sí misma disminuye la tasa de crecimiento del cultivo y también ocasiona una reducción en la proporción de asimilados totales transferidos hacia las raíces.

Aún no se han determinado las épocas críticas en las cuales la baja radiación puede ocasionar los efectos más severos sobre el rendimiento.

Requerimientos hídricos.

Existe poca información acerca de los requerimientos hídricos de la yuca, los períodos en los cuales el agua es esencial o la respuesta al riego. Las experiencias en el CIAT (desafortunadamente sin el apoyo de datos) indican que la yuca requiere humedad en el suelo para su germinación y establecimiento. Si ocurre un período de sequía después de los primeros dos meses de crecimiento, se detiene virtualmente el crecimiento de la planta; es decir, no se forman nuevas hojas. Cuando se presenta la sequía, las hojas se caen y la planta entra en latencia, en tanto que

en cultivos como maíz, fríjol y arroz, las plantas mueren; al comenzar las lluvias, la planta utiliza las reservas de carbohidratos contenidas en los tallos y en las raíces para producir hojas nuevas (Cours, 1.952). Estas observaciones indican que la yuca es un cultivo muy útil en las regiones donde la precipitación es baja.

En áreas de baja precipitación la yuca responde al riego (Smith, 1.968; Dos Reis Campos, 1.974; Muthukrishman, 1.973). En dos de estos tres informes, se indica que el rendimiento disminuye cuando se aplica riego más de una vez por semana. Se especula que, con muchos de los cultivares existentes, el riego muy frecuente puede conducir a un crecimiento excesivo de la parte aérea y a menores rendimientos. Por lo tanto, la yuca se adapta bien a las regiones de baja precipitación y a suelos con baja capacidad de retención de agua. La yuca, al igual que la mayoría de los otros cultivos, no tolera un exceso de agua y el rendimiento puede disminuir marcadamente en suelos pesados con mal drenaje.

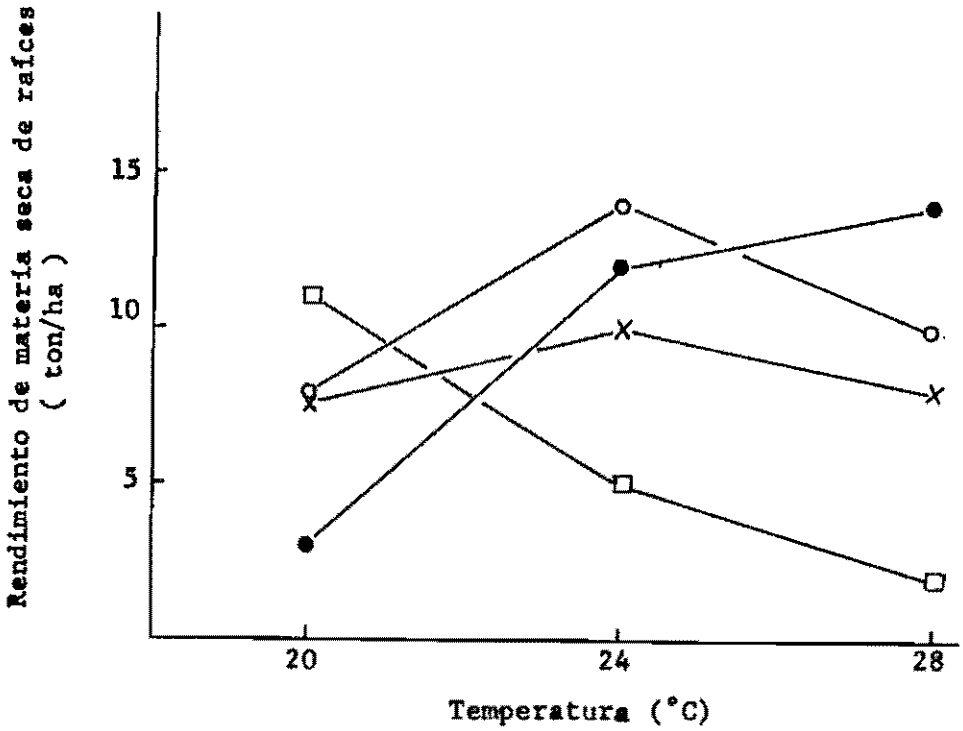


Figura 1. Rendimiento de materia seca de cuatro líneas de yuca, 12 meses después de la siembra, a temperaturas de 20, 24 y 28°C

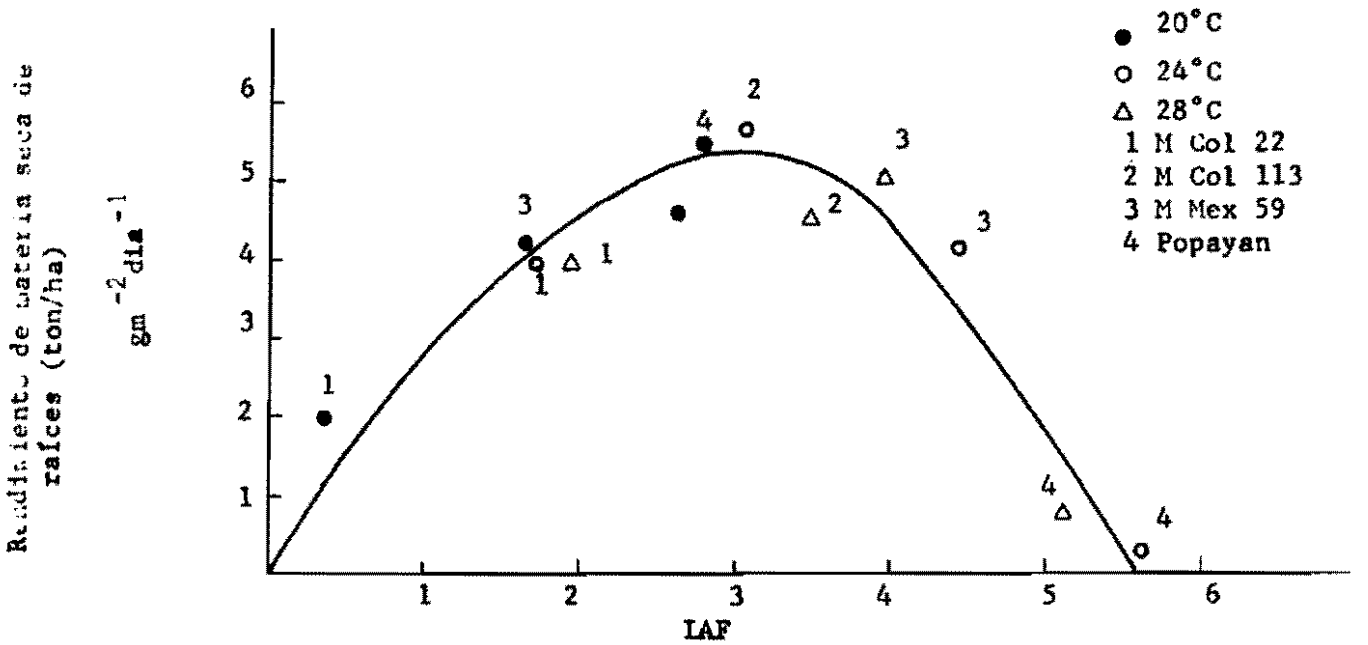


Fig. 2 Aumento en el peso seco de las raíces con relación al IAF entre los 8 y 16 meses después de la siembra

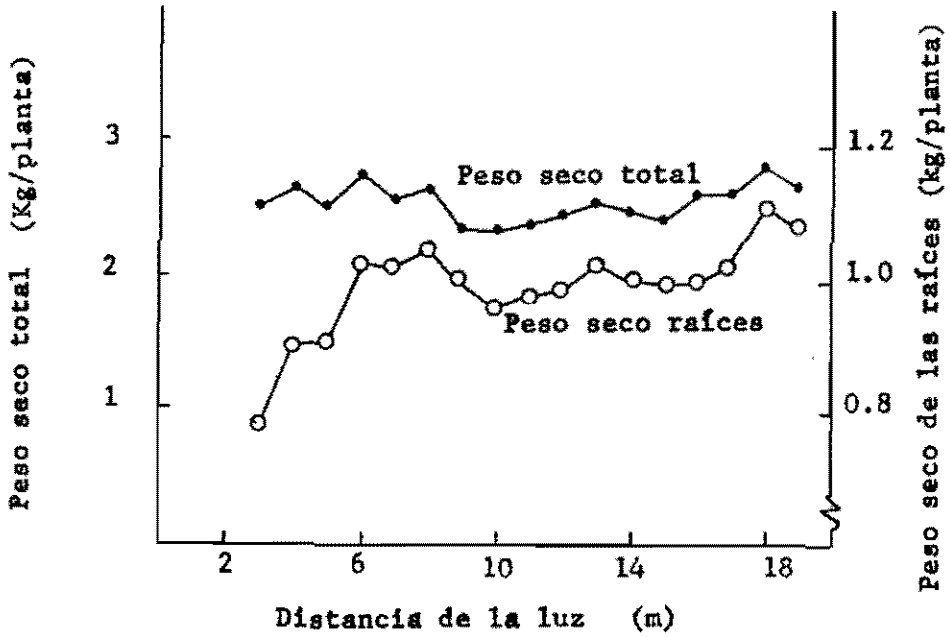


Fig. 3 Efecto de los días largos sobre el peso seco total por planta y peso seco de las raíces por planta (promedios de 12 variedades cosechadas a los 9 meses después de la siembra)

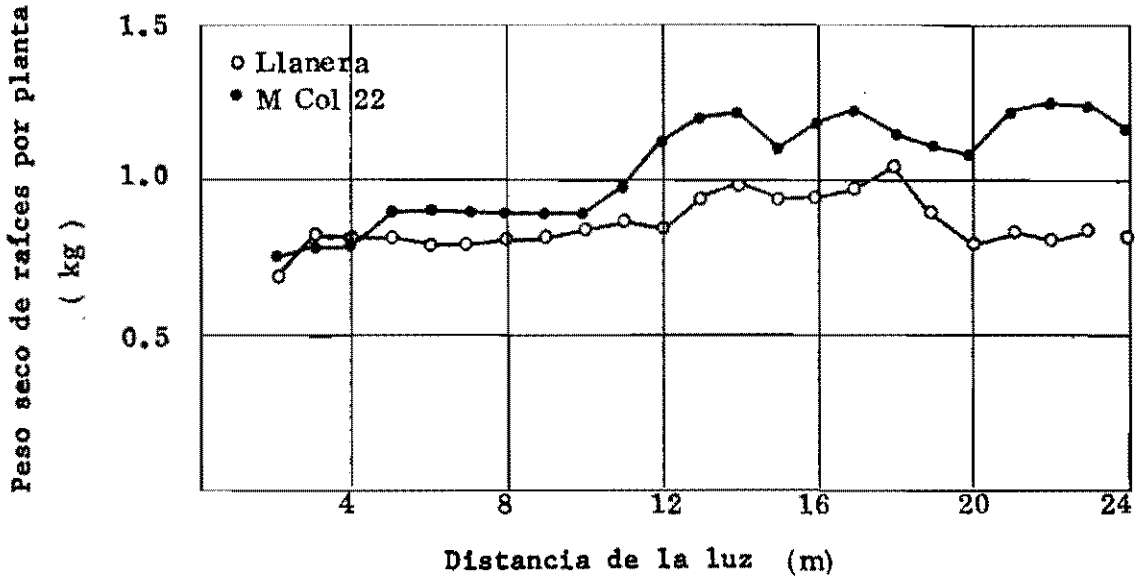


Fig. 4 . Efecto de los días largos, durante los primeros tres meses después de la siembra, sobre el rendimiento.

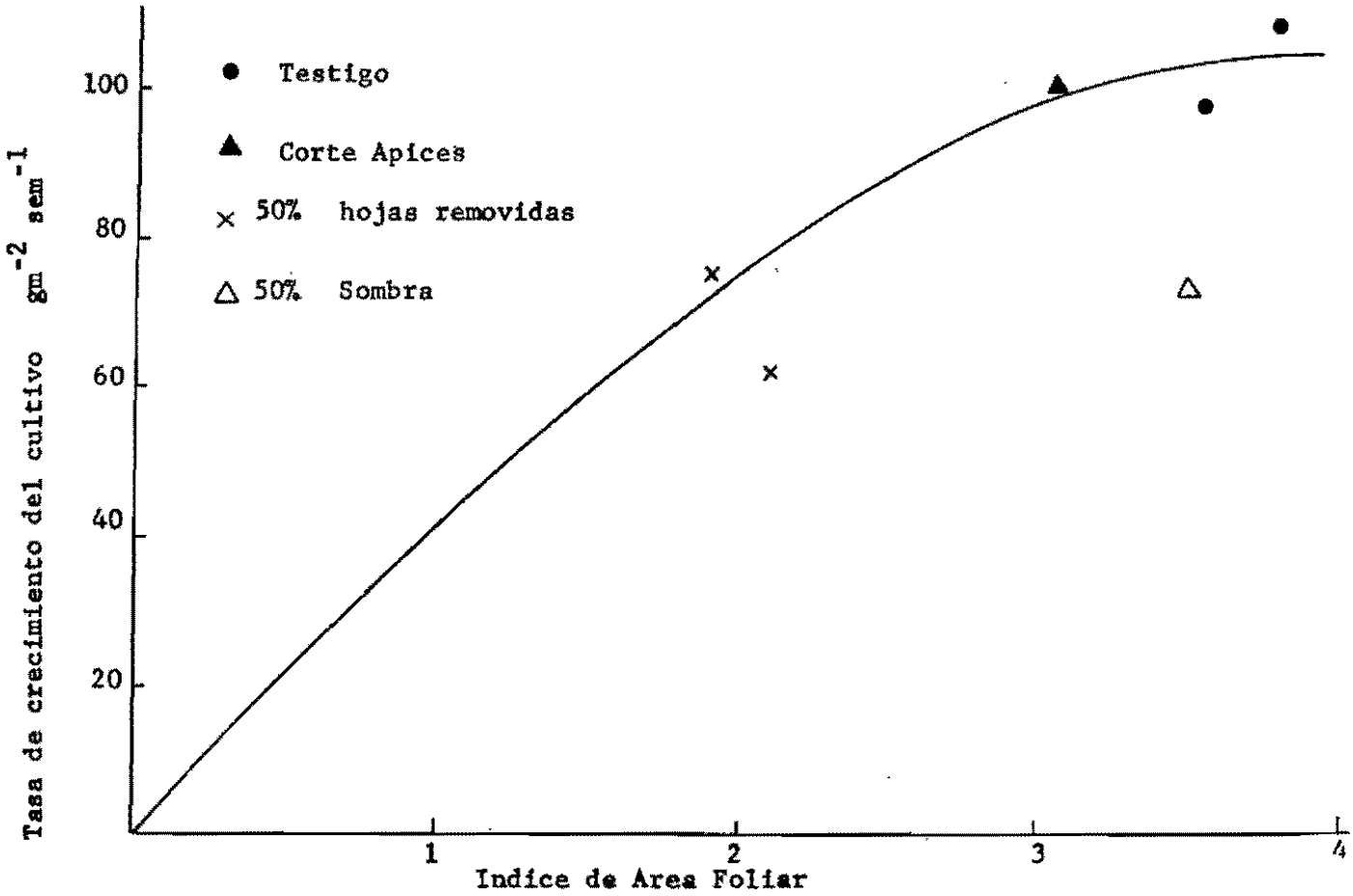


Fig. 5 - Tasa de crecimiento del cultivo (corregido por la caídadde las hojas, corte de ápices y raíces) como una función del índice del área foliar (M Col 1413, 3-5 meses después de la siembra)

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 qüe 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 pecíolos, el entrenudo y raíces gruesas que se forman en la base cortada de la estaca que se utiliza como semilla. Los entrenudos sin pecíolos y hojas, tienen un peso promedio de 0.5 hasta 2.5 grs. por entrenudo en una planta madura, y las hojas más los pecíolos 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 raices y el IAF (Fig. 2). La tasa de crecimiento de las raices 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 area 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 raices 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 caída 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 días. 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 $I/I_0 = e^{-kl}$, en donde I_0 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_0 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 días. 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 area 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 raices (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 raices (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

R E F E R E N C I A S

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

DUNCAN, W.G., Loomis R.S., Williams W.A., & Hanan 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, Bahía, Brazil.

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. (1976). Characteristics of high yielding cassava varieties. Expl. Agric. 12:135 143.

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

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.

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.

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

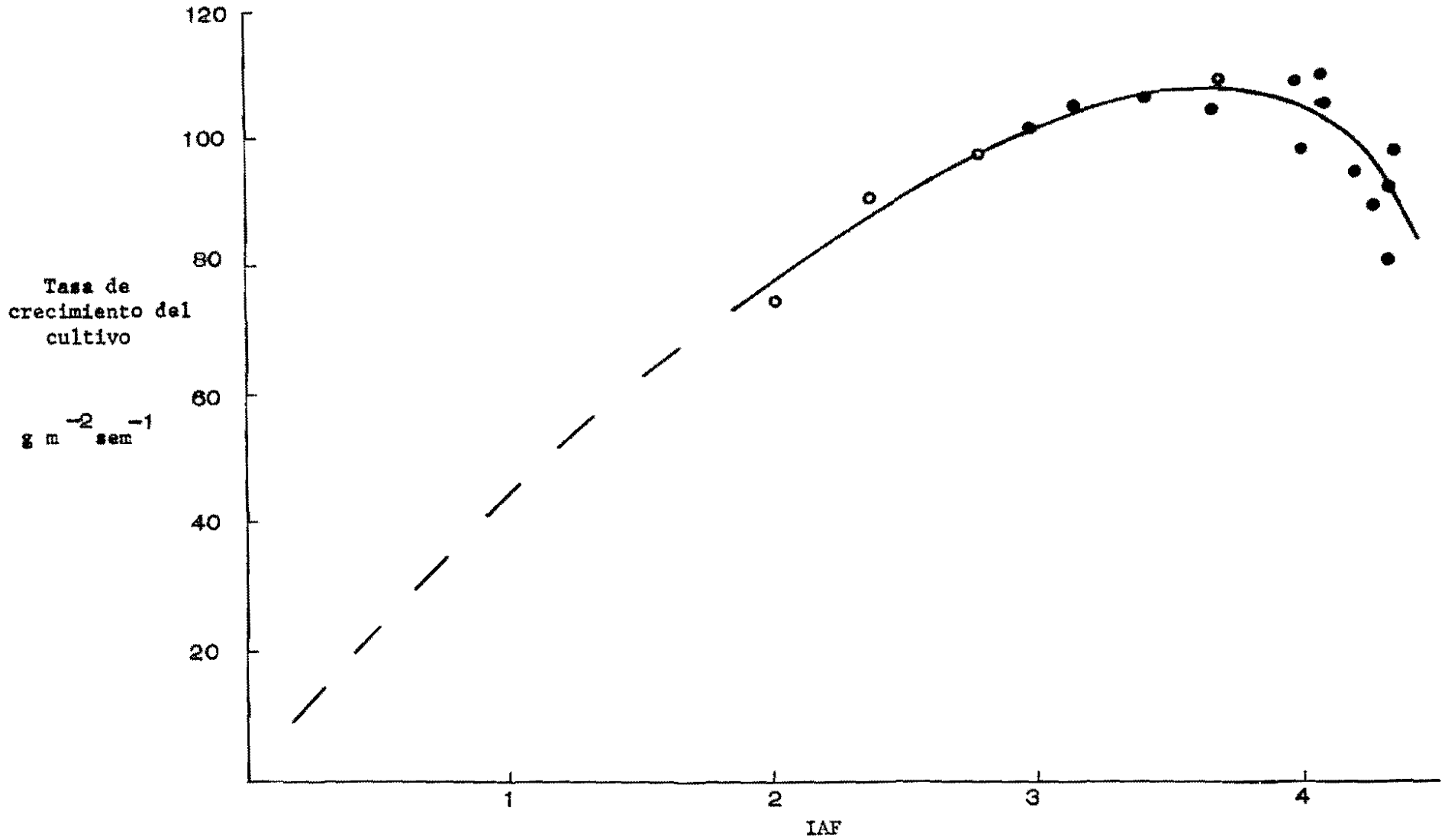


Fig. 2 Cambios de peso seco de raíces como una función del IAF en la variedad M Col 113

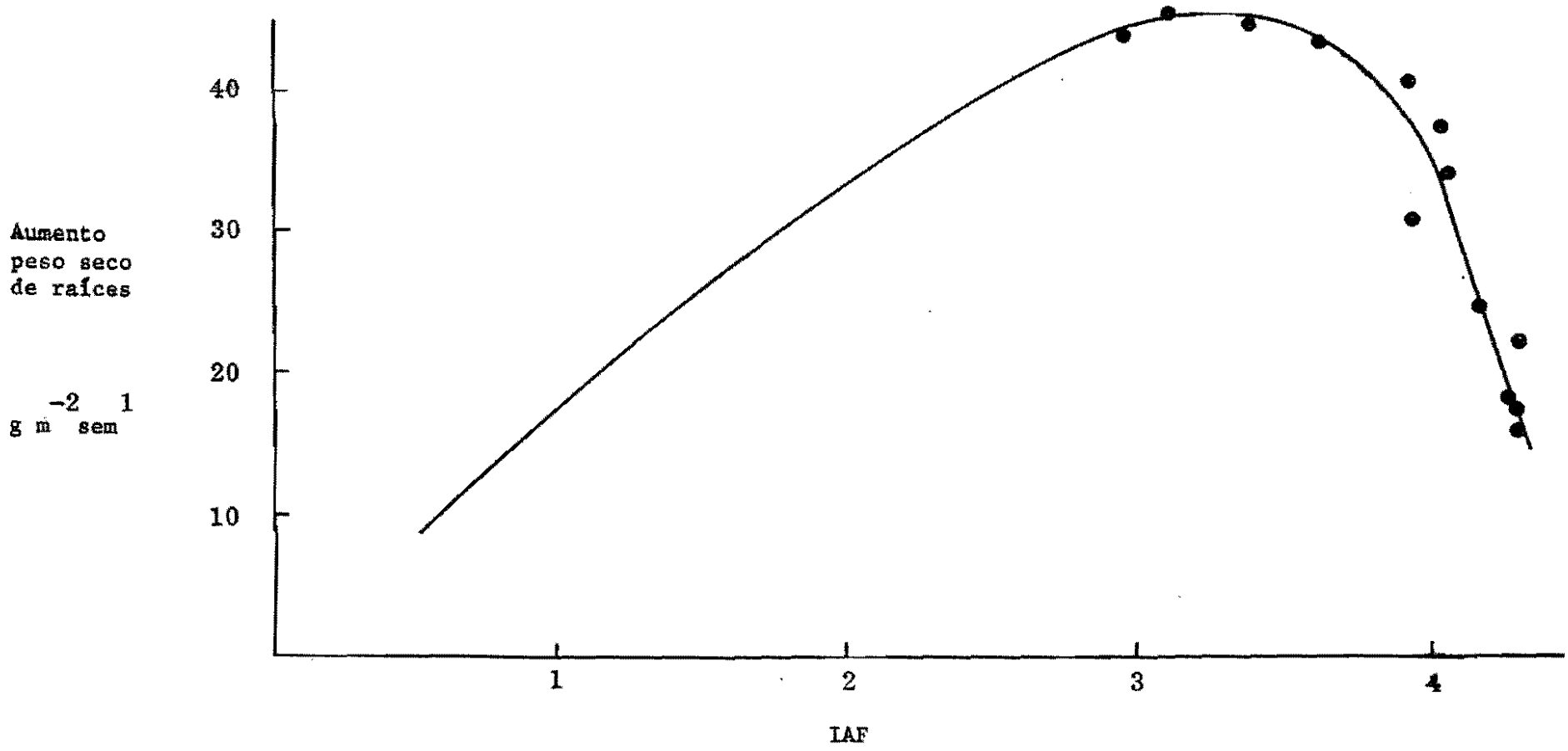


Fig. 3 Cambios en peso seco de raíces en relación con el Indice de Area Foliar 4-6 y 6-9 meses después de la siembra

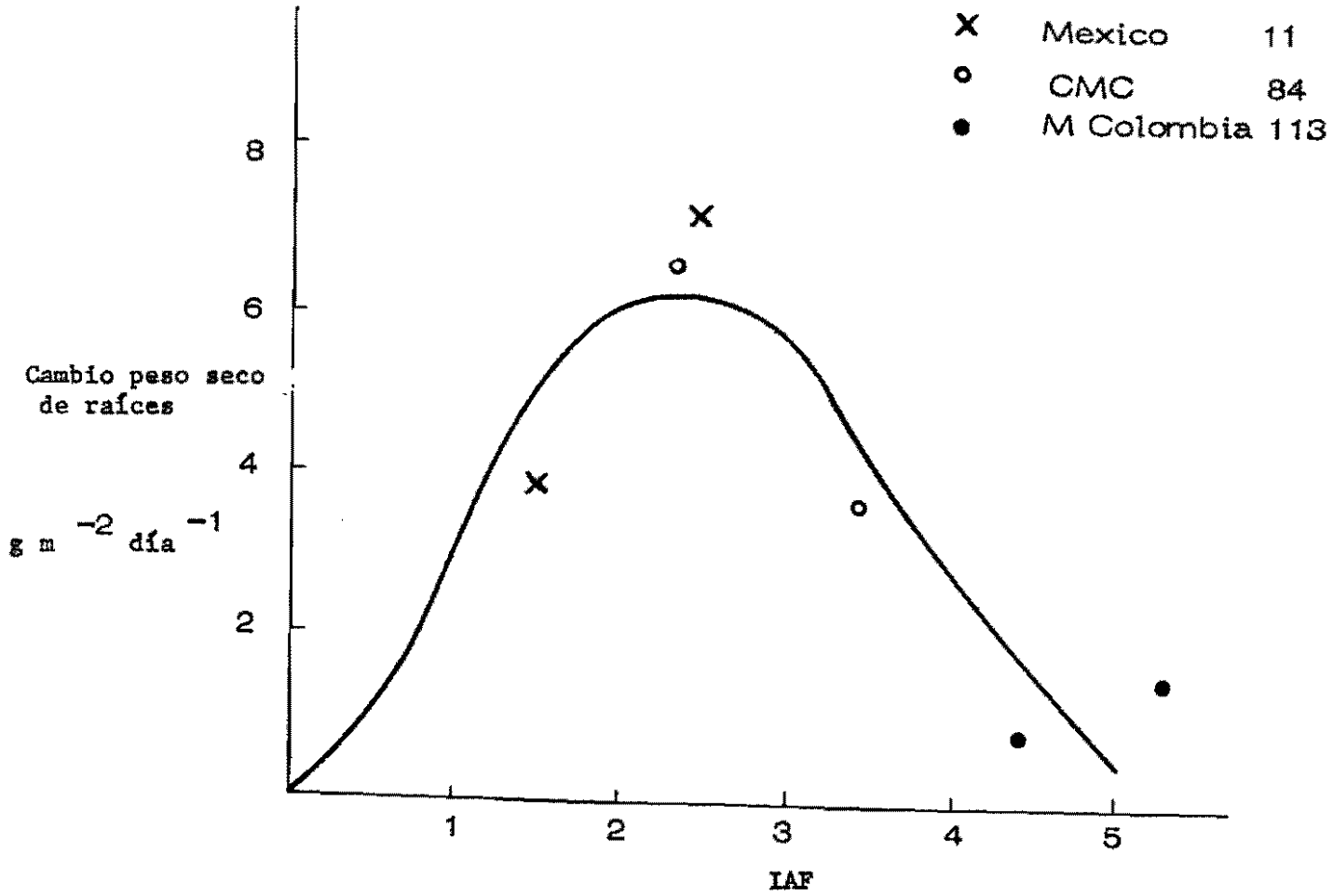


Fig. 4 Representación esquemática de la relación entre el índice de área foliar la tasa de crecimiento, la materia seca utilizada en la formación del área de la hoja y el crecimiento de las raíces

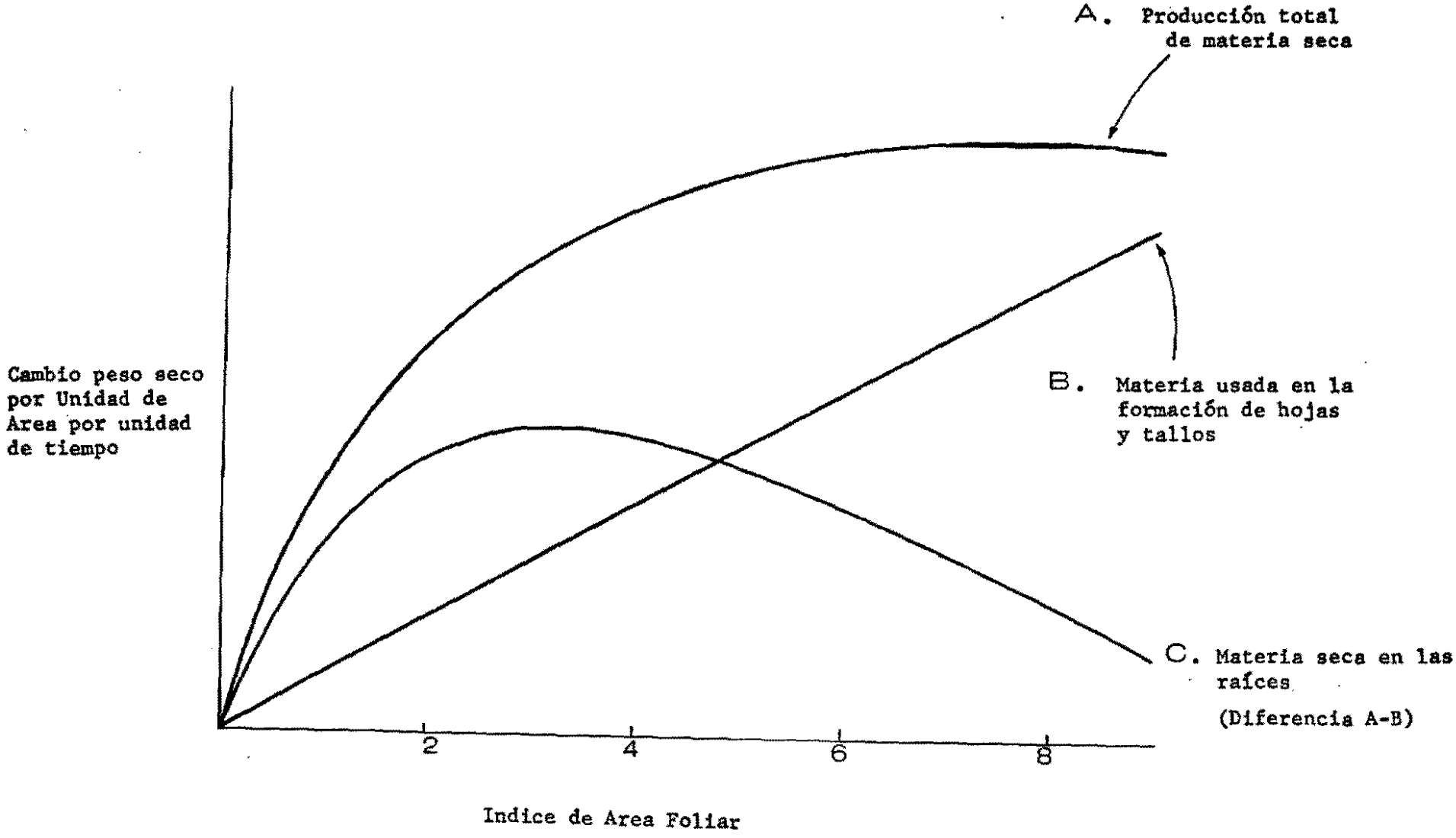


Fig., 5 Tasa de recimiento como una función del IAF
M Col 1148 (o) y M Col 12 (o)

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

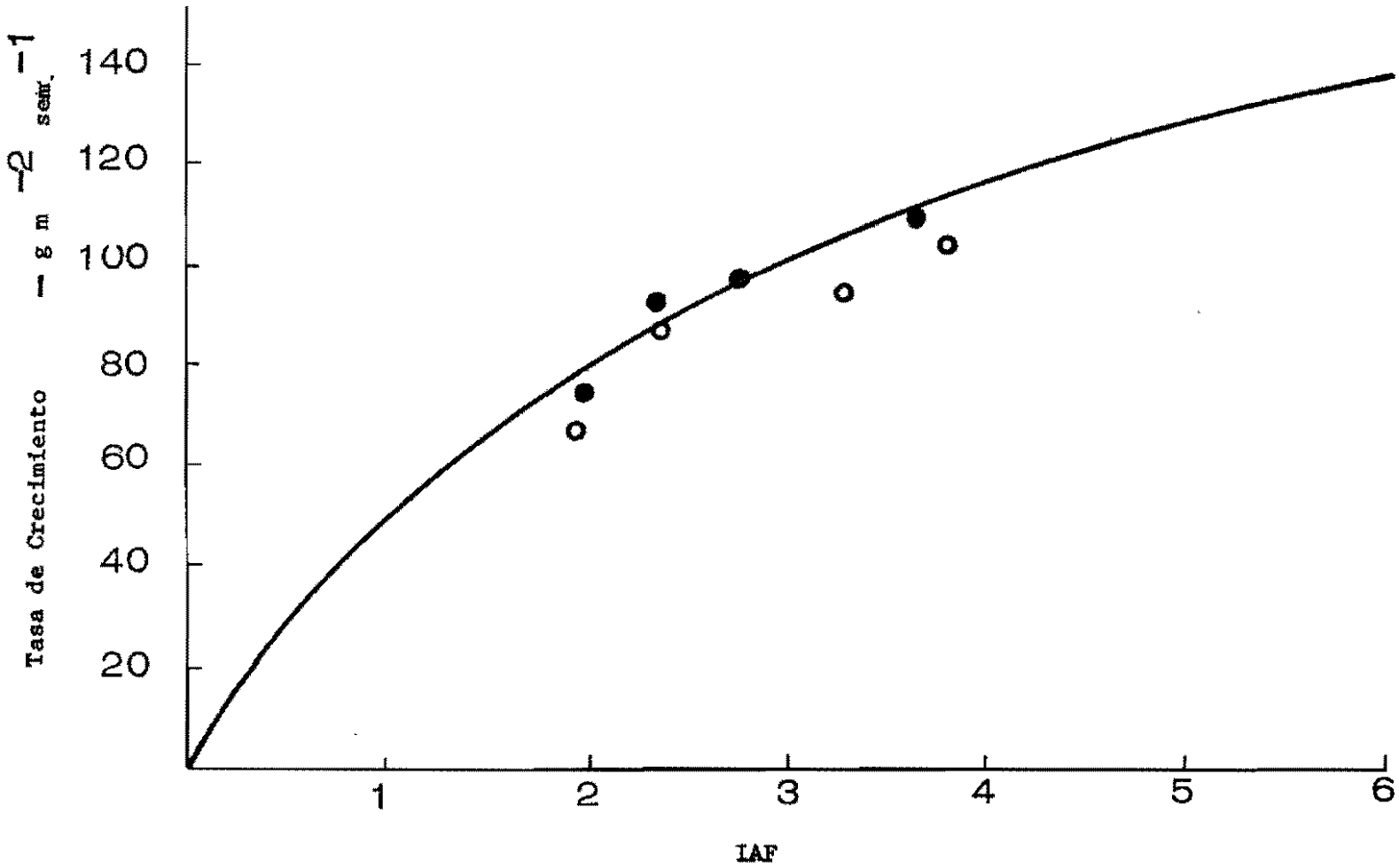
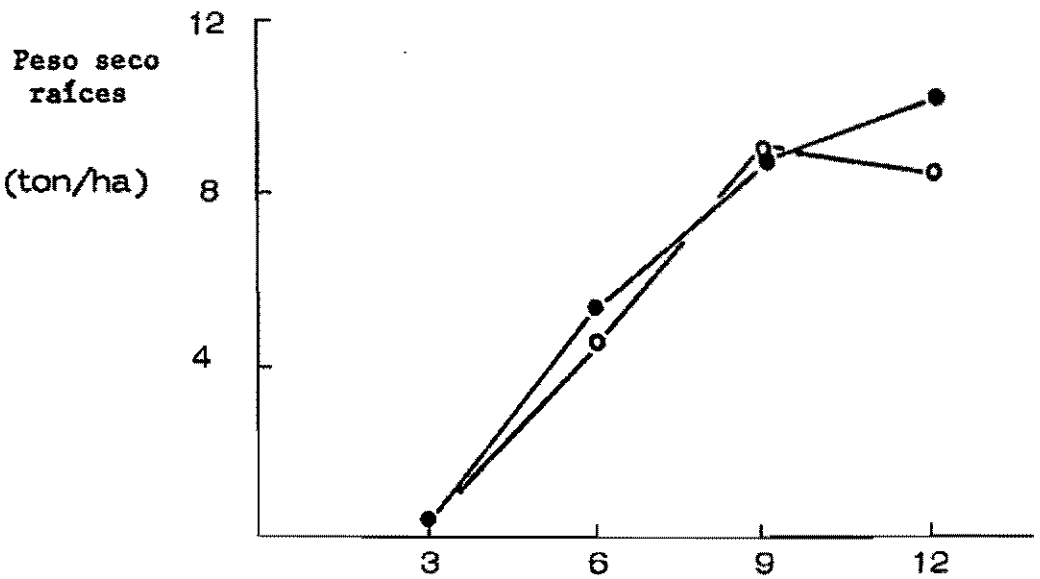
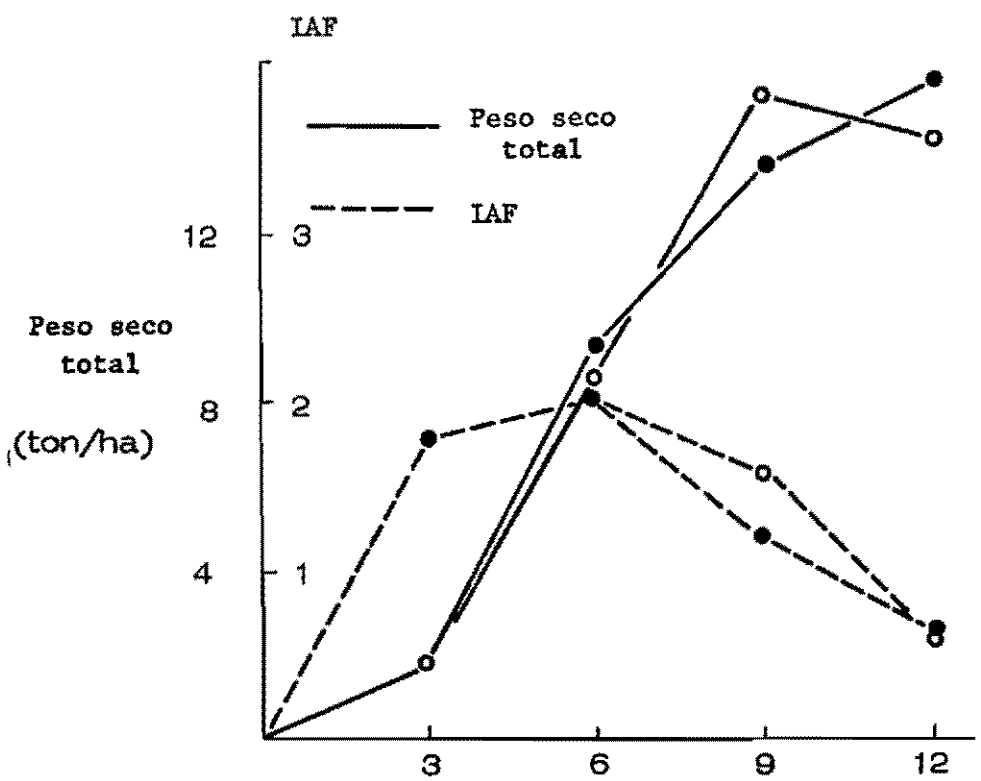


Fig. 6 Cambios en rendimiento de raíces IAF y peso seco total de M Col 22 con Normal (o) y número reducido (o) de raíces





Meses después de la siembra

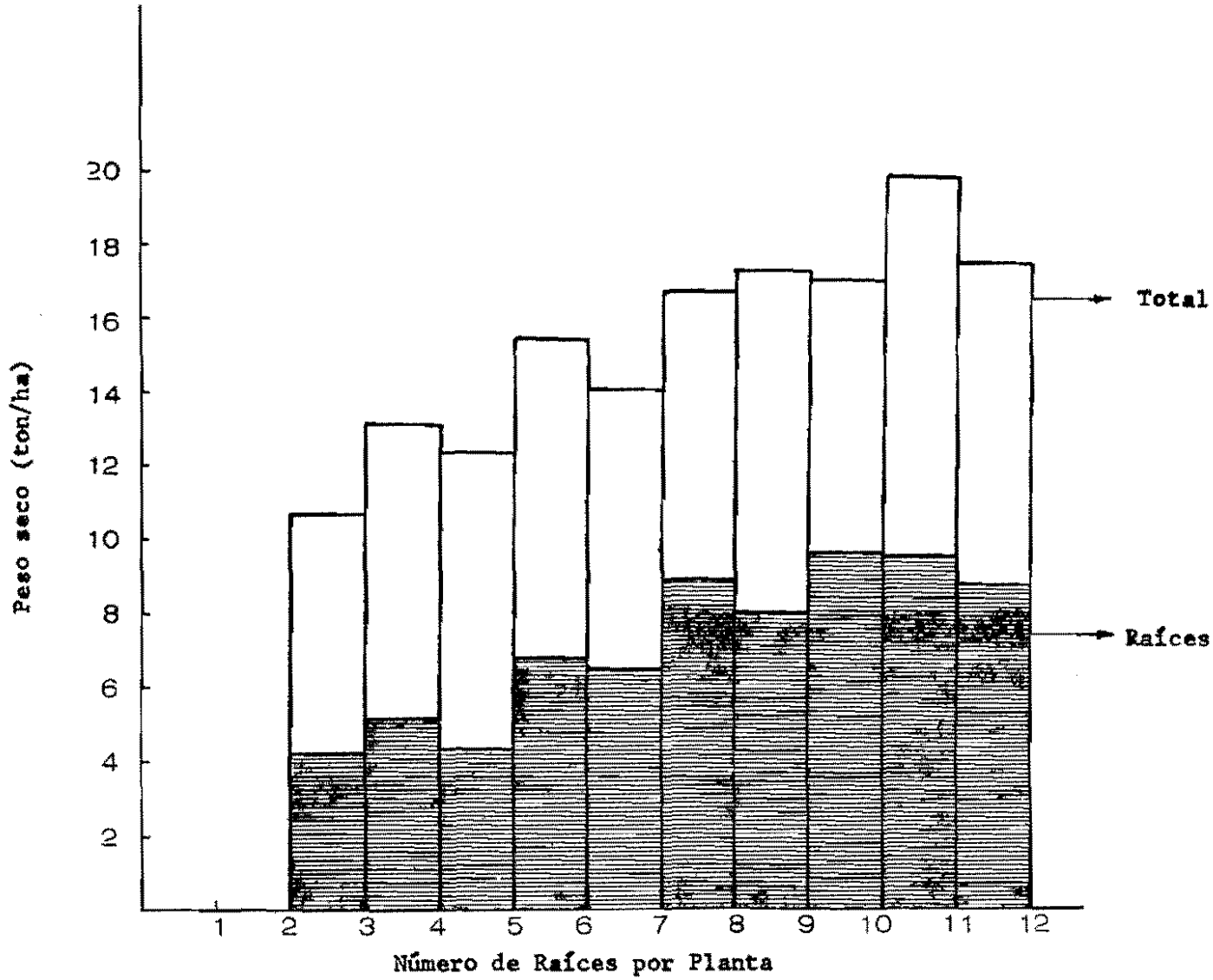


Fig. 7. Efecto del número de raíces por planta sobre el rendimiento

Fig. 8. Tamaño de la hoja de CMC 84

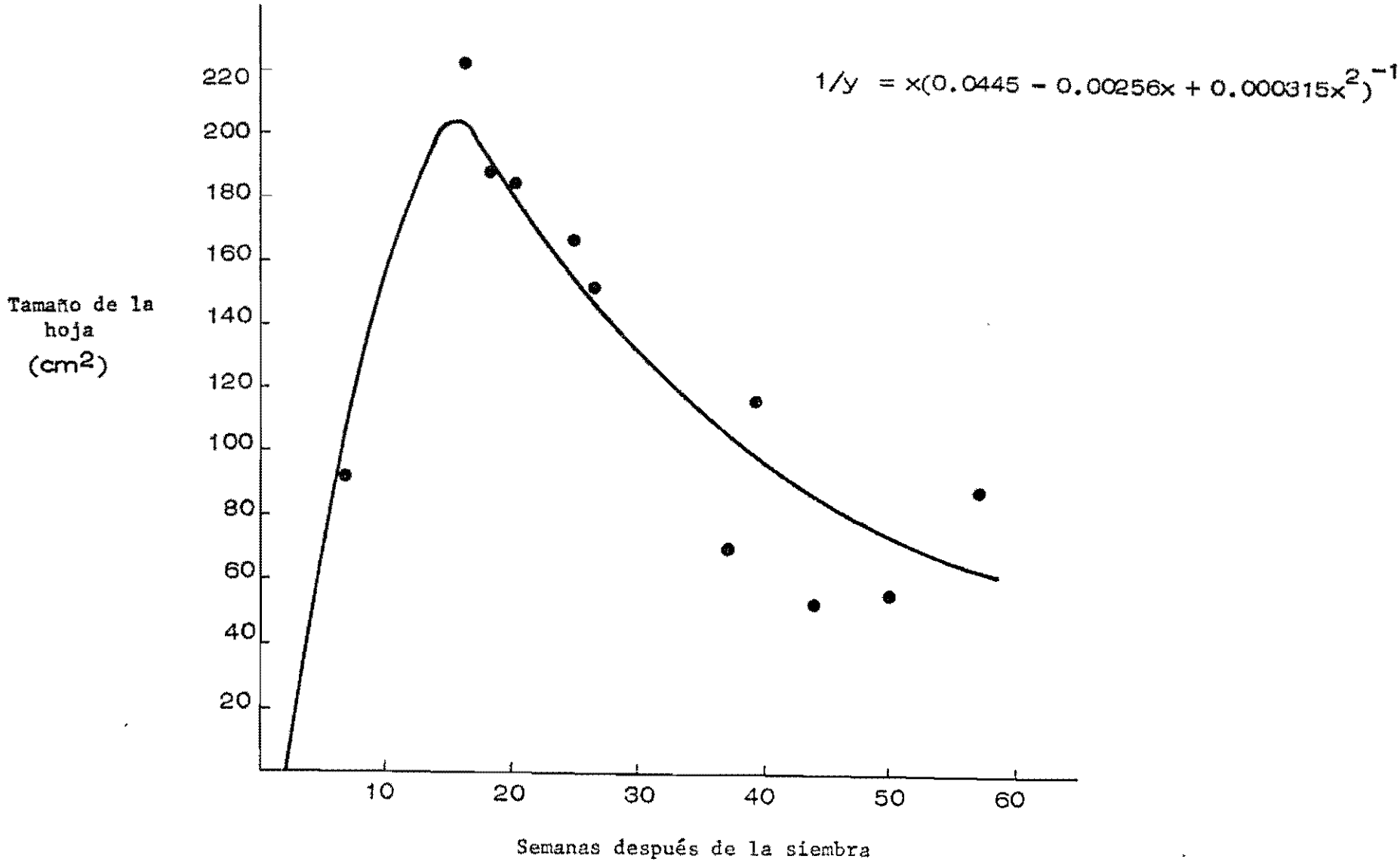


Fig. 9. Tamaño de la hoja de tres variedades

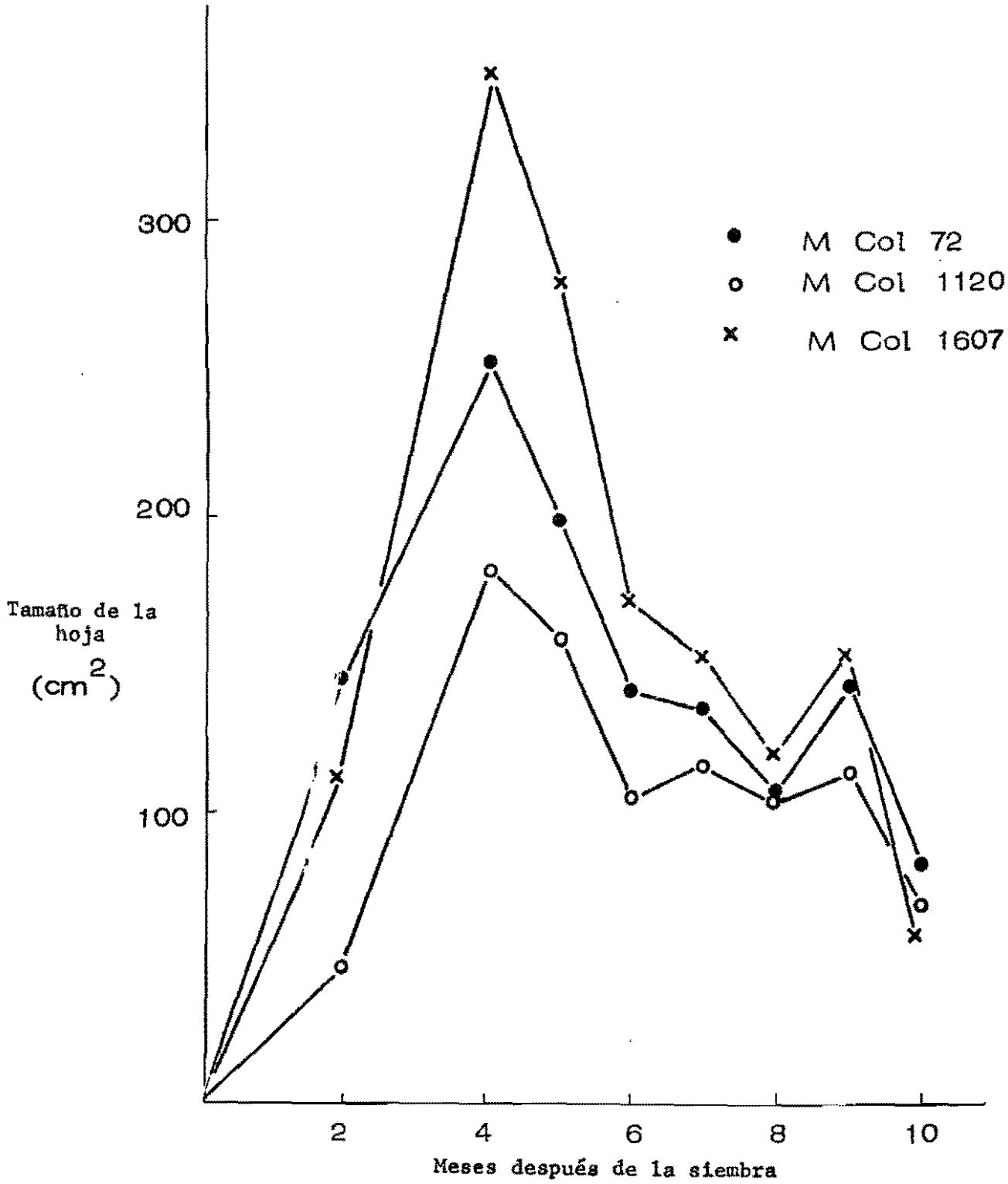


Fig. 10. Comparación de datos de campo e hipótesis de los efectos de sombra sobre la longevidad foliar

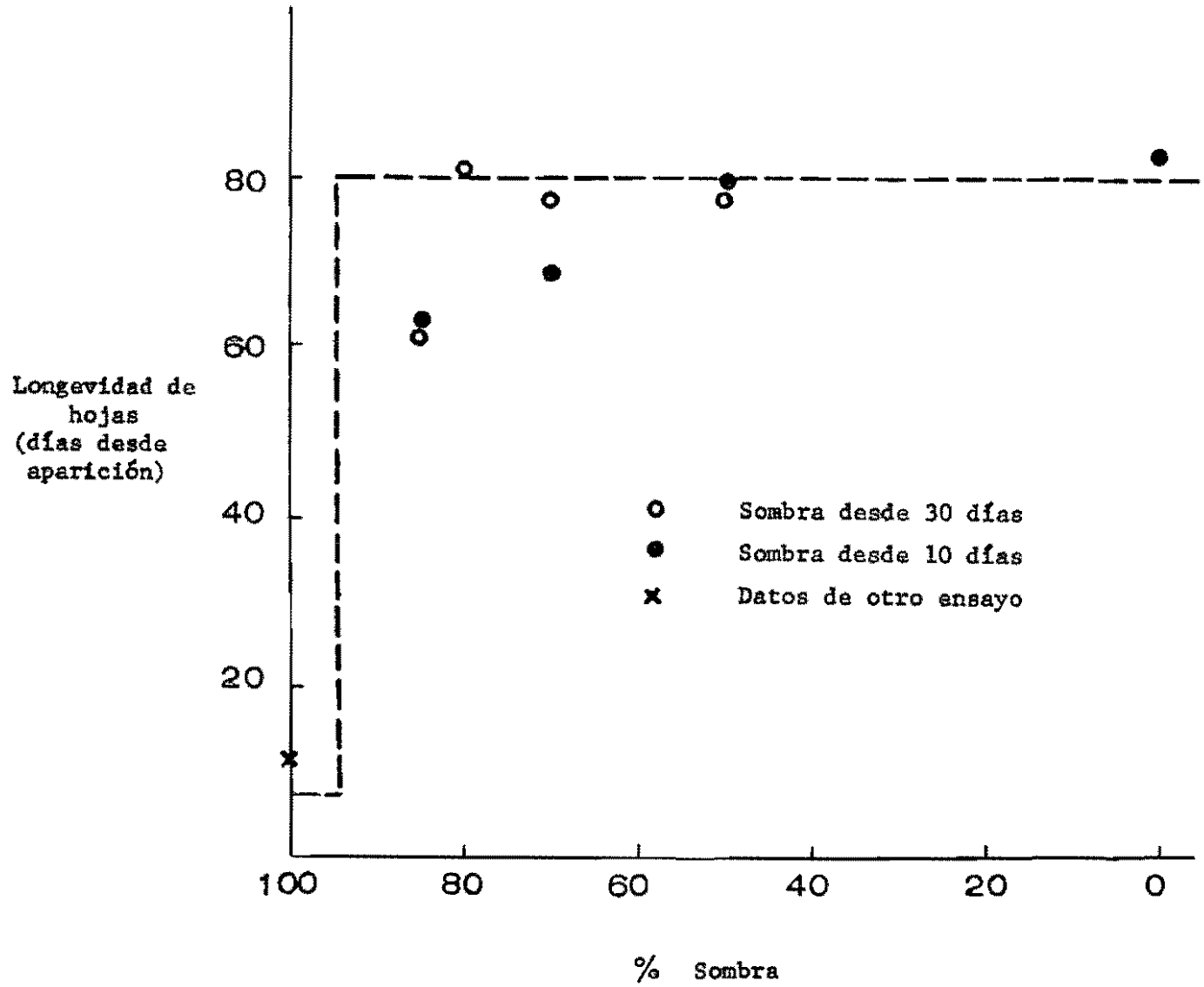


Fig. 11. Longevidad de las hojas como una fución del Indice de Area Foliar

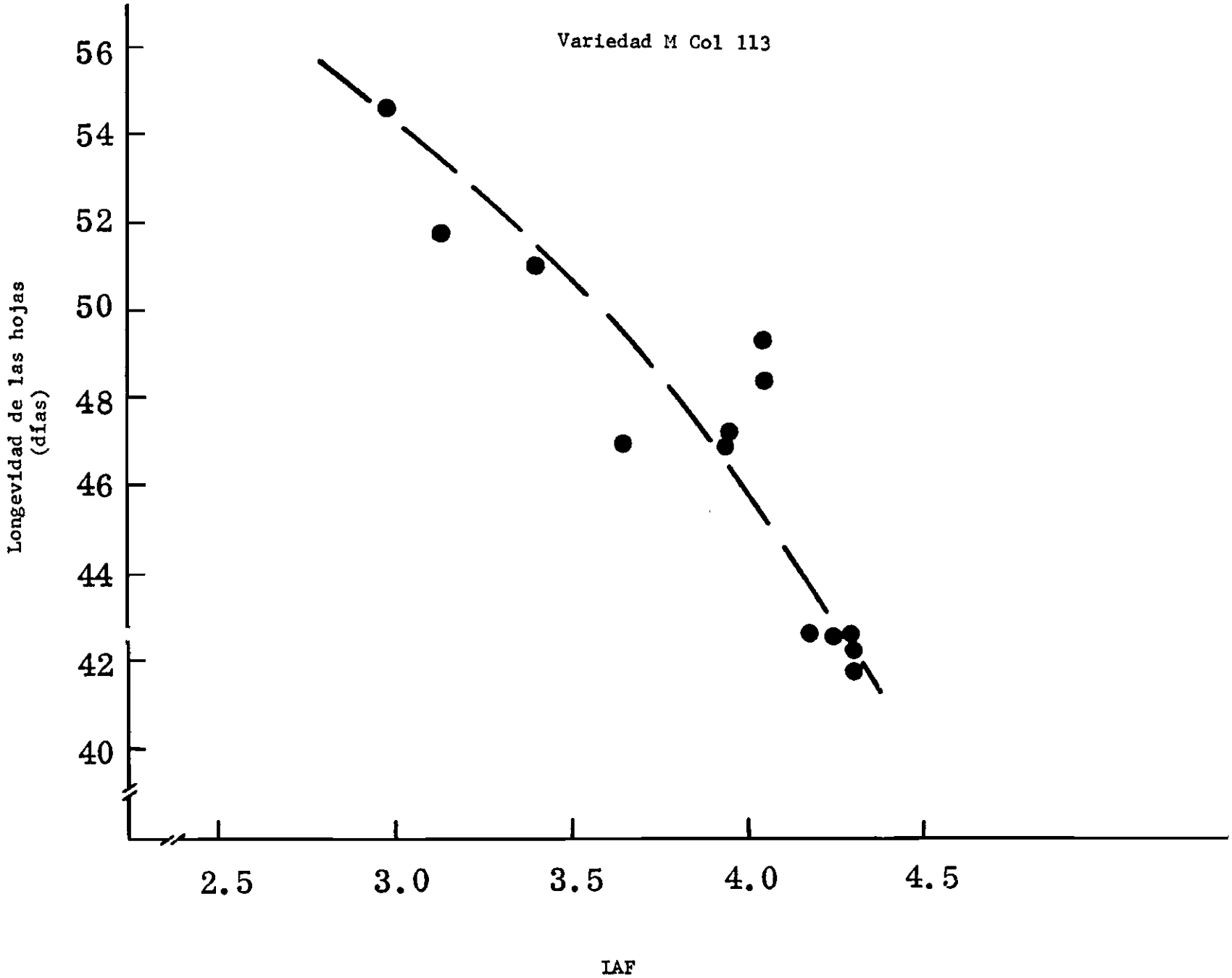
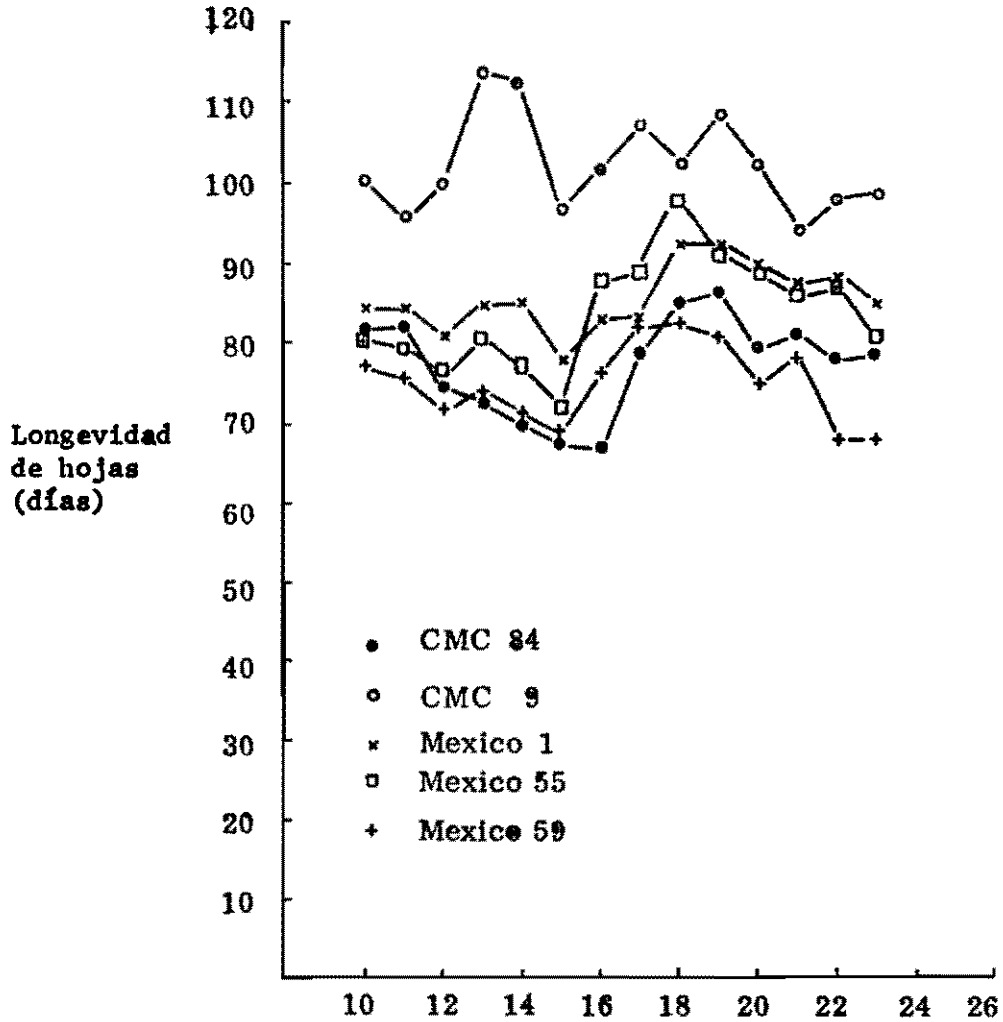
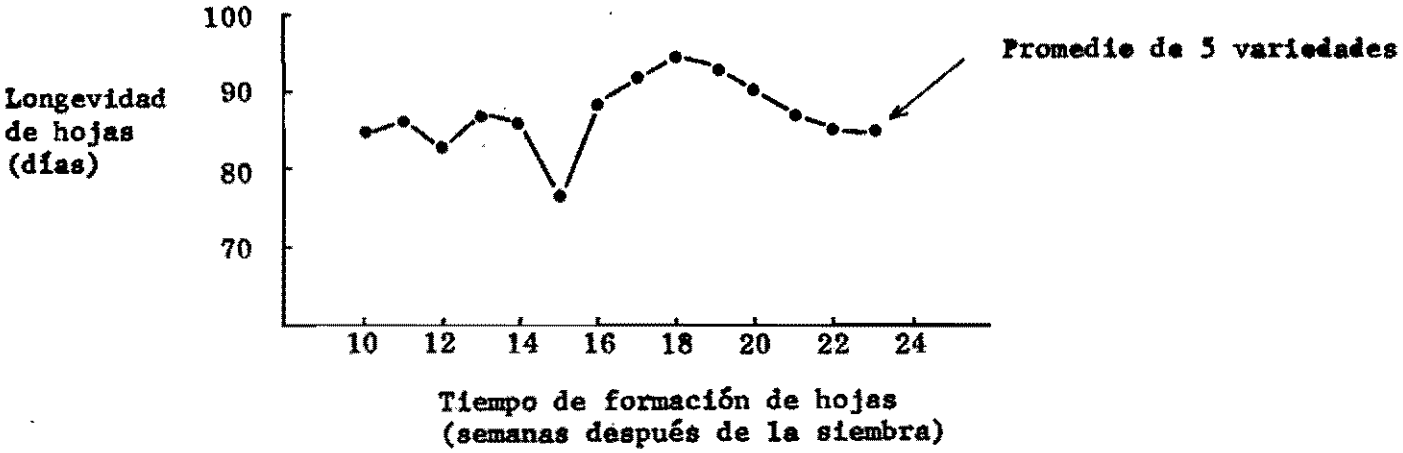


Fig. 12 LONGEVIDAD DE LAS HOJAS EN PLANTAS SEPARADAS





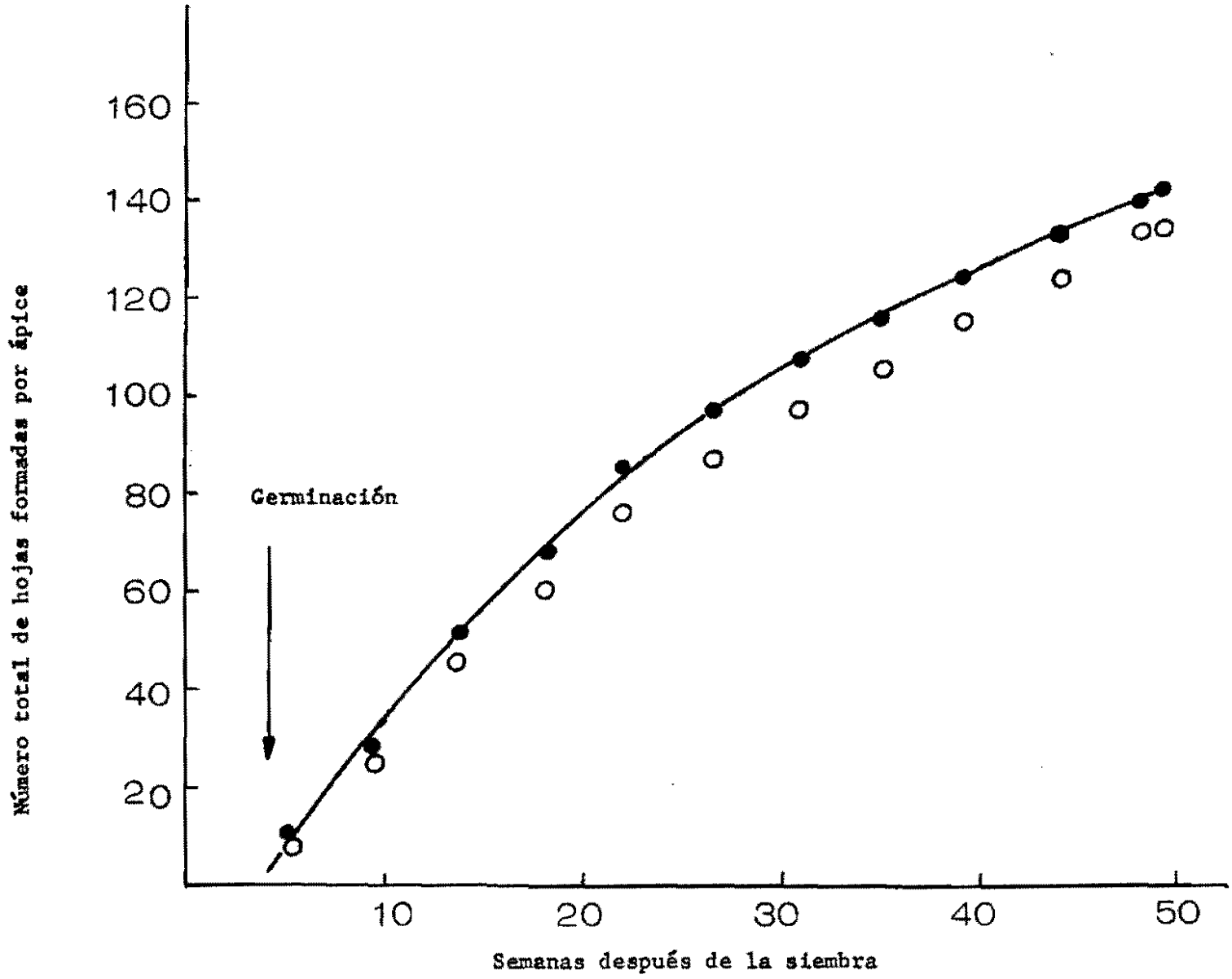
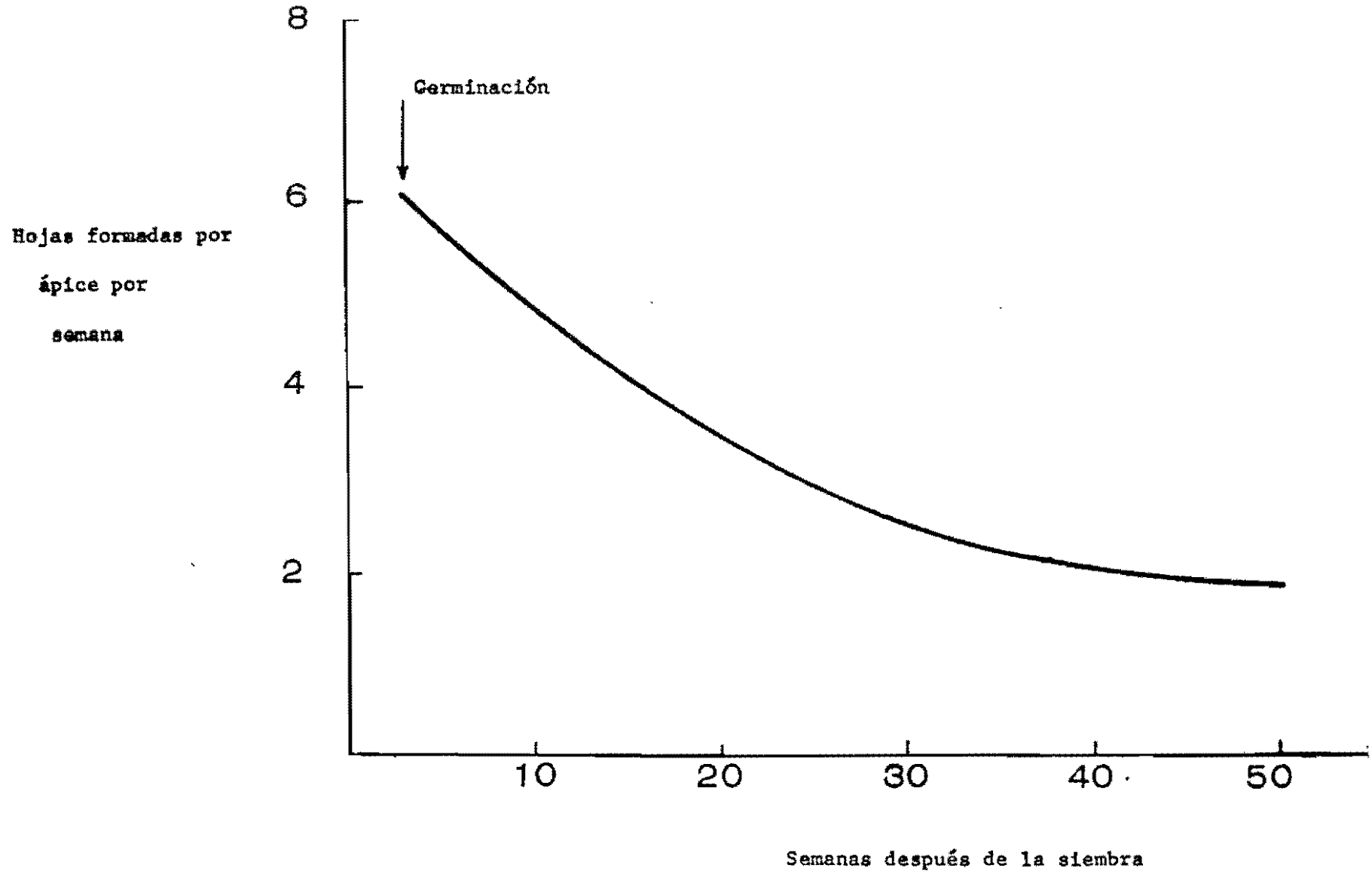


Fig. 13. Número total de hojas formadas por ápice
M Col 113 (o) M Col 22 (o)

Fig. 14 Tasa estimada de formación de hoja por ápice



A. Calidad de la "semilla" de la yuca.

La calidad de la "semilla" de la yuca depende de su madurez, grosor, número de nudos por estaca y tamaño. Aunque no existen resultados definitivos sobre cada uno de estos factores, repetidas observaciones indican que de ellos depende que de las estacas germinen plantas vigorosas, capaces de producir un buen número de raíces comerciables.

1. Madurez de la estaca. No existe un concepto exacto que defina la madurez apropiada que debe tener la estaca de yuca para la siembra. Sin embargo, es bien sabido que aunque las estacas poco lignificas (verdes) germinan, estas son extremadamente susceptibles a patógenos del suelo y pueden estar atacadas de insectos chupadores. Además, las estacas inmaduras (verdes) no se pueden almacenar por mucho tiempo debido a que:
a) por su alto contenido de agua tienden a deshidratarse rápidamente, y
b) por su suculencia, muchas especies de microorganismo (bacterias y hongos) las infectan causando pudriciones severas al poco tiempo de haberse sembrado.

Cuando las estacas se toman de plantas de más de 18 meses, el tallo se encuentra altamente lignificado y esclerotizado, conteniendo una cantidad menor de reservas alimenticias para los brotes que germinen de sus yemas. Debido a lo anterior, las yemas germinales pueden haber perdido su viabilidad, tener una germinación tardía y/o producir brotes poco vigorosos. Además los tallos procedentes de plantas mayores de 18 meses pueden haber sufrido un mayor número de lesiones causadas por patógenos localizados o por insectos; igualmente, el corte para la preparación de las estacas se dificulta debido a su condición altamente leñosa.

Se sugiere entonces que la "semilla" se tome de plantas que tengan entre 6-18 meses de edad. Entre más joven sea la planta, la porción del tallo que se seleccione deberá ser la más lignificada. Un indicativo práctico para averiguar si una estaca tiene suficiente madurez, consiste en determinar la relación entre el diámetro medular y el de la estaca en un corte transversal. Si el diámetro medular es igual o menor del 50% del diámetro de la estaca, esta tiene la madurez apropiada para ser sembrada (27).

2. Número de nudos por estaca: Cada nudo del tallo tiene una yema germinal; teóricamente se puede obtener una planta de cada estaca con un nudo. Sin embargo, se ha encontrado que las estacas con 1 á 3 nudos tienen una baja germinación en condiciones de campo (27). Esto puede ser debido a que, por ser muy cortas, son susceptibles a una rápida deshidratación y a que los patógenos las pueden invadir totalmente en un período relativamente corto. Además, las estacas con pocas yemas germinales tienen más probabilidades de perder la viabilidad de todas sus yemas durante la preparación, el transporte y la siembra. Las estacas largas, con más de 10 nudos, teóricmente tienen mayor probabilidad de conservar su viabilidad porque el número de yemas germinales es mayor. Sin embargo, al usar estacas largas se necesita más material de propagación por unidad de superficie y existe un mayor posibilidad de que este material se encuen

..ectos y patógenos localizados.

De acuerdo a lo anterior, se sugiere que las estacas para propagación en yuca tengan entre 5-7 nudos, con una longitud aproximada de 15-20 cms.

3. Grosor de las estacas. Aunque cualquier pedazo de tallo puede usarse para propagar la yuca, los retoños que brotan de estacas delgadas son débiles y tienen pocas raíces gruesas, con menor peso y tamaño, en cultivos comerciales. Parece que las estacas delgadas tienen menos reservas nutritivas para los retoños. Consecuentemente, se aconseja que el grosor de las estacas seleccionadas para siembra no sea inferior a la mitad del diámetro de la porción más gruesa del tallo de la variedad presente en la plantación.

4. Variedad. Se han observado grandes diferencias varietales en cuanto al poder de germinación de las estacas. Estas diferencias se acentúan al almacenar las estacas y se incrementan a medida que aumenta el período de almacenamiento. Por consiguiente, se recomienda usar variedades con un alto poder germinativo. La determinación del poder germinativo podría averiguarse fácilmente calculando el porcentaje de germinación entre estacas de diferentes variedades, después de un período corto de almacenamiento (15 días, por ejemplo).

5. Daño mecánico. La epidermis y las yemas de las estacas se pueden herir fácilmente durante su preparación, transporte, almacenamiento y siembra, debido a golpes y/o heridas causadas por machetes. Cada herida es una puerta de entrada de microorganismos que pueden causar pudriciones durante el almacenamiento o después de la siembra. Por consiguiente deben evitarse los golpes bruscos durante el corte y acarreo de los tallos o ramas seleccionados; el corte debe hacerse sobre un soporte suave que amortigüe el golpe del machete o con serrucho, sosteniendo el tallo con las manos al cortarlo. Igualmente, el corte debe ser en ángulo recto, con el fin de propiciar un enraizamiento perimetral y uniforme (9,27).

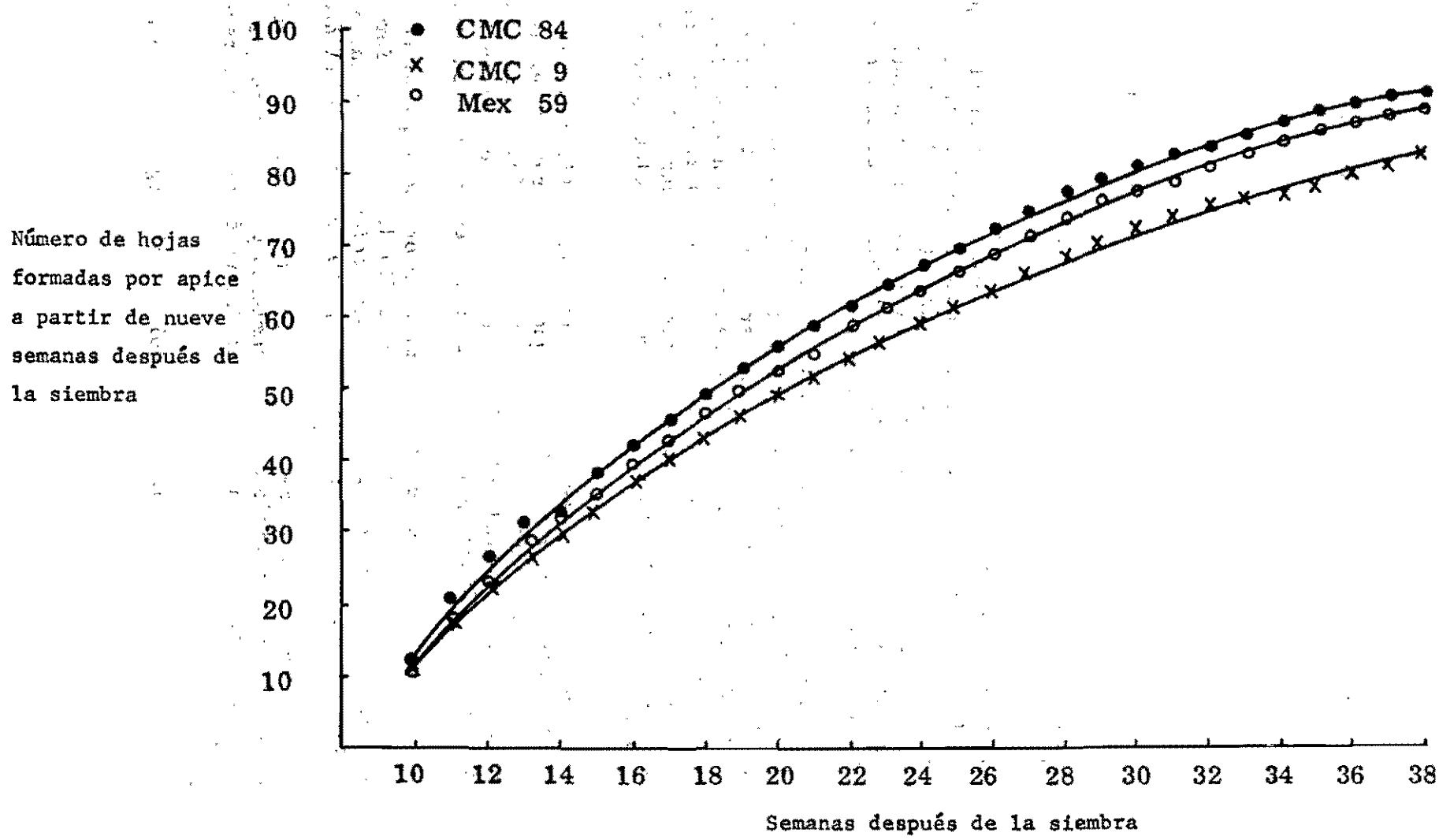
B. Sanidad de la semilla de la yuca.

El tallo de la yuca es atacado por varios patógenos que, en general, inducen pudriciones internas o externas y/o chancros corticales o epidermales. Otros patógenos invaden los tejidos leñosos del tallo sistemáticamente, sin mostrar síntomas visibles (virus, micoplasmas, CBB). Además, el tallo de la yuca es atacado por insectos y ácaros que se localizan en la epidermis o en el interior del tallo. Estos aspectos sanitarios se discuten a continuación:

1. Aspectos patogénicos relacionados con la "semilla" de la yuca. De acuerdo a la localización y presencia de los patógenos que atacan al tallo de la yuca, estos se pueden agrupar en:

a. Patógenos sistémicos: Son agentes causales vasculares (virus y micoplasmas; Xanthomonas manihotis) (19) y corticales o epidermales (Sphaceloma manohoticola) (5, 13) que invaden sistemáticamente al hospedero sin mostrar signos visibles en la zona lignificada (madura) del tallo.

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



PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA "SEMILLA" DE LA YUCA

(*Manihot esculenta* Crantz)

J.C. Lozano
J.C. Toro
A. Castro
A.C. Bellotti*

La yuca es una planta perenne leñosa que se multiplica en forma vegetativa y cuyas raíces se utilizan como fuente de carbohidratos ( ). No existiendo madurez fisiológica, la yuca se cosecha entre los 7 a 24 meses de edad, dependiendo de las condiciones ambientales en donde se cultiva, de la demanda del producto o de la variedad cultivada ( ); por lo tanto, el cultivo debe considerarse como de ciclo largo. En todo cultivo que se propaga vegetativamente, el buen estado del material de propagación determina en gran parte la alta producción. Además, como la yuca se siembra a poblaciones bajas de plantas por área (6000 - 20.000 plantas/ha), el uso de buena semilla para la siembra es de gran importancia. Desafortunadamente, esta condición es subestimada por los cultivadores. En cualquier plantación de yuca se puede observar:

1) que la población de plantas es inferior al número de estacas sembradas; 2) que existe desuniformidad de vigor entre plantas; 3) que la producción por planta varía considerablemente y 4) que casi siempre existen pudriciones radicales a la cosecha. Aunque algunas de estas evidencias pueden llegar a ser causadas por factores edáficos y climáticos, en general, la calidad y sanidad de las estacas para siembra con en gran parte los responsables de que ellas ocurran con relativa frecuencia y severidad.

Además, como existen: 1) patógenos sistemáticos (virus o similares, micoplasmas, bacterias y hongos) que se diseminan por el uso de material de propagación enfermo ( ); y 2) insectos y ácaros que atacan el tallo de la yuca, la introducción de tales pestes es de ocurrencia común a plantaciones, áreas, países o continentes en donde no existen.

Consecuentemente, es de extremada importancia que el cultivador de yuca use siempre buena "semilla" con el fin de obtener uniformidad en el establecimiento, en el vigor y en la producción; reducir las pudriciones radicales y evitar la introducción de pestes ausentes en el área.

Una buena semilla de yuca está determinada por su: 1) calidad; 2) sanidad; 3) corto período de almacenamiento y 3) cuidados que se le den desde la recolección hasta la siembra. La discusión de estos aspectos sigue a continuación.

---

* Fitopatólogo, Agrónomos y Entomólogo del Programa de Yuca del CIAT.

Por consiguiente, un porcentaje alto de las plantas provenientes de estacas tomadas de estas plantas, aparecen enfermas; constituyendo el foco de infección primario en la nueva plantación. En esta forma este grupo de patógenos ha sido diseminado a diferentes regiones, paises y/o continentes (20).

Para evitar la presencia de estos agentes causales en una plantación, área, país o continente, es necesario usar "semilla" sana. Por ejemplo, la enfermedad del mosaico africano parece ser causada por un virus polihédrico (2,24) que no existe en América ni en Asia (exceptuando a la India) su vector (Bemisia spp.) se ha registrado en este continente (2). Consecuentemente, es indispensable evitar la introducción de material de propagación de Africa e India. En lugares donde está presente, mediante la selección de plantas aparentemente sanas y erradicación de las enfermas, se ha logrado disminuir la incidencia de la enfermedad (2). También, existen variedades resistentes; sin embargo, la "semilla" de éstas puede llevar al agente causal y constituir la fuente de inóculo para plantaciones en donde se usen variedades susceptibles.

Recientemente se demostró que se pueden producir plantas aparentemente sanas cultivando meristemos de plantas con mosaico africano (12). Sin embargo, debido a que aún no existe un método que detecte la presencia del agente causal en el susceptivo, el sistema no provee de un margen de seguridad absoluto.

Los virus (el mosaico común y el mosaico de las venas) y micoplasmas (el superbrotamiento) americanos solo parecen ser transmitidos en yuca en forma mecánica y a porcentajes relativamente bajos (10,14) consecuentemente, el porcentaje de afección en las regiones en donde estas enfermedades existen es limitado (10). Siempre existen disponibles plantas sanas para seleccionar "semilla" para siembra y la erradicación de estas enfermedades, por la eliminación de las plantas enfermas, es altamente eficiente (10,14).

Se ha demostrado que se pueden obtener plantas sanas de plantas afectadas por el añublo bacterial de la yuca, enraizando retoños (5-10 cms) procedentes de estacas tomadas de plantas enfermas (17,18), siguiendo el método de enraizamiento en agua estéril (26). Las plantas obtenidas por este método constituyen la base para producir "semilla" certificada, libre del patógeno (18). Esta puede incrementarse rápidamente por el método de propagación rápida desarrollado por Cock et. al. (8) o por los métodos tradicionales. El material sano puede ser usado luego para sembrar lotes en donde no se haya sembrado yuca, o lotes en donde se haya erradicado al patógeno por rotación o eliminación de la yuca durante un período de seis meses (16,17). Igualmente, esta semilla puede distribuirse sin ningún riesgo a otras regiones en donde no exista esta enfermedad.

El agente causal del superalargamiento (S. manihoticola) puede también introducirse a una plantación, área geográfica, país o continente, por el uso de estacas tomadas de plantaciones enfermas (4,5,6,13). Por consiguiente, solo se deben sembrar estacas procedentes de plantaciones sanas. Sin embargo, se ha encontrado que tratando estacas afectadas con fungicidas tales

como difolatan y orthocide (4000 ppm de i.a.), se puede erradicar al patógeno de las estacas (7); por lo tanto, se recomienda usar uno de estos fungicidas para tratar las estacas que se tomen de áreas en donde la enfermedad es endémica.

b. Patógenos localizados. Los patógenos no sistémicos o localizados (agentes causales de la pudrición bacterial del tallo, antracnosis, mancha de anillo, algunos basidiomicetos, etc.) son aquellos que solo invaden una parte del tallo. Generalmente estos patógenos muestran signos externos, sobre la epidermis del tallo, que corresponden a chancros o zonas necróticas de coloración marrón claro a negro. Otros patógenos, como el agente causal de la pudrición bacterial del tallo, invaden también la región medular, presentando coloración amarillo rojiza a marrón oscuro.

Este grupo de patógenos penetra al tallo por heridas, causadas mecánicamente o por insectos, o invadiendo el pecíolo de las hojas que infectan por penetración directa o estomatal. Otros penetran directamente al tallo, invadiendo rápidamente la porción verde de éste; su invasión decrece a medida que el tallo lignifica (15).

Toda porción del tallo que esté sana, sin mostrar ataque alguno de patógenos localizados, puede usarse para siembra. Por consiguiente, al seleccionar la "semilla" se debe eliminar las porciones afectadas por éstos patógenos que corresponden a los trozos de tallo que contienen chancros, áreas negruzcas epidermales o rojizas medulares. Es conveniente desinfestar los machetes o serruchos que se usan para cortar las estacas, limpiándolos con formol comercial al 5%, para evitar transmisiones mecánicas por el uso de herramientas infestadas.

c. Patógenos del suelo. La yuca es atacada por patógenos del suelo que afectan comunmente a árboles forestales (Fomes lignosus, Rosellinia necartrix, Armillariella mellea), cultivos perennes (café, banano, plátano, etc.) (Fusarium spp.) y cultivos herbáceos de ciclo corto (algodón, fríjol, etc.) (Rhizoctonia spp., Sclerotium rolfssi, Sclerotinia Sclerotiorum, Phytophthora spp., Pythium spp.). El ataque de estos patógenos se inicia después de la siembra, comenzando por los extremos de la estaca, por heridas epidermales o en la base de los retoños y/o en las raícillas.

La mejor forma de evitar que las estacas y plántulas sean atacadas por éstos patógenos, consiste en disminuír la infestación del suelo por medio de la rotación con cultivos no susceptibles (gramíneas) y por prácticas culturales (drenajes, siembra en caballones, etc.) (3, 23, 27); sin embargo, el tratamiento de las estacas con desinfestantes y protectores de la "semilla" ha demostrado ser altamente ventajoso. Las ventajas que se logran al tratar las estacas con ciertos fungicidas o mezclas de ellos son: 1) un efecto desinfestante; 2) una acción protectante; 3) incremento del tiempo de almacenaje; y 4) aceleración en la germinación, en el enraizamiento y en el crecimiento. Entre los fungicidas y mezclas que pueden recomendarse están: orthocide y bavistin; daconil y manzate; dithane

M45 y Manzate; demosan 65; brassicol 75; y agallol (2000 ppm de i.a. en mezclas; 4.000 ppm de i.a. cuando usados individualmente). En general, la mezcla amplía el espectrum protector.

Teniendo en cuenta que los costos de tratamiento son relativamente bajos (tabla adjunta, por ejemplo), ya que con una sola preparación se puede tratar un gran número de estacas, se sugiere que este tratamiento se haga rutinariamente e inmediatamente después de preparar el material de siembra. Los resultados sugieren que al tratar las estacas los rendimientos pueden aumentar en más del 25% y que las estacas tratadas pueden almacenarse durante un mes sin perder su poder germinativo. Cuando exista la enfermedad del superalargamiento, se debe adicionar difolatán u orthocide; además, tal como se discute a continuación, se debe agregar un insecticida (malathion, tamaron o basudin) para el control de insectos localizados en la superficie de la estaca.

d. Aspectos entomológicos de la "semilla" de la yuca. Existen ácaros e insectos que atacan al tallo de la yuca y reducen la producción y la calidad del material de propagación procedente de las plantas afectadas. Existen igualmente insectos que se encuentran en el suelo y que atacan las estacas después de la siembra, causando heridas o perforaciones (por donde patógenos del suelo pueden penetrar) o destruyendo completamente la epidermas y/o yemas de las estacas. Otros insectos cortan las raíces y/o retoños al poco tiempo de su emergencia. Los ácaros e insectos que atacan las estacas de la yuca podrían clasificarse en:

1) Acaros e insectos localizados en la superficie del tallo: Generalmente los ácaros atacan las hojas y partes verdes de las plantas. Al emigrar, se encuentran en la superficie del tallo de las plantas infestadas y atacan las yemas germinales. Al transportar material infestado se los puede llevar a otras áreas geográficas y aún a otros continentes. Por ejemplo, *Monomychellus tanajoa* se introdujo al Africa por la importación de estacas infestadas. Los insectos escamas (*Aonidomytilus albus*, *Saissetia miranda*, etc.) y el piojo blanco (*Phenacocus gossypii*) también se diseminan en esta forma. Además, estos insectos reducen la germinación de las estacas infestadas hasta en un 70%, según el grado de infestación. Los huevos y las larvas de otros insectos tales como trips (*Frankliniella williamsi*, *Corynothrips stenopterus*, *Caliothrips masculinus*), piojo arinoso (*P. gossypii*), chince de encaje (*Vatiga* spp.) y otros, pueden también encontrarse adheridos sobre la superficie del tallo y ser diseminados al transportar estacas infestadas.

Con el fin de evitar infestaciones de ácaros e insectos sobre las estacas, se recomienda el uso de acaricidas e insecticidas tales como malathion emulsionable (100-300 ppm), tomaron (200 ppm) o basudin (200 ppm). Estos se pueden aplicar por inmersión de las estacas en el producto durante 5 minutos; el producto puede ser mezclado con los fungicidas que se recomiendan como protectantes, desinfestantes y/o desinfectantes (ver tabla adjunta, por ejemplo).

2) Insectos localizados dentro del tallo: Los insectos que se localizan dentro del tallo de la yuca son, en general, insectos barrenadores (varias especies de Coleopteros, Lepidapteros e Himenopteros). Además, larvas de otros insectos, tales como la mosca de la fruta (Anastrepha spp.) y trozadores superficiales o subterráneos del tallo (Agrotis ipsilon, Prodenia eridania), pueden ser llevados ensospechadamente dentro de la "semilla" a otras localidades. Los túneles y galerías que estos insectos hacen en el tallo, son puertas de entrada de microorganismos que causan pudriciones a las estacas.

Con el fin de evitar el uso de las estacas heridas o infestadas de insectos, se debe hacer una selección cuidadosa de los tallos cuando se van a preparar las estacas. Todo trozo de tallo que muestre lesiones externas o internas causadas por insectos, debe deshecharse y ser quemado.

3) Insectos localizados en el suelo. Algunos insectos que atacan las estacas de la yuca después de la siembra se encuentran en el suelo. Estos generalmente destruyen la corteza de las estacas y hacen túneles, favoreciendo las pudriciones microbiales; como consecuencia de su ataque, resultan pérdidas en la germinación y/o muerte repentina de las plántulas. Los insectos más comunes son: chizas (Coleópteros pertenecientes a las familias Scarabacidae o Cerambycidae), comejenes (Coptotermes spp.) y tierreros (Agrotis spp.). Para evitar el ataque de estos insectos se debe incorporar al suelo aldrin (1.5 kg i.a./ha) o carbofuran (0.9 g i.a./planta) inmediatamente debajo de la estaca. En caso de comejenes (Coptotermes spp.) se recomienda usar insecticidas persistentes como aldrin, dieldrin o chlordano. Los cebos tóxicos (por ejemplo): 10 kgs aserrín, 8-10 litros agua, 500 g de azucar o melaza y 100 g de trichlorphon, para 1/2 a 1 hectárea) dan excelentes resultados.

C. Almacenamiento de las estacas

En general, los agricultores almacenan las estacas mientras que preparan el terreno para la siembra o llegan las lluvias. Durante el almacenamiento de las estacas, ya sea como tales o en trozos largos de tallo, ocurre germinación de las yemas, contaminación por patógenos e insectos y deshidratación del material almacenado. Entre mayor sea el período de almacenamiento, más severos serán los daños observados. Estos se manifiestan por secamiento (pérdida de agua), pudriciones y chancros visibles sobre la corteza o inmediatamente después de los cortes y pérdida del poder germinativo. La consecuencia final del almacenamiento es una disminución de la población de plantas por unidad de superficie, que se acentúa a medida que el almacenamiento se prolonga.

Se ha encontrado que se puede lograr más del 90% de germinación después de un mes de almacenamiento, si estacas de 20 ó 50 cms se tratan antes del almacenamiento con los fungicidas protectantes sugeridos anteriormente (ver sección sobre patógenos del suelo).

Un tratamiento adicional, anterior a la siembra (con los mismos fungicidas) favorece mucho más la germinación. Estos tratamientos pueden ser hechos simultáneamente con los insecticidas que controlan los insectos que comunmente se encuentren sobre las estacas. Para evitar deshidrataciones durante el almacenamiento, se recomienda que preferiblemente se almacenen trozos largos de tallo, de 50-80 cms. Al preparar las estacas, se deben descartar los 10 cms de cada extremo del tallo almacenado.

El almacenamiento debe hacerse en un lugar sombreado, con humedad ambiental alta (alrededor del 80%) pero no excesiva. y en donde la temperatura sea moderada (20-25°C). La siembra debe hacerse después de haber llovido o de regar el lote, ya que temperaturas altas en el suelo tienden a inhibir la germinación porque el punto término de inactivación de las estacas es bajo.

Aunque aun no se sabe si existe o nó resistencia varietal a cada uno de los daños que pueden ocurrir durante el almacenamiento (deshidratación, ataque de pestes y germinación rápida de las yemas), se han encontrado diferencias altamente significativas entre variedades. Conscuentemente, se deben preferir para la siembra variedades que resistan el almacenamiento, que generalmente tienen un gran vigor germinativo.

D. Conclusiones

Es necesario sembrar buena "semilla" de yuca con el fin de obtener rendimientos adecuados. Para obtener buena "semilla" se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Una "semilla" de buena calidad debe provenir de una variedad con buena capacidad germinativa. El trozo de tallo a seleccionar debe tener la madurez apropiada (entre 6-18 meses); un número de nudos 5 á 7; una longitud de 20 cms; y un grosor no inferior a la mitad del grosor de la variedad que se va a sembrar.

2. Debe evitarse los daños mecánicos a las estacas durante su preparación, transporte y siembra. Los cortes deben ser parejos y transversales.

3. No se debe introducir material de propagación procedente del Africa o Asia.

4. Debe evitarse la introducción de estacas provenientes de regiones en donde el añublo bacterial y el superalargamiento de la yuca están presentes. Cuando estas enfermedades existen en la región, se deben seleccionar sólo las plantaciones que permanecen sanas durante los períodos lluviosos, como fuente de material para siembra. Si no se encuentran, debe producirse material libre del añublo bacterial por indexación (18) y tratar las estacas con fungicidas erradicantes del agente causal del superalargamiento (difolatan y orthocide).

5. No se deben tomar estacas de plantas que presenten síntomas virosos o de micoplasmas. Toda planta que muestre estos síntomas, debe ser eliminada y destruída al fuego.

6. Toda estaca debe ser observada cuidadosamente; debe eliminarse todo trozo de tallo que muestre signos de patógenos localizados (chancros y pudriciones locales epidermales o medulares) y daños de insectos (galerías ó túneles, heridas epidermales).

7. Las estacas deben de tratarse con fungicidas e insecticidas inmediatamente se corten de la planta, antes del almacenamiento. Este debe reducirse al máximo, procurando que no sea mayor de treinta días.

8. No se debe sembrar en suelos infestados de insectos del suelo (chizas, comejenes, tierreros y gusanos trozadores) sin aplicar insecticidas alrededor de las estacas o al suelo.

9. Siembre cuando el suelo tenga buena humedad; evite sembrar durante períodos secos. Siga buenas prácticas agronómicas, dando al suelo la preparación adecuada para el cultivo.

10. Si a la cosecha se observa desuniformidad en la producción y más del 5% de pudrición radical, rote con gramíneas por un período no inferior a seis meses.

REFERENCIAS

1. Bellotti, A., and Shoonhoven, A. Van 1977. Mite and Insect pests of cassava. Annual Review of Entomology (in press)

2. Bock, K.R., and Guthrie, E.J. 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa, In: African Cassava Mosaic. B.L. Nestel (ed). Bogotá, Colombia, International Development Research Centre, 48 pp.

3. Castro,A.; Toro, J.C. and Celis, E. 1976. Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca Cali, Colombia, Cento Internacional de Agricultura Tropical, 432 pp.

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

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

6. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1976. Sistemas de producción de yuca. In: Informe Anual, CIAT 1975. Cali, Colombia CIAT, 63 pp.

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

8. Cock, J.H.; Wholey, D.W.; Lozano J.C. and Toro J.C. 1976. Sistema Rápido de Propagación de Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, boletin Serie ES-20;12 pp.

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

10. Costa, A.S., and Kitajima, E. W. 1972. Studies on virus and m mycoplasma diseases of the cassava plant in Brazil. In; Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 48 pp.

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

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

13. Krausz, J.; Lozano, J.C. and Thurston, H.D. 1976. A new anthracnose

like disease of cassava. Annual Proceeding of the American ; Phytopathology Society. (Abstract).

14. Lozano, J.C. 1972. Status of virus and mycoplasma like diseases of cassava. In: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture, 48 pp.

15. Lozano, J.C., and Booth, R.H. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Grantz). PANS.

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

17. Lozano, J.C., and Sequeira, L. 1974. Bacterial Blight of cassava in Colombia; II. Epidemiology and contro. Phytopathology 64; 83-88.

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

19. Lozano, J.C. 1975. Bacterial blight of cassava. PANS, 21;38-43.

20. Lozano, J.C. 1976. The threat of introducing cassava diseases and pests on propgation mateiral. In: Plant Health and Quarantine Problems Arising in International Genetic Resources Transfer. FAO (Food and Agriculture O ganization) (in press).

21. Lozano, J.C.; Bellotti, A.; Van Schoonhoven, A.; Howeler, R.; Howell, D.; and Doll, J. 1976. Problemas en cultivos de la yuca. Cali, Colombia, (Centro Internacional de Agricultura Tropical) CIAT. Boletin Serie GS-16-127.

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

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

24. Peterson, J.F. and Yang, A.F. 1976. Characterization Studies of cassava mosaic agents. In: Agrican Cassava Mosaic. B.L. Nestel (ed). Bogotá, Colombia, International Development Research Centre 48 pp.

25. Rogers, D.J. 1963. Studies of Manihot esculenta Grantz and related species. Torrey Botanical Club Bulletin 90; 1-43.

26. Takatsu, A., and Lozano J.C. 1975. Translocación del agente causal del añublo bacterial de la yuca (Manihot esculenta Crantz)en los tejidos del hospedero. Fitopatología 10:13-22.

27. Toro, J.C.; Castro A. and Celis, E. 1976. Selección y preparación de material para siembra de yuca. In: Curso sobre Producción de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 432 pp.

COSTO DEL TRATAMIENTO DE ESTACAS DE YUCA CON CIERTOS PESTICIDAS Y SULFATO DE ZINC

Producto	Precio/kg (Pesos Col.)*	Gal/ha.	Cost/ha* (Pesos Col	Costo agregado (Pesos Col.)	Costo agregado ($ US)
Dithane M-45	48,5	333,0	16,0	16	0,43
Manzane 80	45,0	187,5	8,0	24	0,65
Vitigran	61,0	300,0	18,0	42	1,15
Malathion E.C.	86,0	750,0	65,0	107	2,93
Sulfato de Zinc**	20,0	6.000,0	120,0	222	6,21

* Trabajo de hombres/día

** Usarlo solamente cuando hay deficiencia de Zinc

PREPARACION DE TIERRAS

Alfonso Díaz D.*

1. Generalidades

Por preparación de tierra se entiende las diferentes manipulaciones mecánicas del suelo, que consisten en voltear, soltar, nivelar, cultivar y empacar la tierra. Estas manipulaciones mecánicas tienen como fin proveer el suelo de las condiciones favorables necesarias para el crecimiento de las plantas. No pueden darse reglas precisas que gobiernen la preparación del suelo, debido a que éste responde de manera diferente bajo condiciones aparentemente similares a los diferentes métodos de preparación.

La preparación del suelo es una operación esencial requerida por prácticamente todos los cultivos, y es también la operación más importante. El tiempo adecuado, la calidad y el costo de la preparación de la tierra influencian tanto las operaciones posteriores, como los rendimientos y otros costos.

Los objetivos y los medios utilizados para lograrlos habrán de variar con las condiciones impuestas por el tiempo, la temperatura, el agua, el suelo, la mano de obra, la maquinaria, la topografía, la propiedad de la tierra, etc. Ningún método es correcto por si solo bajo todas las condiciones o necesariamente incorrecto bajo todas las condiciones. Las decisiones de cada semestre sobre la preparación del suelo, deben hacerse y las operaciones deben llevarse a cabo antes de la siembra. Para seleccionar el método es necesario, entonces el conocimiento de la tierra en consideración, así como algunos principios que sirvan de guía.

2. Objetivos

Los principales objetivos de la preparación del suelo son:

a. Obtener una buena cama para la semilla; es decir, crear las condiciones favorables para el establecimiento de la población deseada de plantas. Tales condiciones dependen de: la humedad controlada, aire, nutrientes y condiciones de temperatura favorables para la germinación y el enraizamiento de la planta.

b. Añadir materia orgánica al suelo al incorporar la vegetación que lo cubre.

---

* Ing. Agrícola M.S. Superintendente de la Estación Experimental del CIAT.

c. Permitir la circulación del aire en el suelo.

d. Estimular la actividad microbiana y liberar los nutrientes del suelo.

e. Destruír malezas, insectos, así como huevos y sus larvas.

f. Favorecer el crecimientos posterior de las plantas deseadas, lo cual se puede obtener mediante:

1. La incorporación y dilución de fertilizantes y otros materiales para su posterior liberación lenta.

2. Aumentando el volumen y reduciendo la densidad de la masa del suelo superficial para permitir una mayor capacidad de retención de agua y una mayor facilidad de penetración de raíces, de tal forma que haya una mejor utilización de nutrimentos retenidos por las partículas coloidales.

3. Aumentando la absorción del agua por partes de las raíces y controlando el movimiento del agua fuera del alcance de éstas.

OPERACIONES PARA LA PREPARACION DE TIERRA

Las operaciones para la preparación del suelo pueden clasificarse en primarias y secundarias. Las labores primarias son aquellas que se efectúan con herramientas tales como arados de discos, arados de vertedera, arados rastra, arados cincel, cuchillas, subsoladores, arados rotatorios. Las operaciones o labores secundarias se efectúan con implementos como los rastrillos de discos, de dientes rígidos, dientes flexibles, azadón rotatorio, suavizadores, etc. Una preparación de tierra incluye las siguientes labores:

1. Limpieza del terreno

En terrenos vírgenes esta labor es muy grande, lenta y costosa, ya que debe incluír eliminación de vegetación arbórea, destronque, picada de materiales menores como malezas y ramas, picada de raíces y limpieza de rocas y piedras. El aparato más utilizado para estas labores es el "buldozer", al cual se le reemplaza la cuchilla común para arrastrar tierra, por implementos especiales.

Para el picado de raíces superficiales se utilizan rastras de discos dentados y para las raíces enterradas arados de cincel que penetran al suelo, cortándolos.

Cuando se trata de preparar tierras cubiertas de pastos o residuos de cosecha, la limpieza se efectúa con implementos que piquen los pastos o residuos permitiendo su incorporación o quema según preferencia o condiciones del lugar. Esta labor se realiza con guadañas o rastras (rastroarados) de discos con dientes.

2. Arada

Existen diferentes equipos para realizar esta labor. Son comunes los arados de discos y vertederas; pero se extiende el uso de otros implementos tales como: subsoladores, arados rotatorios y de cincel.

La arada consiste en el corte e inversión de la capa superficial del suelo. La profundidad de esta labor está acondicionada por el suelo mismo, siendo de menor profundidad de la arada son el tipo y desarrollo de las raíces de los cultivos a establecer, semillas o partes vegetativas a sembrar, formación de capas duras ("hard pan") en el suelo, capacidad del equipo disponible, condiciones de humedad del suelo, etc. La profundidad de la arada, en general, varía entre 15 y 60 cms.

Los arados se clasifican en:

a. Arados de vertedera: Estos cortan el suelo mediante la reja y lo voltean con la vertedera. Hay diferentes tipos de vertederas cuyos usos dependen del tipo del suelo.

b. Arados de discos: Estos surgieron para disminuír la fuerza de tracción necesaria para los de vertederas, ya que al girar los discos disminuyen el rozamiento.

Sus ventajas son: pueden emplearse en suelos muy duros, o muy húmedos. La inclinación del disco puede variar para adaptarlo a los terrenos sueltos.

c. Arado rotatorio: Implemento compuesto de un rotor, accionado por el tomafuerzas del tractor, sobre el cual están insertadas cierto número de cuchillas de diseño especial. Estos arados son particularmente útiles en los trabajos de hortalizas y en adecuación de tierras provenientes de potreros o rastrojos, por la forma uniforme de picar e incorporar los residuos de cosecha, además de disminuír los pasos de equipos por el terreno que está en preparación. Son también muy recomendados para labor de acabado cuando se requiere una superficie de materiales muy finos.

d. Arados de cincel: Compuestos por un conjunto de cuchillas rígidas o flexibles a manera de escardillos que rompen las capas duras formadas por debajo de la profundidad normal de preparación.

e. Arados subsoladores: Equipo muy especializado para romper capas duras de suelos a profundidades que varían entre 45 y 90 cms compuestos por una punta cortante en un brazo rígido, de profundidad variable. Pueden llevar acoplados torpedos, que avanzando tras la punta de corte forman un tubo de drenaje. Sun función principal es mejorar el drenaje interno del suelo y permitir una mejor distribución y profundización de las raíces.

3. Rastrillada

Esta labor comprende el rompimiento de los terrones del suelo, dejándolos más finos y parejos para las labores posteriores. Su trabajo es más superficial.

Existen varias clases de rastrillo:

a. Rastrillos de puas. Se utilizan para desmenuzar el terrón.

b. Rastrillos de dientes flexibles. Se usan para desmenuzar el terrón y son muy útiles para pulir el terreno y mantenerlo libre de malezas mientras se efectúa la siembra.

c. Rastrillo de discos. Son junto con el arado, los implementos más útiles en toda finca. Existen varios tipos que difieren notablemente en tamaño, peso, número de discos y diámetro de éstos.

Los mayores son denominados rastro-arados y prestan una gran utilidad en adecuación de tierras e incluso reemplazan el arado en los suelos livianos. Los de menor peso y tamaño son denominados pulidores y su trabajo acondiciona la superficie del suelo para la siembra.

d. Azadón rotatorio. Instrumento comunmente llamado "diablo", utilizado para romper la costra del suelo, formada por las lluvias o el riego en suelos de textura muy fina, para facilitar la germinación de las semillas. También controla muy bien las malezas en la primera fase de crecimiento del cultivo y cuando aquellas están empezando a germinar. Están compuestos por dientes en forma de estrella acoplados a una barra, la cual gira al ser desplazado el implemento.

4. Nivelación

Operación de importancia fundamental para el mejor aprovechamiento del suelo. Consiste en el emparejamiento de lotes de terreno cambiando las pendientes naturales por otras elegidas de acuerdo al estudio topográfico, pudiendo quedar el suelo a nivel en todos los sentidos, o con una o dos pendientes. La operación de nivelación puede ser solo de microrelieve, y en este caso se respetan las pendientes naturales, emparejando la superficie.

SISTEMAS DE PREPARACION DE SUELOS

1. Sistema convencional

Consiste en combinar las operaciones primarias y secundarias de labranza usadas normalmente para la preparación de la cama para un cultivo y área determinada.

2. Sistema de labranza mínima

Es la manipulación mínima del suelo necesaria para la producción de cultivos o para llenar los requisitos de preparación bajo las condiciones existentes en el suelo.

3. Sistema de siembra sin preparación

Es un procedimiento mediante el cual se siembra directamente sobre una cama esencialmente no preparada.

4. Sistema de preparación reducido

Consiste en efectuar las operaciones primarias de preparación en combinación con las labores especiales de siembra para reducir o eliminar las operaciones secundarias.

PREPARACION DE TIERRAS PARA EL CULTIVO DE YUCA

De acuerdo con estudios realizados por el Programa de Yuca de CIAT se recomienda la siembra de este cultivo sobre caballones en aquellos terrenos en donde existe riego de pudrición de raíces, como son los suelos de textura pesada. En los suelos livianos el rendimiento de la yuca es mayor al sembrarla en el terreno plano.

Existen varios métodos de preparación del terreno para la siembra de yuca en caballones como son:

1. Preparación convencional del terreno mediante arada, rastrillada y luego rayada con surcadores, que dejen caballones a un metro de distancia.

2. Arada del terreno con cincel, pulida con "rototiller" y luego rayada con surcadora.

3. Surcada del terreno a 1.50 m y luego el paro de un "rototiller" con caballonador acoplado en la parte trasera.

4. Preparación del terreno para dejarlo suelto y luego surcada con surcadoras para caña a una distancia de 1.50 m.

En general se puede decir que la preparación del terreno debe producir un caballón o cama que permita un buen desarrollo de las plantas y las raíces, sin que estas sufran pudrición, cuando se trata de suelos pesados o semi-pesados. En terrenos sueltos, la preparación del terreno debe efectuarse con el mínimo requerido de energía y luego se efectuará

la siembra en plano, CIAT, informa que la siembra en caballones también facilita la cosecha, aún cuando los rendimientos obtenidos en la región de Caicedonia, Valle del Cauca, Colombia, han sido un poco más bajos: 28.4 ton/ha con la yuca sembrada sobre caballones y 32.2 ton/ha cuando la yuca se sembró en terreno plano; la cosecha de unas parcelas dieron los siguientes resultados: 1070 kg/hombre/día durante siete horas cuando la yuca se sembró sobre caballones y 869 kg/hombre/día cuando fué sembrada en plano.

PREPARACION DE TIERRAS PARA SEMBRAR LA YUCA

El tiempo requerido para efectuar diferentes tipos de preparación se presenta en la tabla siguiente:

1. Caballón empinado con crestas a 1.0 m de distancia

Labor	No. de Pases	Tpo x/parcela (horas) (2.300 m^2)
Arado de discos	1	1.0
Rastra de dientes flexibles	2	0.4
Rastra de discos	3	0.6
Surcadora	1	1.0
Tpo. Total/parcela		3.0
Total labores	7	

2. Caballón alto con cresta a 1.50 m.

Labor	No. de Pases	Tpo x/parcela (horas) (2.300 m^2)
Arado de discos	1	1.00
Rastra de dientes flexibles	1	0.20
Conformador en caballones	2	2.45
Tpo. Total/parcela		3.65
Total labores	4	

3. Cama ancha a 1.80 m entre surcos

Labor	No. de Pases	Tpo x/parcela (horas) (2.300 m^2)
Arado de discos	1	1.0
Rastra de dientes flexibles	1	0.2
Conformador de camas	3	2.4
Tpo. Total/Parcela		3.6
Total labores	5	

4. Siembra en plano

Labor	No. de Pases	Tpo x/parcela (horas) (2.300 m^2)
Arado de discos	1	1.0
Rastra de dientes flexibles	2	0.4
Rastra de discos	3	0.6
Tpo. Total/parcela		2.0
Total labores	6	

METODOS	TIEMPO DE PREP/PARCELAS (HORAS) 2.300 m^2	HORAS TRACTOR POR HA
1.	3.00	12.60
2.	3.65	15.33
3.	3.60	15.12
4.	2.00	8.40

REFERENCIAS

1.- A.S.A.E. -1.971. Agricultural Engineering Yearbook

2.- Díaz, A. y M. López 1.971. Preparación de tierras - (mimeógrafo) CIAT, Palmira 5 p.

3.- Johnson, L. 1.971. Preparación de Tierras (mimeógrafo) CIAT, Palmira 8 p.

4.- Tascón, E. 1.972. Preparación de Tierras. Curso de producción pecuaria. (mimeógrafo) 8 p.

5.- CIAT.- Informe Anual 1.975.

1

SISTEMA RAPIDO DE PROPAGACION DE YUCA

J. H. Cock*
D. Wholey**
J.C. Lozano***
J.C. Toro****

La yuca, al igual que todo cultivo propagado vegetativamente, tiene una tasa de multiplicación muy baja. Una planta madura o adulta puede dar de 10 a 30 estacas de tamaño comercial (25 centímetros) por año; por lo tanto, la tasa anual de multiplicación de la yuca es de sólo 10 a 30 veces, la cual se puede aumentar hasta cerca de 100, usando estacas de dos nudos; sinembargo, estas estaquitas requieren cuidados especiales de humedad y limpieza cuando son sembradas en campo abierto, lo que hace que el sistema sea difícil.

Estas tasas de multiplicación no son lo suficientemente rápidas para suministrar en corto tiempo abundante cantidad de semillas o estacas de nuevas variedades, a la vez que no permiten suministrar al agricultor material nuevo, libre de enfermedades. Con el fin de mejorar el sistema, se desarrolló un método rápido, sencillo y barato, el cual funciona mediante inducción de retoños y enraizamiento de los mismos. Este material puede proporcionar aproximadamente 36.000 estacas por año, partiendo de una planta madura. Aunque no es el único sistema que se puede utilizar, ya que el enraizamiento en cámara nebulizadora, en vasos de cartón o potes de turba ha sido exitoso, sí es el más expedito.

Materiales

1. Cámara de propagación. Es un rectángulo de 2,40 x 1,20 metros formado por bloques de concreto con huecos anchos (0,40 x 0,15 x 0,10 metros), los cuales se sellan en la base, de manera que sirvan de almacenamiento de agua para mantener una humedad alta en la cámara mediante evaporación. Este rectángulo se debe llenar con una capa

---

1 El trabajo inicial sobre propagación corresponde a la tesis de Ph. D de D. Wholey; posteriormente, J.C. Lozano logró el enraizamiento de retoños en agua en condiciones de laboratorio y luego, J.H. Cock coordinó el desarrollo actual del sistema de propagación.

* Fisiólogo, líder del Programa de Sistemas de Producción de Yuca, CIAT.
** Investigador en Yuca, Instituto de Investigación Agrícola de Malasia (MARDI). Serdang, Selangor, Malasia.
*** Patólogo (Bacteriólogo), Programa de Yuca, CIAT.
**** Agrónomo, Programa de Yuca, CIAT.

Fig. 1. Cámara de propagación en que se aprecia gran cantidad de retoños listos para cortar

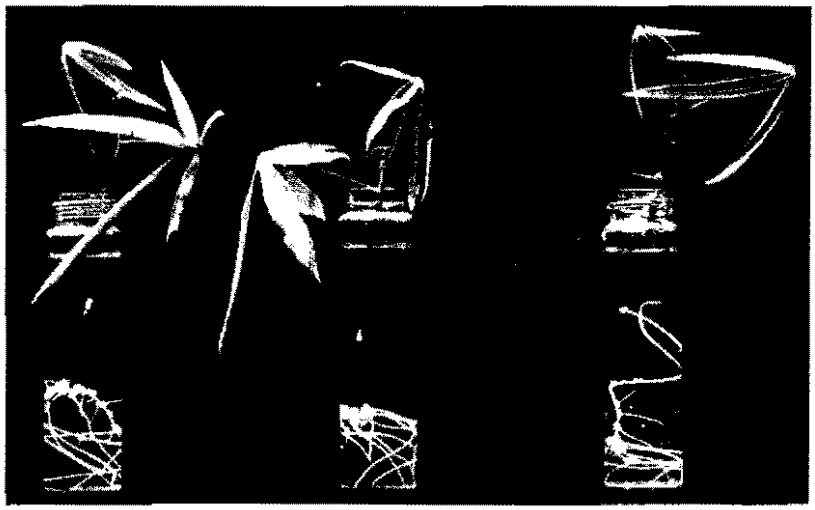


Fig. 2. Retoños enraizados en agua, los cuales han pasado el momento de ser nombrados

Fig. 3. Siembra de estaquitas con dos nudos en la cámara de propagación

Fig. 4. Estaquitas de dos nudos, después de haberles cortado retoños varias veces, los cuales tienen capacidad de producir hasta más de 9 retoños por unidad sembrada.

Fig. 5. Retoño enraizado, listo para sembrar.

de aproximadamente 10 centímetros de grava para suministrar un buen drenaje interno. Encima de esta cama de grava se coloca, hasta el borde de los bloques, suelo permeable (arena y suelo laterítico con un pH de 6 han dado buenos resultados). Encima de la cámara se coloca un techo de madera o aluminio cubierto con plástico transparente de tal manera que los extremos de la estructura caigan en el centro de los huecos de los bloques (Figura 1).

2. Area de enraizamiento. Es una mesa cuya superficie está pintada de blanco y cubierta con una estructura o techo de madera y plástico, el cual evita que el agua de lluvia contamine los frascos de enraizamiento. El techo debe quedar a 1,50 metros de la superficie de la mesa para evitar temperaturas altas dentro de la estructura.

3. Recipientes. Generalmente, se usan frascos de 25 centímetros cúbicos y 2 centímetros de diámetro (Figura 2). También se pueden emplear envases de inyecciones, los cuales son muy baratos.

4. Otros materiales. Los implementos necesarios son: cuchillas de afeitar, una olla grande para hervir agua, hipoclorito de sodio o potasio para esterilización de las herramientas y un esterilizante de suelo (bromuro de metilo, terraclor, brassicol o formol).

Metodología

Producción de retoños

Si el suelo de la cámara de propagación es de baja fertilidad, se debe agregar fertilizante hasta obtener un nivel mediano. El suelo se esteriliza utilizando bromuro de metilo u otro producto químico, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Muchos de estos productos son altamente tóxicos por lo cual se debe tener mucho cuidado en su manejo.

Se toma una planta madura (de 8 meses de edad o más) y se cortan estaquitas de dos nudos, utilizando una sierra o segueta colocada en una prensa de taller. Estas estaquitas se deben sumergir en una solución de Arasan al 5 por ciento durante cinco minutos, antes de sembrarlas en forma horizontal a 1 centímetro de profundidad. Se debe mantener una humedad adecuada pero no excesiva en el suelo, regando a medida que sea necesario. Los huevos de los bloques de cemento deben permanecer llenos de agua.

Unas tres semanas después de sembradas las estaquitas de dos nudos, se obtiene un gran número de retoños dentro de la cámara; cuando éstos alcanzan una altura de 8 centímetros se cortan a 1 centímetro del cuello con una cuchilla de afeitar esterilizada en solución de hipoclorito de sodio o potasio al 1 por ciento, dejando estaquitas de 1 centímetro de largo. Los nuevos retoños que brotan de esta estaquita (Figura 4), se pueden cortar a medida que alcanzan 8 centímetros de altura, lo cual ocurre a diferentes intervalos según el vigor de las estacas.

Los frascos utilizados para enraizamiento se deben esterilizar hirviéndolos en agua durante 30 minutos, lo cual debe hacerse también con el agua que se va a utilizar en los frascos de enraizamiento pero dejándola enfriar antes de utilizarla.

Una vez hecho el corte con la cuchilla esterilizada, se colocan los retoños uno por uno en los frascos de enraizamiento y estos últimos en la mesa destinada a tal fin.

Durante la primera semana, muchas hojas se marchitan y se caen. Después de una o dos semanas, se forman nuevas hojas y salen las primeras raicillas (Figura 5). Cuando éstas aparecen, las plántulas se deben transplantar directamente al campo enterrándolas hasta la base dela hoja más baja, teniendo cuidado de no dañar las raíces. Durante las primeras dos semanas después del transplante se requiere un riego adecuado.

Discusión

El éxito del método depende del crecimiento de nuevos retoños en la base donde se cortó el primer brote (Figura 6). Se han logrado obtener hasta más de ocho retoños por cada estaquita de dos nudos durante los primeros cuatro meses después de la siembra.

Partiendo de una planta madura, la cual dá 30 estacas de tamaño comercial, la tasa de multiplicación del método tradicional se puede comparar con el sistema rápido de propagación:

Sistema Tradicional	Sistema rápido
Una planta madura	Una planta madura
30 plantas maduras o (30x30) = 900 estacas de tamaño comercial en un año	150 estaquitas de dos nudos en 4 meses (150 x8)= 1.200 x 30 = 36.000 estacas de tamaño comercial en un año

Añublo bacterial de la yuca (CBB)

En muchas partes del mundo, el añublo bacterial de la yuca o bacteriosis (CBB) es una enfermedad bastante severa, la cual causa pérdidas en el rendimiento hasta del 50 por ciento. Esta enfermedad se disemina rápidamente mediante el uso de material de propagación contaminado, reduciendo el prendimiento en el campo y aumentando la incidencia de pudrición radical. Con este método de propagación se puede obtener fácilmente material libre de CBB, el cual puede ser usado como semilla básica. Por consiguiente, el sistema puede también proporcionar un aumento rápido de material de siembra libre de bacteriosis*.

* Ver informes Anuales del CIAT (1973 y 1974) y las publicaciones hechas por el CIAT sobre el Añublo Bacterial de la Yuca.

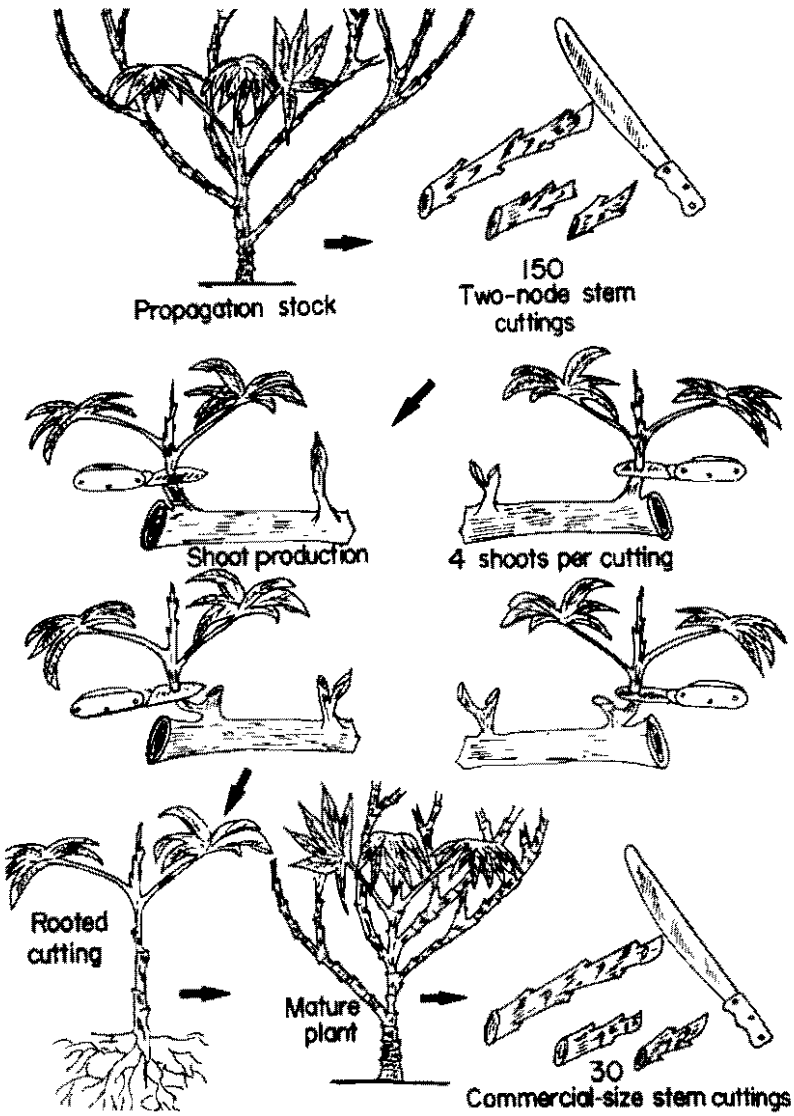


Fig. 6. Sistema de propagación rápida.

Si se llega a tomar material de siembra de un cultivo infectado con CBB, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

1. Seleccione dentro del cultivo las plantas aparentemente sanas. Estas se pueden reconocer por la ausencia de defoliación, muerte descendente, manchas y quemazón foliar y exudación de goma a lo largo de las partes verdes del tallo.

2. Tome la parte del tallo más leñosa (madura) y córtela, esterilizando las herramientas entre cada corte con una solución comercial de formol al 5 por ciento.

3. Siembre este material en cámaras de propagación aisladas, evitando el riesgo por aspersión. Después de la brotación, seleccione solamente aquellos retoños sanos. Estos deben cortarse antes de 20 días después de la siembre de las estacas, debido a que la bacteriosis puede infestar sistemáticamente los retoños jóvenes provenientes de estaquitas con la enfermedad.

4. Observe el enraizamiento de los retoños diariamente, eliminando cualquiera que aparezca infectado con CBB. Después de cortarlos, queme la estaquita inicial y esterilice completamente la cámara de propagación con un esterilizante de suelo (bromuro de metilo, formol, etc.) antes de volver a sembrar.

Las plántulas obtenidas por este método constituyen la semilla básica libre de CBB y se deben sembrar en un campo aislado, libre de esta enfermedad, o donde no se haya cultivado yuca por lo menos durante seis meses. Las plantas obtenidas son fuentes de material limpio, el cual se puede utilizar a los seis o diez meses de sembrado como material de propagación.

Generalmente sólo se recomienda el uso de material libre de CBB para evitar la contaminación si no se toman las precauciones necesarias.

Si un cultivo está infectado con CBB, el material limpio no se debe sembrar inmediatamente. La eliminación de CBB en el suelo es posible, dejándolo en barbecho, haciendo rotación de cultivos o liberando la tierra de yuca durante seis meses por lo menos. Todos los residuos de yuca infectados se deben quemar. Se recomienda que haya una buena separación entre cultivos infectados y libres de la enfermedad, debido al pelibro de contaminación por lluvia llevada por el viento, salpicaduras de suelo, insectos, agua de irrigación o de drenajes y cualquier otro medio mecánico o accidental de diseminación de CBB.

SELECCION Y PREPARACION DE MATERIAL PARA SIEMBRA DE YUCA

Julio César Toro M. *
Abelardo Castro M. **
Ernesto Celis A. ***

En el cultivo de la yuca se utilizan trozos de tallo como material de propagación o "semilla".

Las costumbres, creencias y experiencia del agricultor harán que éste obtenga las estacas de la parte basal, media, o superior de la planta, así mismo variará el tamaño y forma de corte de la estaca según la disponibilidad de semilla.

La opinión de los investigadores es muy variada y hasta contradictoria en algunos casos; esto es muy explicable ya que en ocasiones no sólo es diferente el medio ambiente sino también el material vegetal con que se trabaja.

A. Selección

1. Edad de la planta. Es importante tener en cuenta que una estaca demasiado tierna tiene más problemas en el campo que una estaca madura, especialmente si hay escasez de humedad en el suelo. Por otra parte en algunos clones cuando el tallo pasa de cierta edad, más de 18 meses por ejemplo, las yemas se brotan quedando así eliminadas las estacas como material para programación comercial. Se habla aquí de la edad del tallo y nó de la planta porque se quiere hacer resaltar el hecho de que la edad de éste depende del lugar que ocupe en la planta.

   La edad es un factor directamente relacionado con la parte de la planta de la cual es recomendable tomar estacas para utilizarlas como semilla en las siembras comerciales. En una planta muy tierna, de tres meses por ejemplo, sólo se podría tomar una pequeña porción de la sección basal del tallo como semilla para siembra en condiciones de campo. Sin embargo, a medida que la planta tiene más edad y el tallo acumula más reservas se puede ir subiendo

---

* Agronomo
** Agrónomo
*** Ing. Agronomo, Asistente Inv.

en cuanto a la parte de la planta de la cual se toman las estacas. Al utilizar una planta madura (12 meses en condiciones de CIAT) como MCol 673, los tercios basal, medio y aún parte del tercio - apical pueden proveer buen material reproductivo.

Al revisar la literatura se observa que hay diferencia en la recomendación con relación a la edad y parte de la planta de la - cual deben tomarse las estacas para obtener un buen material de propagación. Farlie (6) dice que el prendimiento, número de tallos y rendimiento son independientes de la procedencia basal, media, o apical de la estaca. Delgado (5) y Jeyaseelan (7) encontraron que es mejor la semilla tomada de la parte leñosa (basal) que la de los extremos de la rama. Costa (4) considera apropiado obtener el material de propagación de la parte media de la planta.

2. Diámetro de la Médula. Un indicativo práctico para determinar si una estaca tiene suficiente madurez para resistir condiciones adversas, es que en un corte transversal de la estaca, el diámetro - de la médula central debe ocupar el 50 por ciento ó menos del - diámetro total de la estaca. Estas condiciones pueden encontrarse en cualquier parte de la planta, dependiendo de la edad. Si - tomamos el mismo clon del ejemplo anterior no ya con 12 meses sino con 7 y creciendo en el mismo medio, encontraríamos que las - estacas del tercio apical tendrían una médula muy grande en relación al diámetro total del tallo (más del 50%) y, por lo tanto, no sería recomendable utilizar este material en siembra comercial, pero sí aquél proveniente de la parte basal y media. Si por el - contrario las plantas a utilizar están muy viejas (dos años) - es probable que sólo haya material adecuado en el tercio medio y superior, ya que en el basal se tendría material muy grueso y leñoso, de más difícil manejo en la picada transporte y siembra, además del posible problema de yemas germinadas o atrofiadas según la variedad.

3. Sanidad de la plantación. Es conveniente desechar como fuente - de semilla una plantación afectada por enfermedades que se puedan transmitir por o en la estaca, tales como virosis y bacteriosis, y que afectan la productividad. Ciertos hongos corticales como el que causa el super alargamiento, y otros que afectan el tejido leñoso tales como Diplodia sp., Glomerella sp., etc. también son transmitidos por estacas enfermas. En cualquiera de estos casos se deben desechar aún las plantas aparentemente sanas de una plantación afectada. Si un tallo está afectado por cualquier insecto es conveniente desechar el tallo ó por lo menos la parte afectada (Lozano et al, 8).

4. Viabilidad de la Estaca. Al cortar un tallo de una planta de yuca inmediatamente se observa que de la zona de la corteza fluye unlátex que es característico en las plantas de la Familia Euphobiaceae. La presencia de este látex sirve para determinar si la estaca tiene poder de brotación. El contenido de látex está rela

cionado con el contenido de humedad de la estaca.

Según CIAT (1), si la estaca pierde un 10% de humedad, habrá también una pérdida de un 10% en la germinación pero, si la pérdida de humedad es de 20% habría una pérdida del 50% en la germinación llegando a perderse totalmente cuando la estaca ha perdido el 60% de humedad. Un trozo de tallo desprendido de la planta y expuesto al sol pierde rápidamente el poder de germinación, y en una forma gradual se hace más lenta la aparición del látex y menor la cantidad de éste. Si la aparición del látex es inmediata al corte o demora menos de tres segundos en fluir, se puede asumir que la estaca tiene suficiente humedad y, por lo tanto buen poder de germinación. Si el látex demora más de tres segundos en brotar es preferible no utilizar estacas como material de siembra, a no ser que no se cuente con más semilla de mejor calidad.
Entre más corto sea el tallo más rápido pierde el poder de brotación y es en los extremos apicales donde primero desaparece la posibilidad de obtener nuevas plantas.

Las yemas axilares pueden dañarse con el manipuleo y transporte, por lo tanto es recomendable desechar las estacas que no presenten por lo menos tres yemas buenas.

B. Preparación

1. Tamaño. Se puede obtener una planta de yuca a partir de una estaca muy pequeña, que solo tenga una yema, pero las posibilidades de prendimiento en condiciones de campo son muy escasas especialmente cuando hay deficiencia de humedad en el suelo. El desarrollo inicial se vería afectado si la siembra se hace en suelos pobres ya que la planta por originarse en una estaca muy pequeña tendría pocas reservas para sus primeras etapas de crecimiento. Otro aspecto a considerar es que entre más pequeño sea el trozo de estaca que sobresale del suelo mayor será la competencia que le hagan las malezas. El utilizar estacas demasiado largas, 60 cm por ejemplo, tendría como ventaja la mayor altura inicial de la yuca y el sombreamiento más rápido del suelo lo cual le daría mayor habilidad para competir con las malezas. Consideraciones prácticas de manejo de las estacas y de orden económico, condicionan normalmente el tamaño del material de propagación. Los agricultores generalmente emplean estacas de una longitud que oscila entre los 15 y 25 cm. Dentro de este rango de longitud está la recomendación de algunos investigadores y podría aplicarse mientras no haya un experimento que, en condiciones locales e incluyendo costos de producción, indique que es más conveniente disminuir o aumentar la longitud de la estaca.

Silva (10) dice que hay una correlación positiva entre el tamaño de la estaca y la producción de raíces, siendo recomendable uti-

lizar estacas de por lo menos 30 cm. Chan (3) al utilizar estacas de 8,15 y 23 cm no encontró diferencias en productividad. Rosas (9) al utilizar estacas de 10, 20 y 30 cm encontró el más alto rendimiento con estacas de 10 cm. CIAT (2) trabajando en tres lugares de Colombia encontró que estacas de 40 cm eran las más indicadas.

2. Corte. Una vez está listo el material obviamente libre de plagas y enfermedades, se procede a cortarlo con un implemento bien afilado, procurando hacerlo lo más uniformemente posible, sin desgarramiento de la corteza o astilladuras del leño. Si el corte se hace con machete o cuchillo, es recomendable sostener el tallo con una mano, darle un pequeño golpe con la herramienta, girar el tallo 180° y con un segundo golpe cortar la estaca. Si se trata de cortar las estacas de un solo golpe se lograrán buenos cortes al principio, cuando la herramienta está más afilada y el operario descansando pero no pasaría media hora sin que los cortes sean defectuosos. Cuando los tallos de yuca se colocan en un soporte para trozarlos se causa mucho daño a la estaca; es preferible sostenerlos en el aire mientras se cortan.

3. Tratamiento. El material cortado se puede tratar con un fungicida inmediatamente antes de proceder a sembrarlo para prevenir ataques de hongos del suelo que puedan dañar la germinación y disminuir el vigor de la estaca. Actualmente se recomienda Ditane M-45 (Manebzineb) 2.22 gr/lt de agua y Manzate 80 (Maneb) 1.25 gr/lt de agua.

La solución podría prepararse en una caneca de más de 200 litros de capacidad, utilizando solo 150 litros lo cual daría margen suficiente para cubrir el costal sin que se derrame el líquido. Para unas 10.000 estacas se pueden gastar aproximadamente 30 litros de solución, dependiendo lógicamente del tipo de empaque utilizado. La inmersión de las estacas debe ser por 5 minutos. Para facilidad en el manejo es aconsejable colocar el material dentro de costales de fique, cabuya o enequén de tejido no muy tupido, en un número tal que permita un trato delicado de la estaca y un fácil manejo del costal. Una vez sumergido el costal con las semillas en la solución fungicida, se deja escurrir el exceso de solución y las estacas estan listas para ser sembradas.

REFERENCIAS

1 . - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual 1973 Palmira - Colombia 1974. 75 pp.

2 . - CIAT - Informe Anual 1974, Palmira - Colombia 1975. 95- 96 pp.

3 . - CHAN, SEAK KHEN. Notes on the Growing of Cassava at Serdang. In: Blencowe, E.D. and J.W. Blencowe. Crop Diversification in - Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters, 1970. 139-148 pp.

4 . - COSTA, A.S. Y E. NORMANHA. Notas sobre o Tratamento de Manivas de Mandioca (Manihot utilissima) em Agua Aquecida a Diversas - Temperaturas, Revista de Agricultura, Piracicaba 14, 1939. 227-230 pp.

5 . - DELGADO, TULIO. El cultivo de la yuca en el Perú. In Encontro - de Ingenheiro Agrónomos Pesquisadores en Mandioca dos Paises - Andinos, 1º Campinas, 1970, Trabalhos. Campinas, Instituto Agronómicos de Estado do Sao Paulo, 1970. 11 pp.

6 . - FARLIE, ROBERTO. Tipo de estaca en el Rendimiento de Yuca. In - Encontro de Ingenheiros Agrónomos Pesquisadores en Mandioca dos Paises Andinos. 1º Campinas, 1970. Trabalhos. Campinas Instituto Agronómico de Estado de Sao Paulo, 1970. 7 pp.

7 . - JEYASEELAN K.N. Studies in Growth and Yield of Cassava. Yiel - in relation to size and type of set. Tropical Agriculturist 108 (3), 1951. 168- 171 pp.

8 . - LOZANO J.C. BELLOTTI A., SCHOONHOVEN A. VAN, HOWELER R., DOLL J., HOWELL D., BATES T. Problemas en el Cultivo de la Yuca.CIAT Serie G.P.-16, Julio 1976. 44 pp.

9 . - ROSAS CARLOS. Influencia de la Modalidad de Siembra y Tamaño de la estaca de yuca (Manihot esculenta Crants) La Molina, Perú, - Universidad Nacional Agraria, Programa de Agronomia, 1969. 77 pp.

10 . - SILVA RIBEIRO, JORGE DA. O Programa de Mandioca no Instituto - Agronómico do Estado de Sao Paulo. In encontro de Ingenheiros - Agrónomos Pesquisadores en Mandioca dos Paises Andinos 1º Campinas, 1970, Trabalhos. Campinas Instituto Agronómico do Estado de Sao Paulo, 1970. 100-122 pp.

METODOS DE SIEMBRA Y CUIDADO INICIAL DE LA YUCA

Abelardo Castro M.*
Julio César Toro M.**
Ernesto Celis A.***

Antes de considerar los métodos de siembra debemos tener en cuenta que para sembrar es necesario haber hecho una buena preparación de suelo y propiciar suficiente humedad para un buen prendimiento de la estaca, cualquiera que sea el método de siembra empleado.

A. Métodos de siembra

Hay varios métodos, algunos de ellos con muchas variaciones según clima, suelos y costumbres de los agricultores. Básicamente hay cuatro métodos:

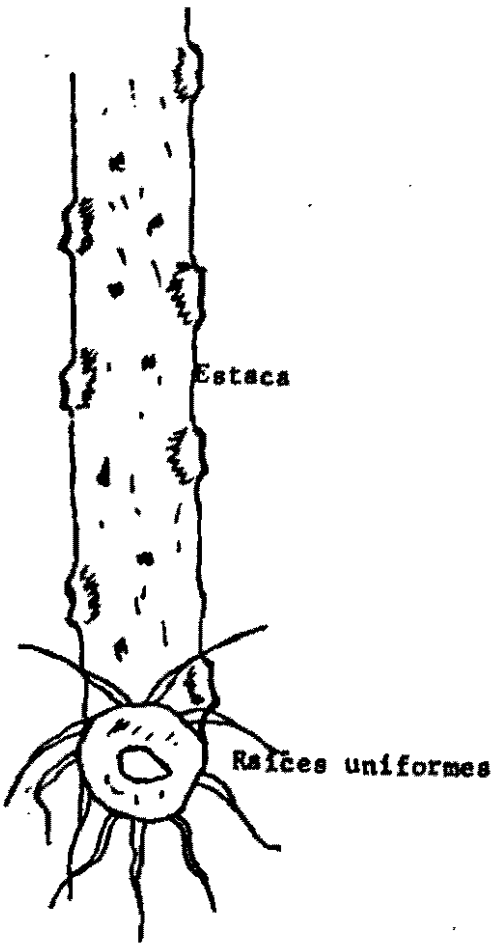
1. En plano: Consiste en sembrar ya sea a mano o con máquina sembradora, en un suelo donde solo se han hecho las labores convencionales de labranza. Se usa mucho en suelos livianos o arenosos de buen drenaje, donde no hay problemas de exceso de humedad que pueda facilitar pudriciones en el cultivo. Estudios realizados por CIAT en los Llanos Orientales de Colombia demostraron que la siembra en plano es favorable cuando se hace en la estación seca.

2. En caballón: Consiste en hacer un caballón de tierra mediante el uso de una zanjadora, vertedera o arado. Estos caballones pueden ser de cresta alta y empinada o cresta ancha. Las estacas se siembran en la cresta del caballón.

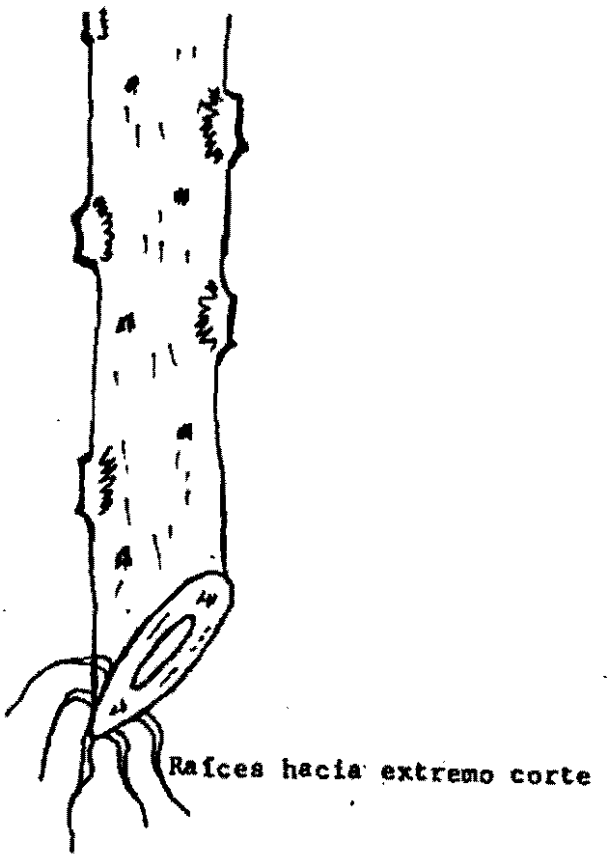
   Este sistema se recomienda para aquellas regiones de alta lluviosidad y donde los suelos son arcillosos o presentan problemas de drenaje. Los surcos entre los caballones facilitan el escurrimiento superficial del agua de lluvia, disminuyendo la incidencia de pudriciones en el cultivo. En los Llanos Orientales de Colombia, la siembra sobre caballones resulta favorable durante la estación húmeda.

---

* Agrónomo
** Agrónomo
*** Ing. Agrónomo, Asistente Inv.



Corte Recto



Corte Bicelado

FIGURA 1.

Si se ha de usar riego por gravedad, el agua de riego se puede controlar mejor por medio de los surcos. Finalmente, cuando los suelos son muy arcillosos, la siembra en caballón facilita la cosecha y en cualquier tipo de suelo este sistema de siembra facilitará esta labor cuando se efectue durante la época seca.

3. Camas: Es un sistema desarrollado en CIAT el cual consiste en conectar a la parte trasera de un rototiller un conformador, al cual da la forma de un trapecio a la cama. Estas camas pueden ser de ancho y altura variable según el implemento y el tipo de suelo.

Estos dos últimos sistemas se usan preferiblemente en suelos medianos y pesados y principalmente donde hay problemas de exceso de humedad en el suelo.

En estos tres tipos de siembra se puede sembrar manual o mecánicamente.

No se recomienda hacer caballones o camas en suelos arenosos, puesto que no duran mucho.

4. Corona o Luna : Consiste en montículos de tierra en forma más o menos cónica en los cuáles la yuca se siembra en el ápice del cono. Este sistema es hecho a mano, generalmente con azadón, y reemplaza al caballón en aquellas regiones donde no existe disponibilidad de maquinaria agrícola.

B. Corte de la Estaca.

El ángulo de corte de la estaca puede ser recto o bicelado. Se ha observado en el campo que cuando se usa un solo golpe de machete por corte, éste tiende a resultar bicelado. Al dar dos golpes de machete por corte, éste resulta generalmente recto. Como consecuencia de esto, se ha observado que más raíces nacen de la estaca cortada en ángulo recto que de la bicelada. (Fig. 1).

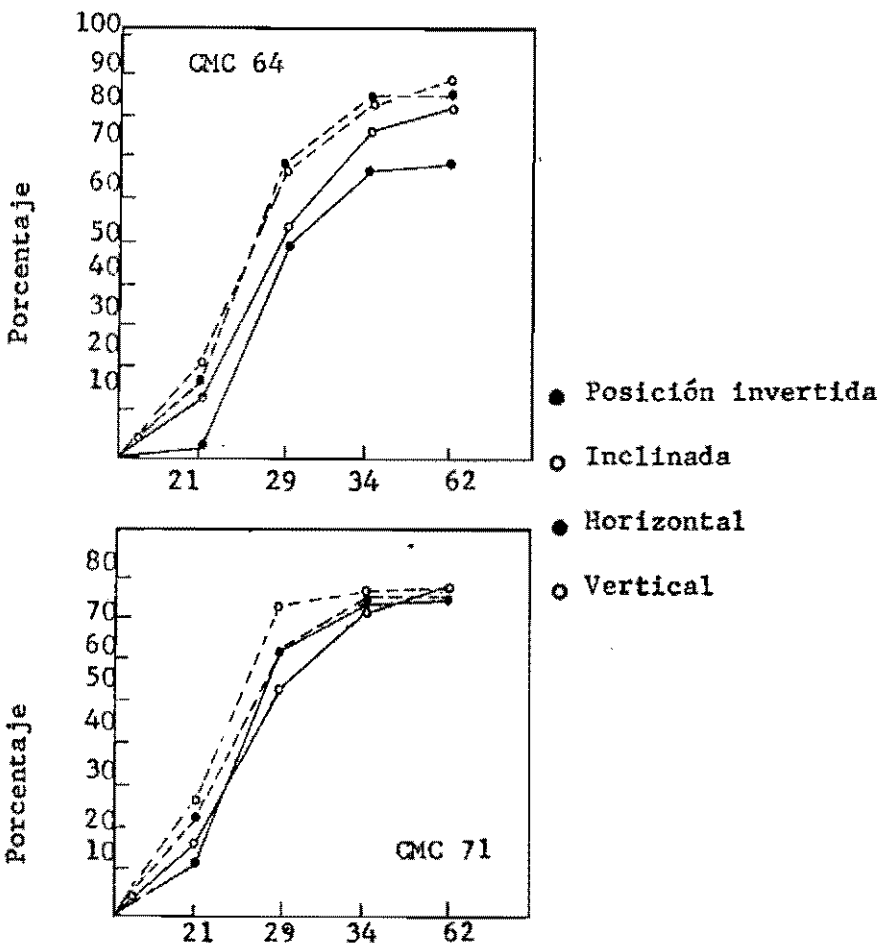
C. Posición de la Estaca.

En cualquiera de los métodos tratados anteriormente, la posición de la estaca puede ser:

1. Vertical. Consiste en introducir la estaca en forma vertical dejando dentro del suelo por lo menos cuatro yemas que garanticen un buen prendimiento. En esta posición las raíces tienden a formarse en el extremo inferior y se distribuyen en forma radial más ó menos uniforme.

2. Inclinada. La estaca es introducida en el suelo en una forma tal que hace un ángulo de aproximadamente 45 grados. En este caso las raíces siguen la dirección del ángulo de la estaca. Para algunos agricultores, esta forma de siembra facilita la cosecha por la forma en que se desarrollan las raíces.

Fig. 2 Germinación de cangres de yuca sembrados en cuatro sistemas diferentes . Cultivares CMC 64 y CMC 71



3. Horizontal. En esta posición la estaca queda acostada en forma horizontal y completamente cubierta por el suelo. Es la única posición que hasta el momento se ha podido utilizar con máquina sembradora. También se puede sembrar a mano pero tanto en el caso mecanizado como manual hay que abrir un surco antes de colocar la estaca. En esta posición las raíces tienden a formarse generalmente en el extremo opuesto a la dirección de las yemas. Si las estacas son muy largas pueden formarse raíces a lado y lado de ésta.

4. Otra forma usada por agricultores consiste en poner dos estacas horizontales con las yemas opuestas. En CIAT no se ha medido el efecto de esta modalidad.

Una variación a las posiciones vertical e inclinada es la siembra en tres bolillo, la cual permitirá una mejor utilización del cubo de suelo y de la radiación solar. CIAT ha iniciado un estudio para medir esta variable.

D. Germinación de las estacas bajo condiciones de campo.

En CIAT se sembraron estacas de 15 cm de largo de los cultivares CMC 71 y CMC 64 en posición vertical, horizontal, inclinada y vertical invertida (con las yemas axilares hacia abajo). Las estacas sembradas verticalmente emergieron más rápidamente en ambos cultivares (Fig.2); aquéllas sembradas en forma invertida fueron las más lentas. Para la variedad CMC 71 la germinación final fué similar para todos los tratamientos y en la CMC 64 las estacas invertidas fueron inferiores en germinación a los demás tratamientos.

E. Profundidad.

En cualquiera de los métodos y posiciones considerados anteriormente las estacas se pueden sembrar superficial ó profundamente.

En todo lo anteriormente mencionado existen muchas discrepancias en la literatura.

Dichas discrepancias pueden ser debidas a que los resultados reportados provienen de experimentos en diferentes países, y aún dentro del mismo país de regiones diferentes en clima, suelo, precipitación altura y aún latitud.

Hay que usar un buen criterio práctico; así por ejemplo, si vamos a sembrar en suelo arenoso y seco, deberíamos sembrar la estaca a mayor profundidad, que si vamos a sembrar en suelo pesado y húmedo.

En este último caso hay que tener en cuenta que cuanto más profundo se siembre más se dificultará la cosecha y por tanto se podrían aumentar los costos de producción.

F.. Cuidado inicial

1. Patógenos. El suelo es un lugar donde abundan una serie de patógenos que pueden perjudicar la germinación de las estacas y el desarrollo inicial de las planticas de yuca. Tratar las estacas por inmersión en una solución fungicida es una práctica muy recomendable. Este tema ya fué discutido en una sección anterior.

2. Insectos. Hay varios insectos que pueden causar daño a la planta en sus primeros estados: a) Larvas de Lepidópteros y Coleópteros (chizas) que destruyen las raíces recién formadas y/o la base de los brotes que están dentro del suelo causando la muerte de la planta. b) Adultos de Orthopteros (grillos) que destruyen el leño de la estaca.

   c) Larvas de Dípteros que atacan el cogollo.
   d) Thirps que también atacan los brotes de la planta.

   Estudios realizados en CIAT concluyeron que cuando las chizas (estado larval del coleóptero de tierra Scarabaeidae) no se controlaron hubo un 95 por ciento de pérdida de germinación. Los insecticidas aldrín (60 kg/ha)y carbofuran (3 g/m^2) en forma granulada, dieron buenos resultados con 80 y 73 por ciento de germinación, respectivamente. Cuando el carbofuran se aplicó bajo la estaca, la germinación fue de un 92 por ciento.

   Las larvas de dípteros pueden controlarse con aspersiones de dipterex y los trips con aspersiones de Diostop en solución acuosa al 0,25%. Las hormigas son insectos que pueden destruir completamente el follaje de las plantas, ocasionando en algunos casos posterior secamiento del tallo cuando la planta está muy pequeña; la forma más efectiva de control es atacarlas en sus propios nidos u hormigueros regando alrededor de las entradas un insecticida que podría ser el Octacloro.

   Para el control de las larvas de Lepidópteros y Coleópteros, el Programa de Agronomía de Yuca había estado aplicando toxafeno DDT- 40-20 a razón de un galón/ha en 400 lts de agua inmediatamente después de la siembra, con buenos resultados . Sin embargo este año dicho control, por causas que aún ignoramos, no ha sido efectivo y resultó en fuerte ataque de tigreros y consecuente pérdida de plantas en las localidades de Bucaramanga y CIAT. Vale la pena anotar que en este caso yuca siguió a un cultivo de graminea en Bucaramanga y Fríjol en CIAT.

3. Malezas. Las malezas pueden causar grave daño a las plantas en los primeros estados de crecimiento, por lo tanto hay necesidad de protegerlas con herbicidas o con desyerba manual.

Hay varios herbicidas que podrían usarse en el control de malezas entre otros, lasso, diuron y lunuron, aplicados después de la siembra, pero antes de que comiencen a brotar las yemas, o sea que no se debe dejar pasar de 4 días para realizar esta labor. Si el control es manual, la primera desyerba debe hacerse entre los 20 y 30 días después de la siembra dependiendo lógicamente de la población y estado de crecimiento de la maleza .

4. Agua . La falta de agua puede causar grandes pérdidas en germinación si esta deficiencia ocurre en los primeros 20 días. También puede causar pérdidas de plantas cuando la sequía es muy severa y las plantas muy pequeñas. Por consiguiente cuando no hay humedad suficiente se debe dar un riego dejando el suelo a capacidad de campo. Si no existen posibilidades de riego y durante el período de siembra no ha llovido en 4 días seguidos, es recomendable parar la siembra y esperar a que llueva.

EFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE LA YUCA

Abelardo Castro M.*
James H. Cock**
Julio César Toro ***

La yuca es una buena fuente de carbohidratos (Vries et al, 1967) la cual puede incrementarse con prácticas culturales mejoradas. Dado que el producto final del cultivo de la yuca no se usa como material de siembra, el aumento del uso de material reproductivo no afecta la cantidad de producto comerciable y por lo tanto, el aumentar la población de plantas por hectárea sería una forma económica de aumentar el rendimiento.

En un estudio preliminar sobre uso de fertilizantes y densidad de población en yuca, se obtuvo aumento de rendimiento al aplicar fertilizante bajo condiciones en las cuales la densidad de población no influyó en el rendimiento (CIAT, 1970). Calderón (1972) obtuvo aumento de rendimiento hasta 30.000 plantas/ha con una variedad y en otro caso prácticamente no obtuvo variación en rendimiento con poblaciones de 10 a 30.000 plantas/ha. En los suelos del CIAT, las poblaciones mejores parecen estar entre 2 y 10.000 plantas/ha dependiendo del cultivar. Poblaciones mayores inducen a una rápida declinación del rendimiento (CIAT, 1972).

Tipo de planta versus población

A la luz de los resultados experimentales se puede decir que en el cultivo dela yuca existe una densidad de siembra óptima y que ésta varía con el cultivar.

La utilización de los ensayos sistemáticos (Abanicos) de población han proporcionado mucha y valioso información sobre respuesta a densidad de siembra. El rendimiento de materia seca total aumentó con la población en las variedades MCol 22 MMex 11 (Fig. 1), en cambio MCol 1080 y 1438 no mostraron respuesta hasta cerca de 40.000 plantas/ha donde el rendimiento total bajó. Sin embargo, MCol 1467, mostró una fuerte baja de rendimiento total de materia seca con poblaciones mayores de 10.000 plantas/ha (CIAT, 1974).

El contenido de materia seca en las raíces de MCol 22 fue el más alto, dando 22 toneladas/ha de materia seca, mientras que las raíces de MMex 11 rindieron 19 toneladas/ha de materia seca (Fig. 1).

* Agrónomo, Programa Prácticas Culturales de Yuca, CIAT
** Fisiólogo, Líder Programa de Yuca, CIAT
*** Agrónomo, Programa Agronomía de Yuca, CIAT

En CIAT se seleccionaron dos variedades de porte bajo y dos de porte alto, con diferentes hábitos de ramificación. Se emplearon poblaciones entre 2.500 y 40.000 plantas/ha y el ensayo se cosechó a los 12 meses - (CIAT, 1975).

La Fig. 2 muestra que en todos los tipos de planta el peso total de raíces frescas aumenta con la población.

Esta población podría ser una buena característica para el cultivo industrial de la yuca. Sin embargo, es necesario encontrar una población óptima para la producción de raíces comerciales para consumo fresco (más de 25 cm de largo y 5 cm de diámetro). Para las variedades de porte bajo y las altas de hábito erecto, esta población resultó ser - 10.000 plantas/ha, en cambio para la variedad alta de hábito ramificado fue de 5.000 (Fig.3), bajo las condiciones del CIAT.

De los resultados expuestos se deduce la importancia de analizar cada variedad por separado, ya que cada una tiene una constitución genética diferente, la cual determina su capacidad potencial de rendimiento.-

Actualmente se estan llevando a cabo en tres regiones ecológicamente diferentes de Colombia, ensayos con diferentes tipos de planta, cuatro poblaciones y dos niveles de fertilización. Ensayos previos realizados por CIAT (CIAT, 1974) en diferentes zonas demostraron que las poblaciones óptimas varían según las características ecológicas. En general, suelos pobres responden bien a incrementos en la población, en suelos fértiles la respuesta a incrementos en la población va a depender del hábito de - crecimiento de la variedad.

En resumen, se ha observado que a medida que aumenta la población - de plantas/ha el rendimiento total también aumenta; pero el número de - raíces por planta, tamaño de raíces e índice de cosecha disminuyen, mientras que el control de malezas por competencia mejora.

Las implicaciones fisiológicas de la población/ha en el rendimiento por hectárea, Se discuten en otra sección de este curso.

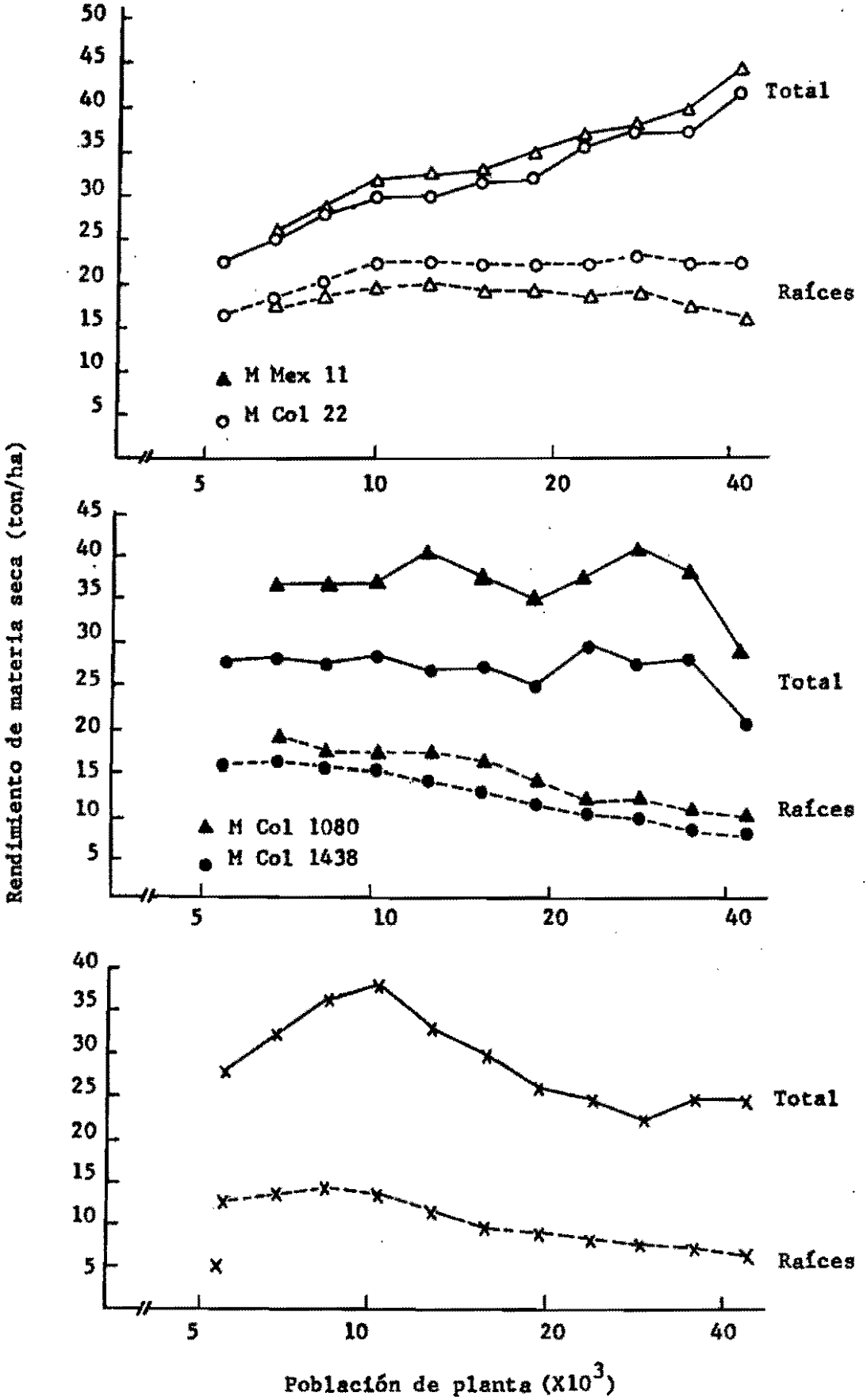
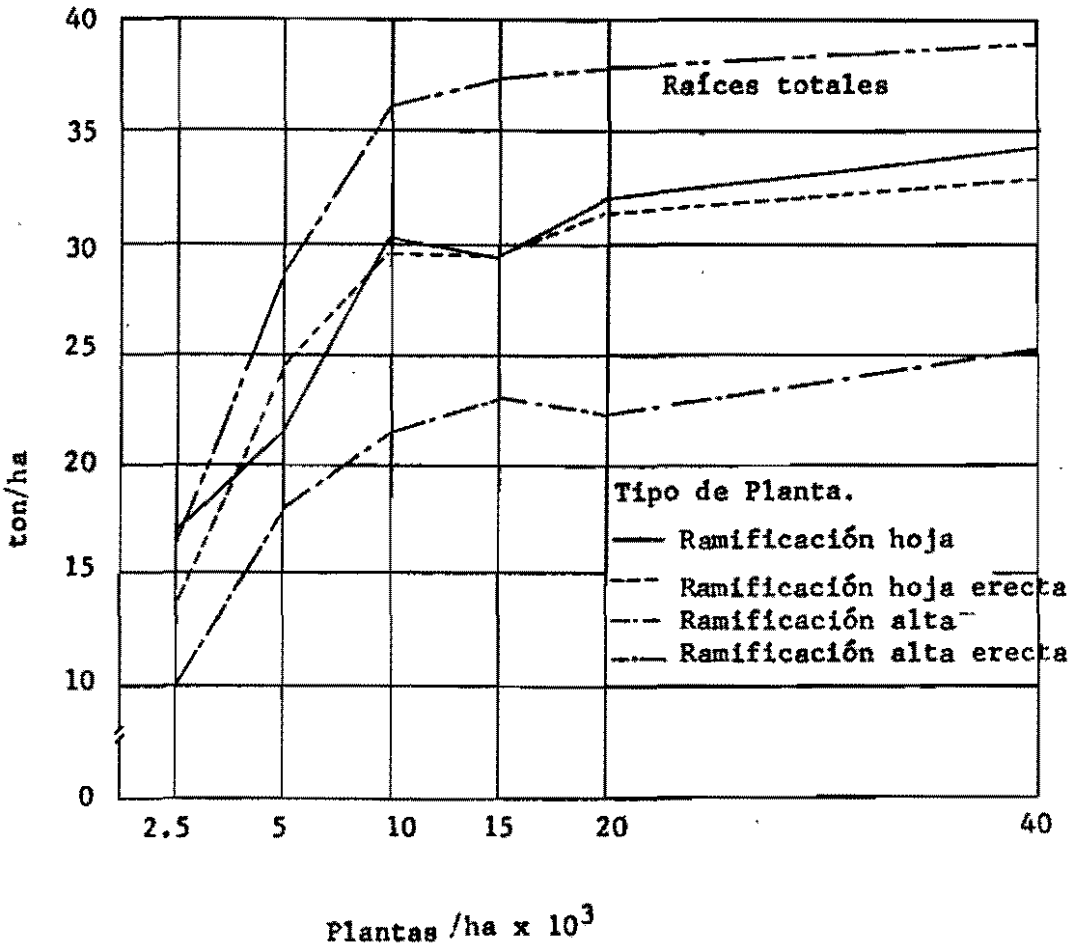


Figure 1.- Rendimiento de materia seca total y en las raíces de cinco variedades de yuca once meses después de la siembra



Figur· 2. Efecto de la población sobre el rendimiento (peso fresco) del número total de raíces de cuatro diferentes tipos de planta

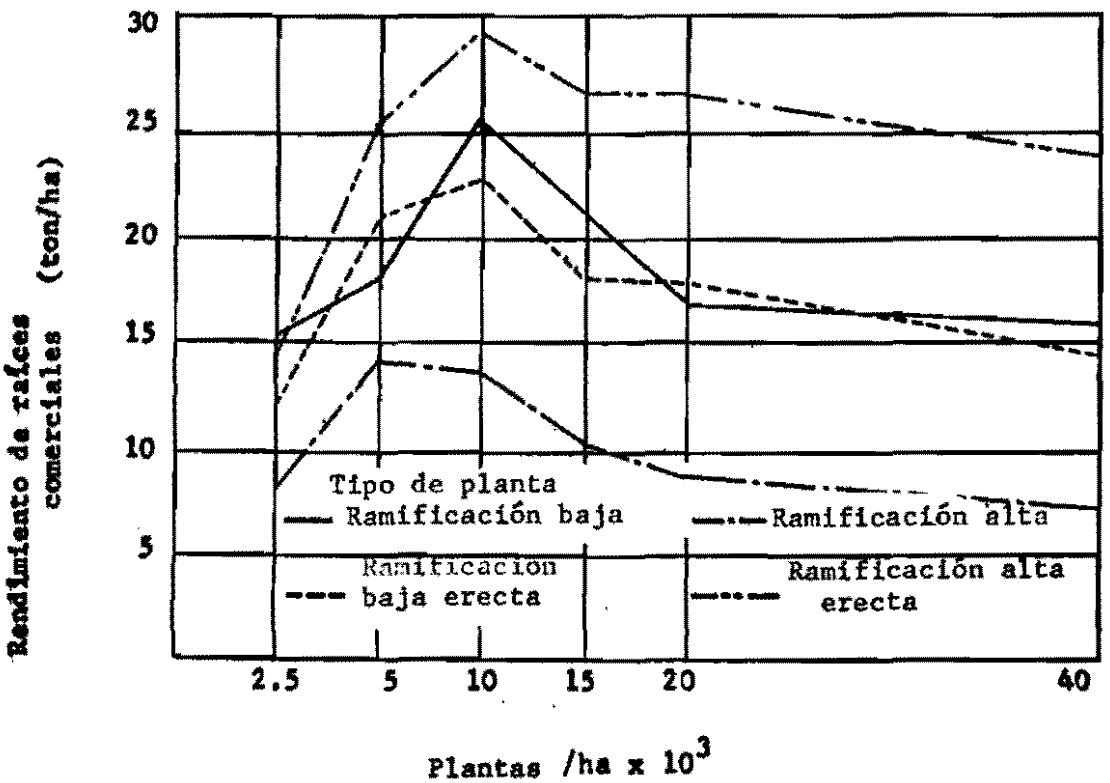


Figura 3.- Efecto de la población sobre el rendimiento de peso fresco de raíces comerciales de cuatro tipos diferentes de plantas

REFERENCIAS

1.- CALDERON, H. 1972. Thesis, Ing. Agrónomo Facultad de Agronomía, Universidad de Caldas, Colombia 55 p.

2.- CIAT, 1970. Annual Report, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali - Colombia.

1972. Informe Annual, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia

3.- _____1974. Annual Report, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali - Colombia.

4.- _____1975. Informe Annual, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali - Colombia.

5.- VRIES, C. A. de, FERWEDA, J.D. y FLACH, M. 1967. Neth. J. Agr. Sci. 15,241

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 crosincopatibilidad, 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, frijol 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. Frijol 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, maiz 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 caloría 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 genetica 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 caractefísticas 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 (hibridos F_1) en tales características como indice de cosecha (Fig. 1), contenido de materia seca en la raiz (fig. 2) y el grado de pudrición de raiz (Fig. 3). La correlación en rendimiento de raiz 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 raiz, 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 traves 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 bajo de su nivel potencial o nivel máximo de productividad. Hasta ahora la yuca ha recibido muy poca atención de parte de los fitomejoradores. Botanica 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 cual vamos a recomendar. El enfasis de trabajo se mueve gradualmente hacia resistencias a enfermedades, insectos y otros facotes 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 Dasa and Mario Rios. (in press). Hybridization and selection for productivity in cassava (Manihot esculenta Crantz).

Kawano, Kazuo; Pablo Dasa, Alvaro Amaya, Mario Rios and Wania M. F. Goncalves. (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 S_1 Genotipos	Rdto. (k/plant) S_1	Rdto. (k/plant) Padre	Planta total (k/plant) S_1	Planta total (k/plant) Padre	Indice de cosecha S_1	Indice de cosecha Padre	Altura planta (m) S_1	Altura planta (m) 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		1.93
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

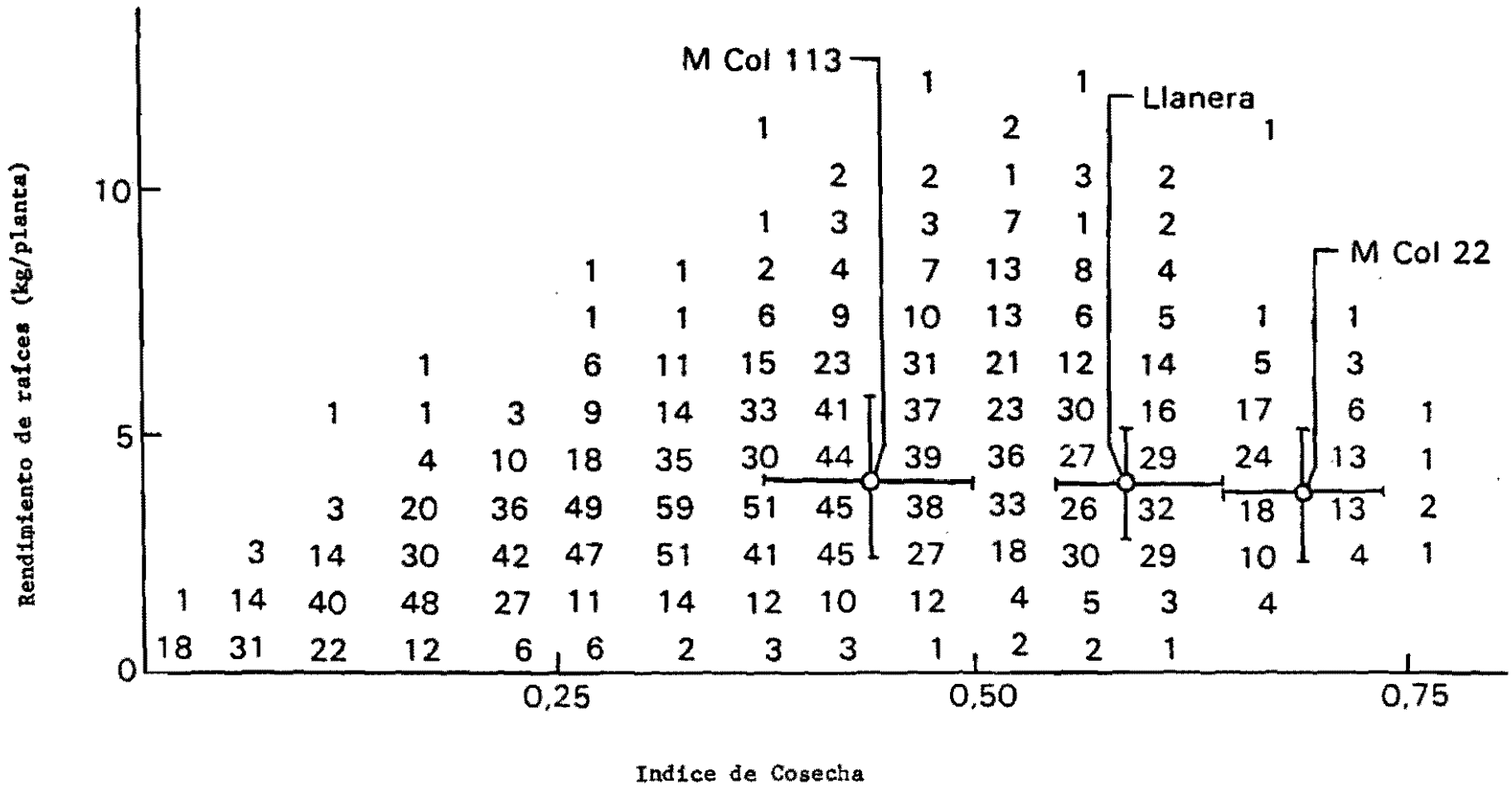


Fig. 1. Relación entre el índice de cosecha y el rendimiento de raíces de 1900 cultivares evaluados en surcos simples (El número representa el número de cultivares y los valores de los cultivares testigos se muestran con la desviación estandar)

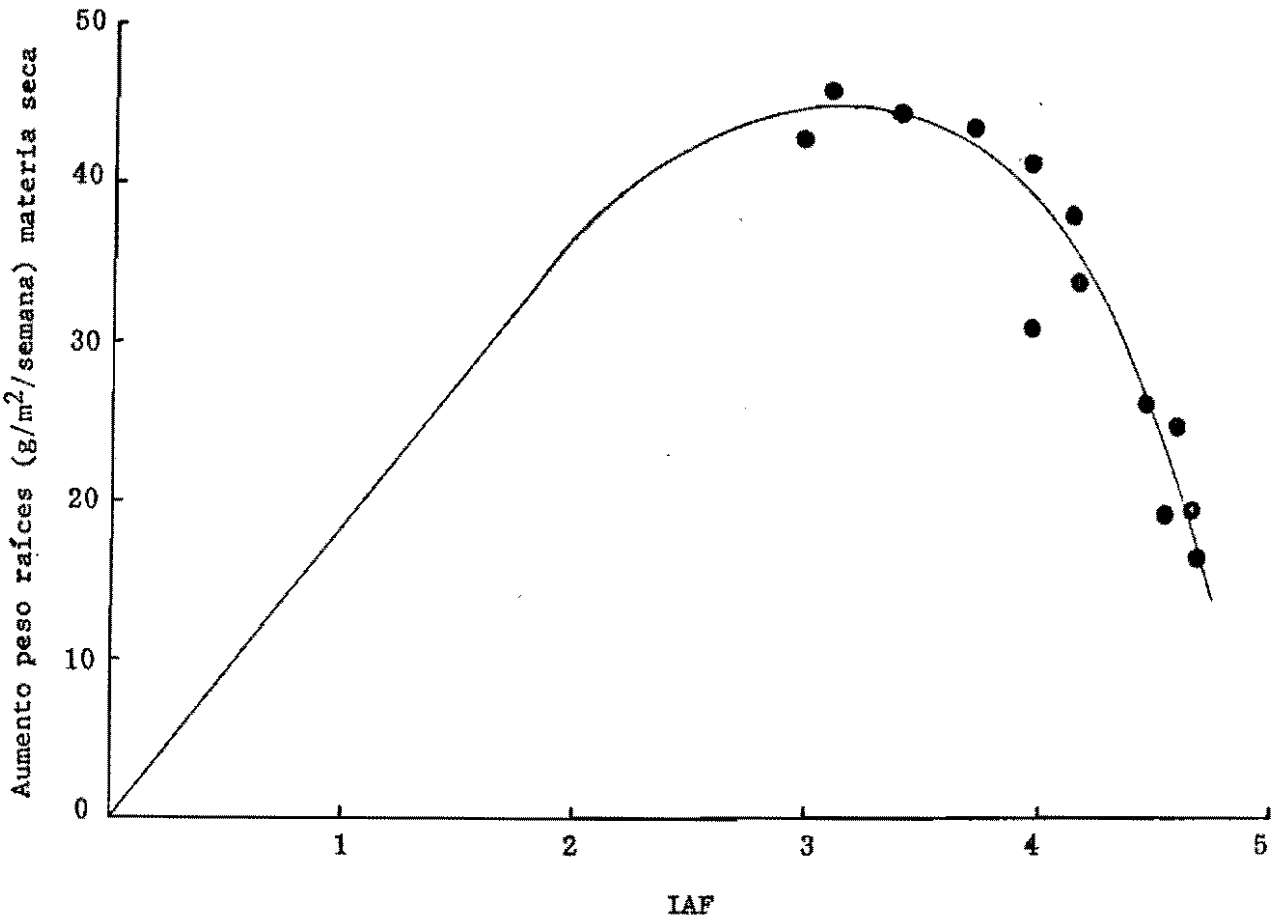


Fig. 2. Aumento del peso de las raíces como una función del IAF en la variedad M Col 113 en CIAT. (Cock, CIAT, 1975)

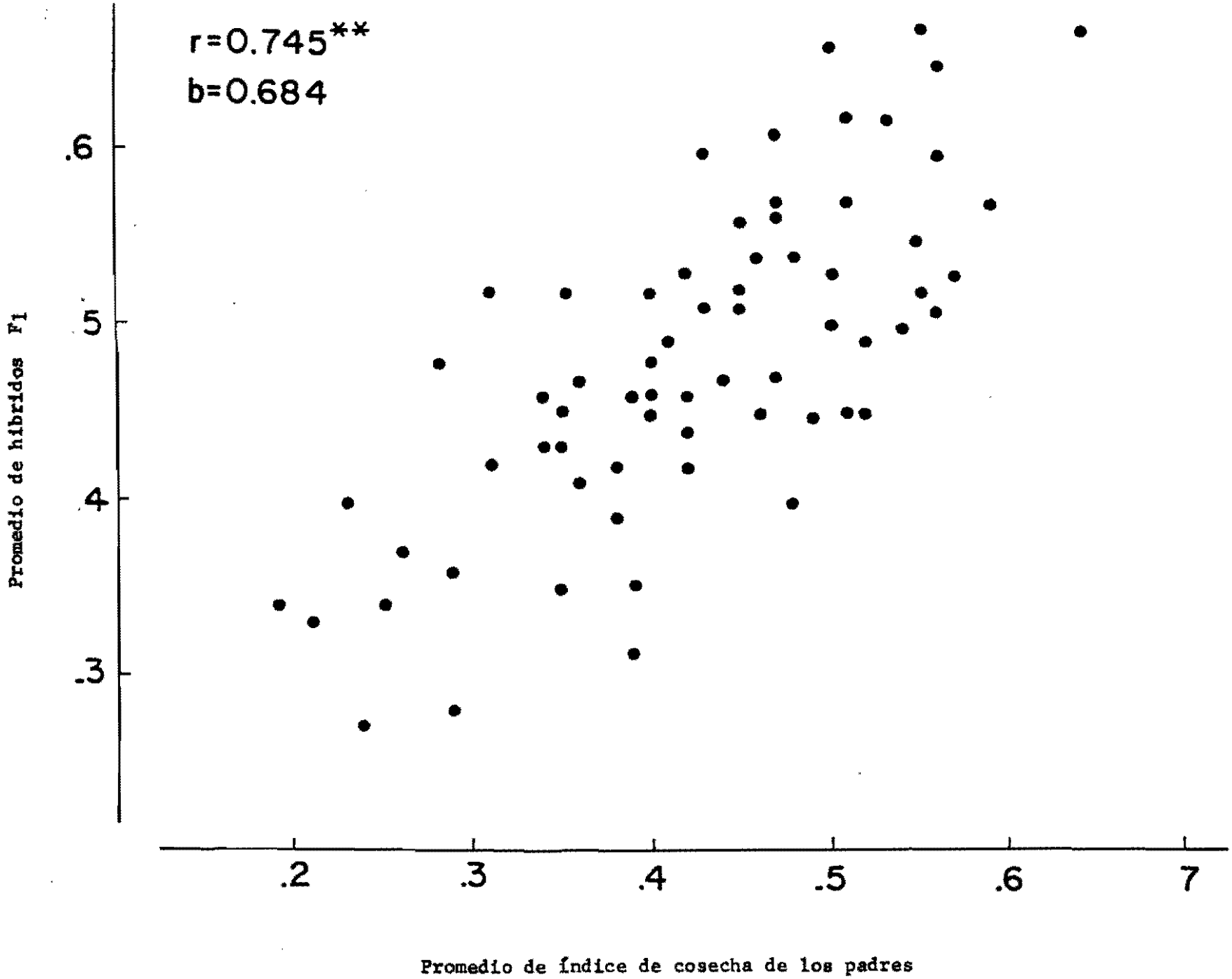


Fig. 3. Relación entre los padres y sus hijos en índice de cosecha.

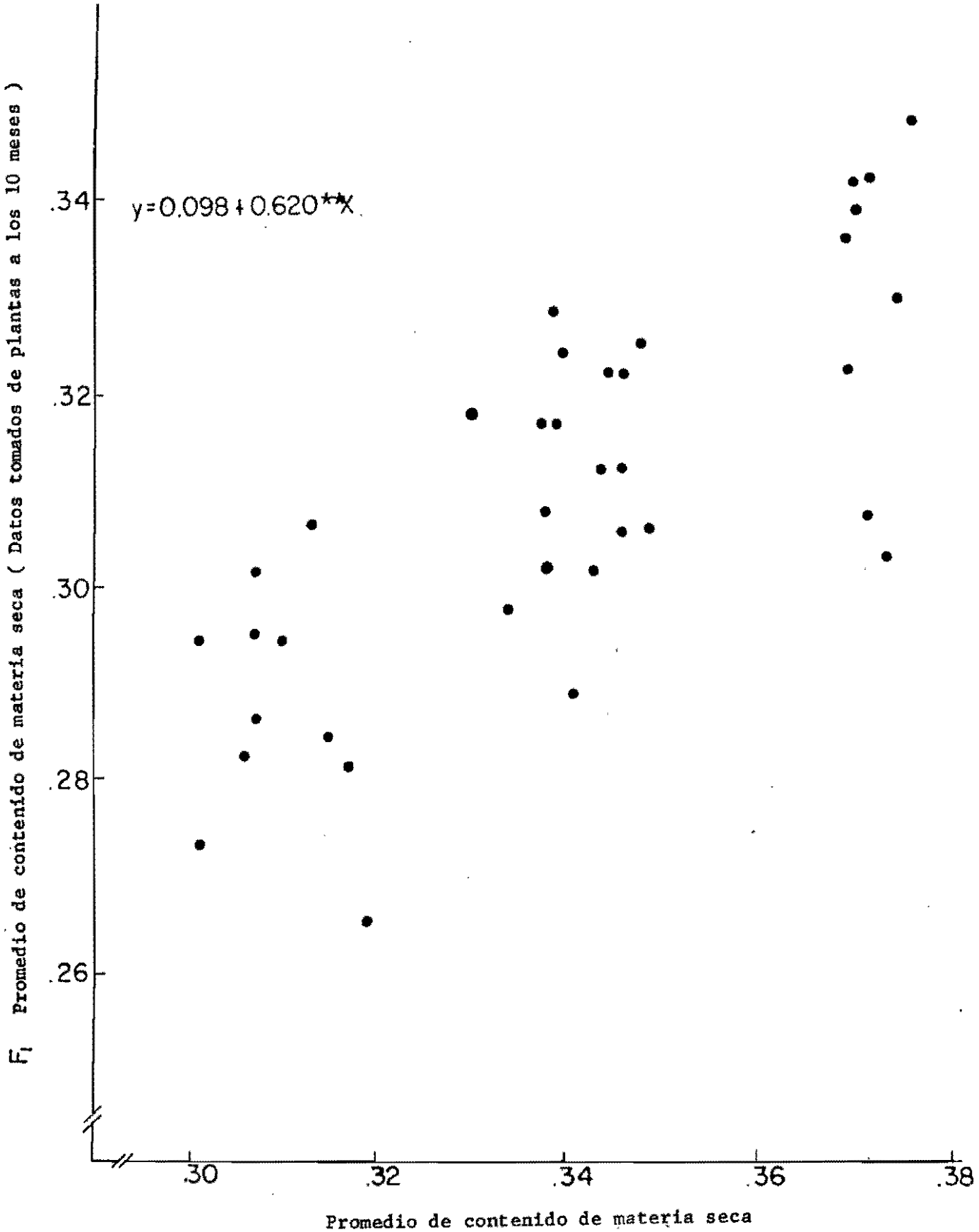


Fig. 4. Relación entre los padres y sus hijos en contenido de materia seca (Datos tomados de surcos individuales en CIAT).

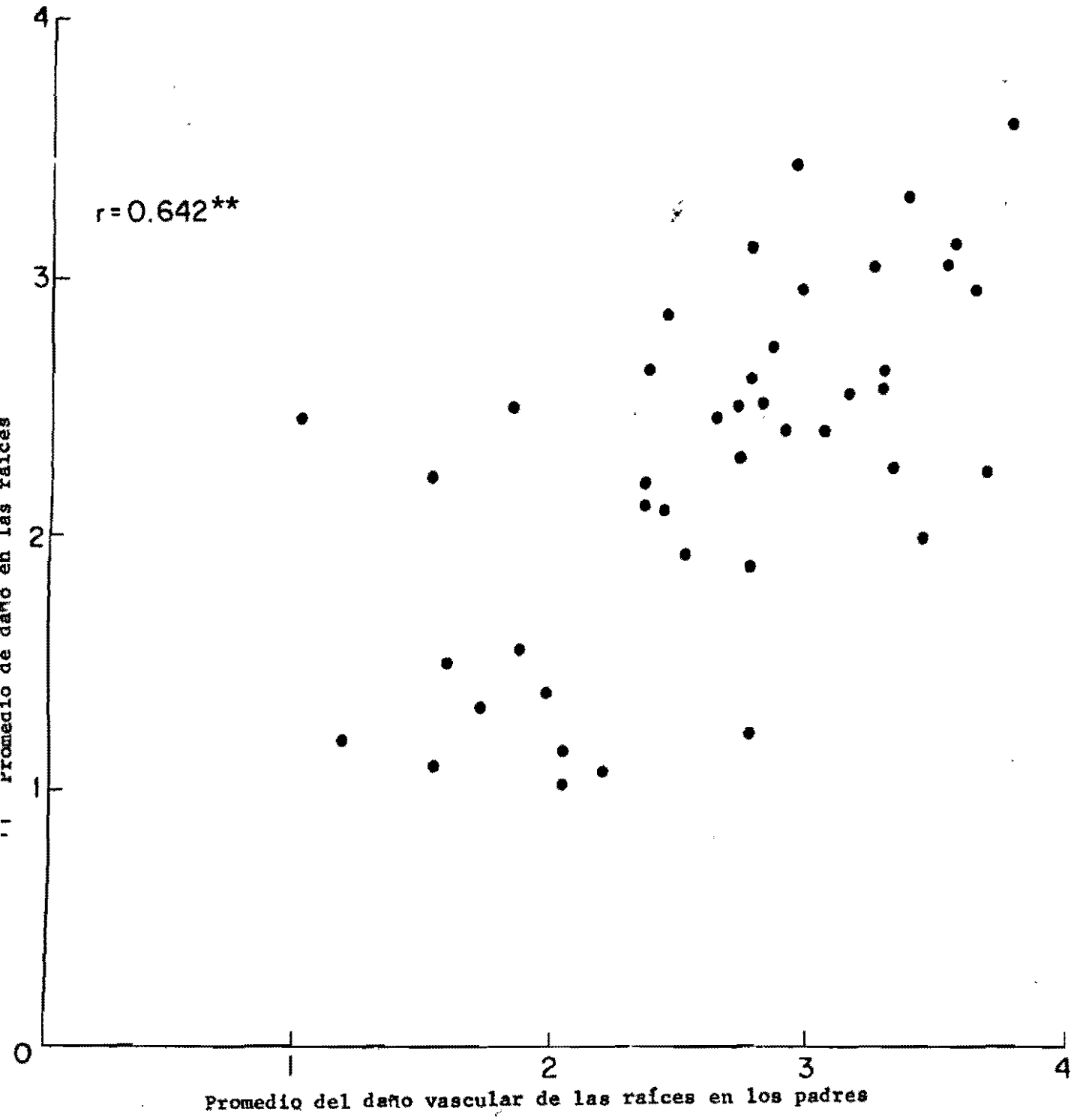


Fig. 5. Regresión del promedio de F_1 en la mitad de los padres en la deterioración de las raíces posterior a la cosecha (calificación para daño en la raíz o ningún daño o daño total).

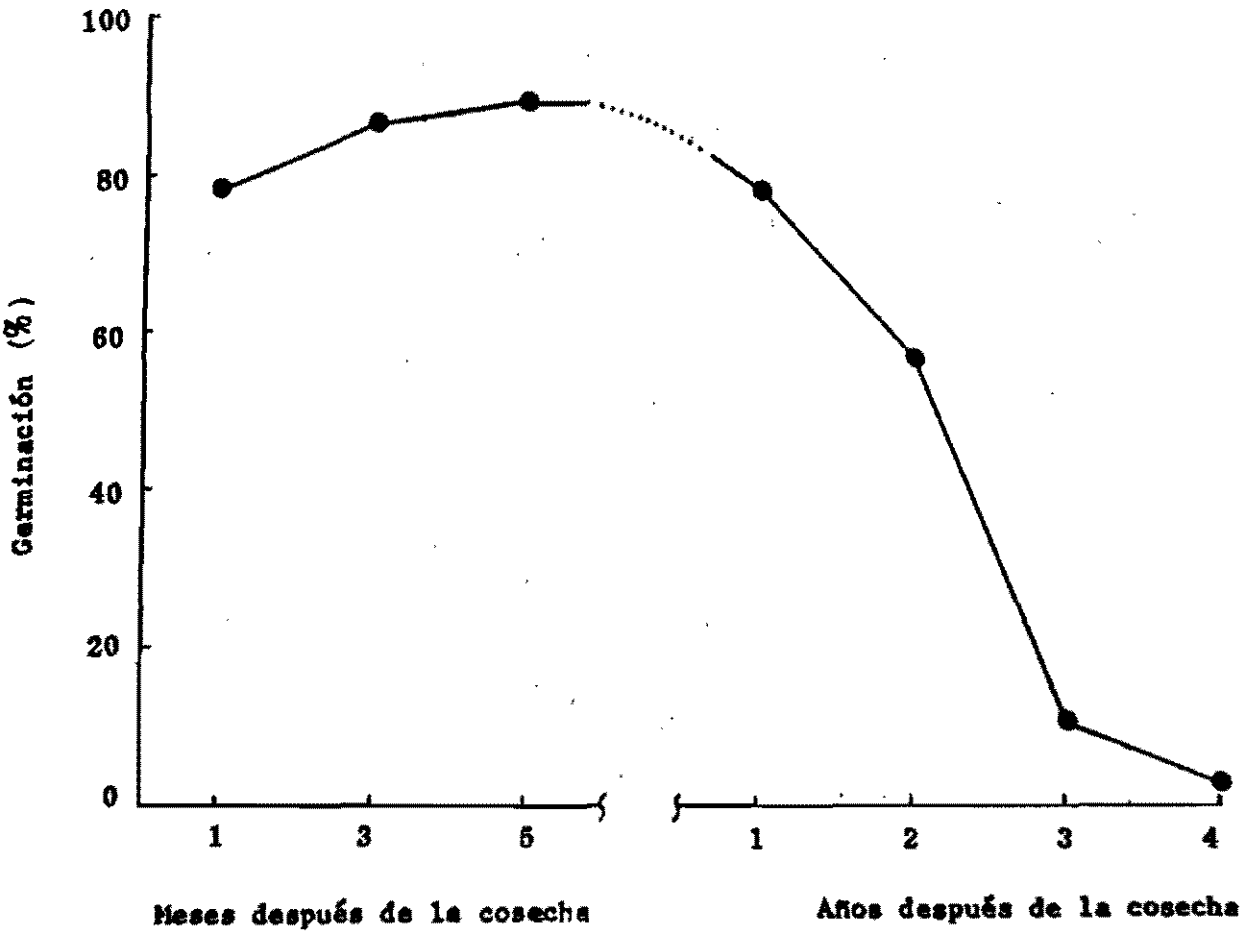


Fig. 6. Germinación de semillas de yuca con diferentes períodos de almacenamiento a 24°C de temperatura. (Cada punto representa el promedio de varias poblaciones genéticas).

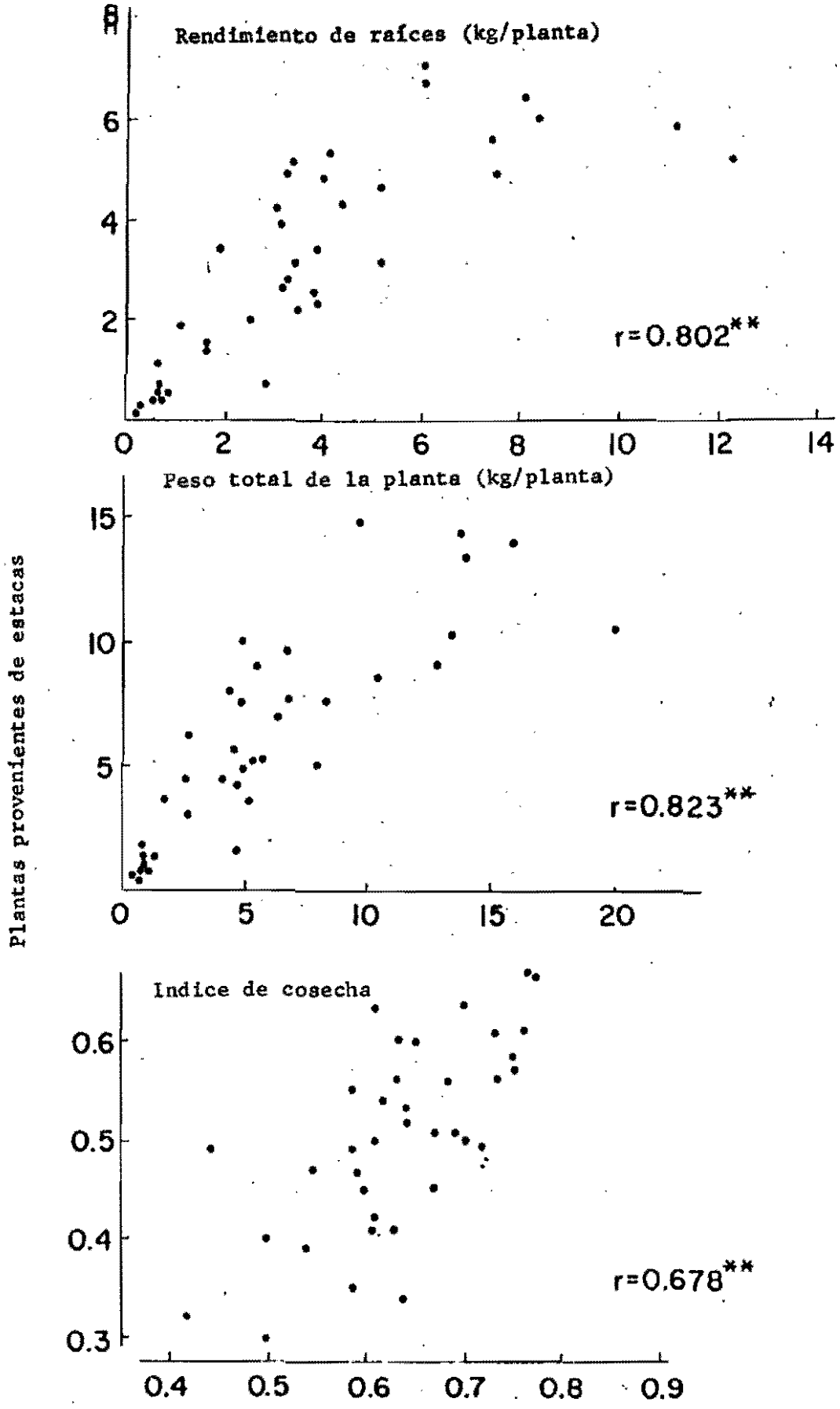


Fig. 7. Correlación de datos de cosecha 7 meses después de la siembra entre plantas del mismo genotipo provenientes de semillas y de estacas en CIAT.

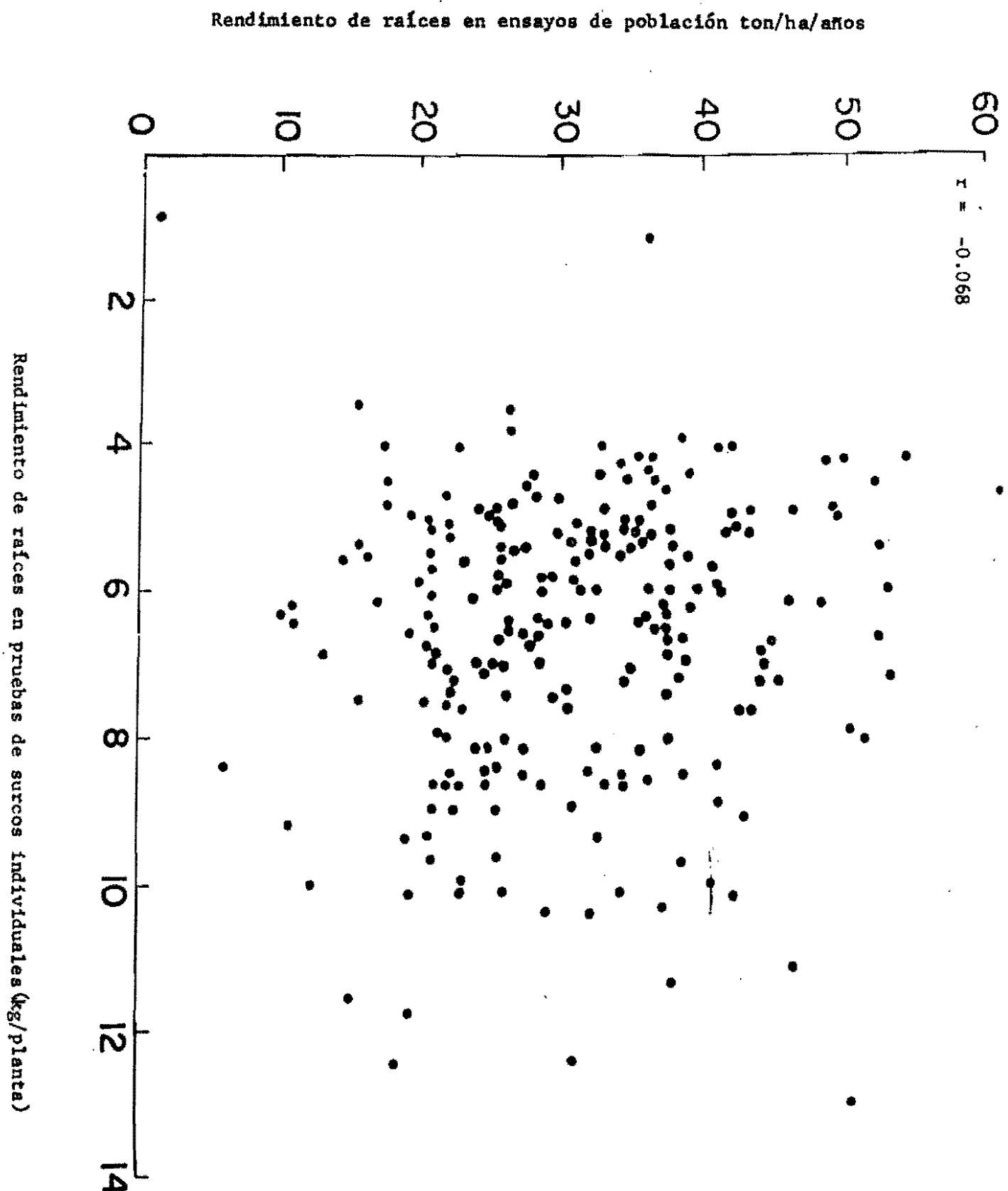


Fig. 8. Relación entre el peso fresco de raíces en ensayos de surcos individuales y ensayos de población en CIAT.

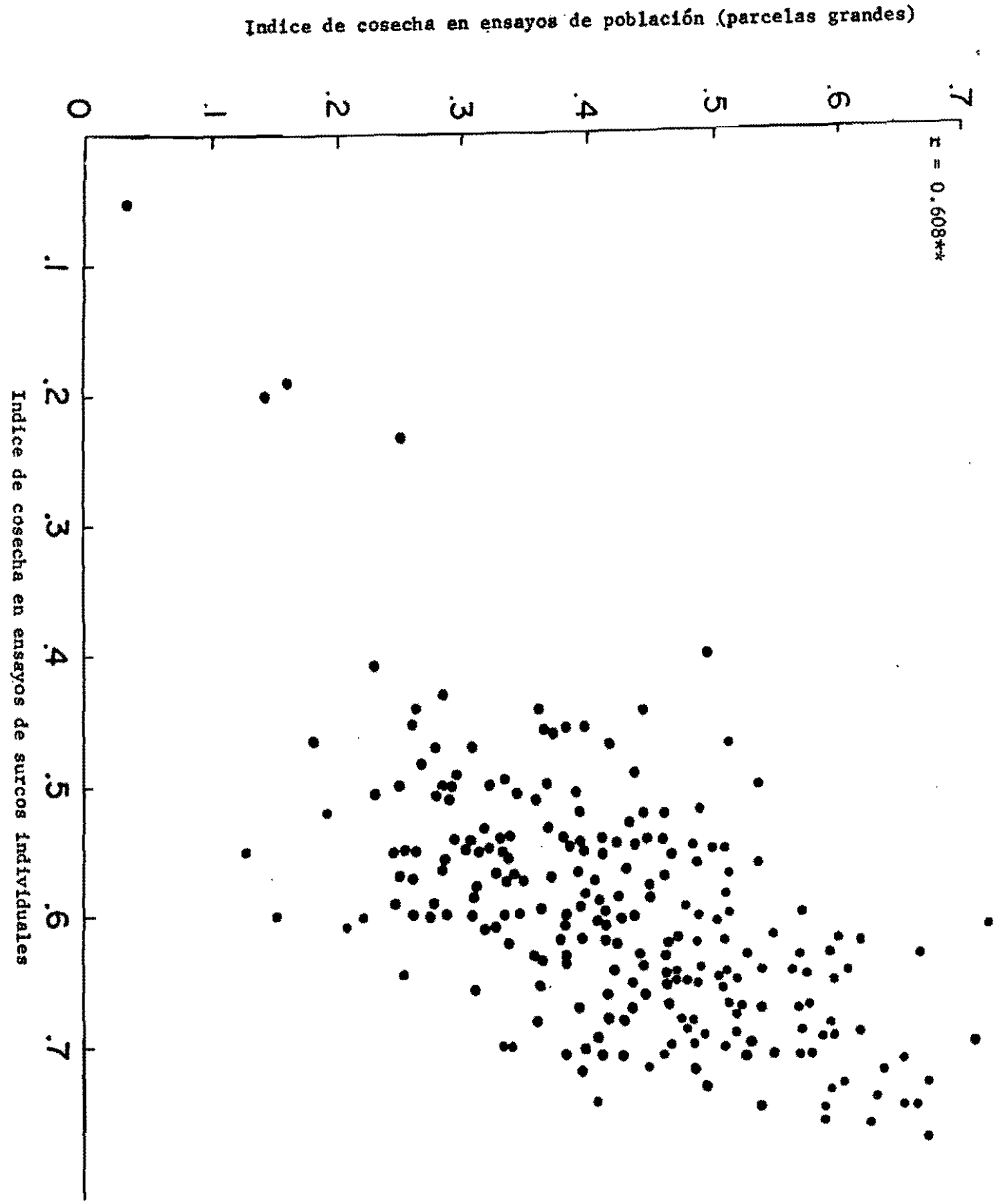


Fig. 9. Relación entre el índice de cosecha en ensayos de surcos individuales y en ensayos de población en CIAT,

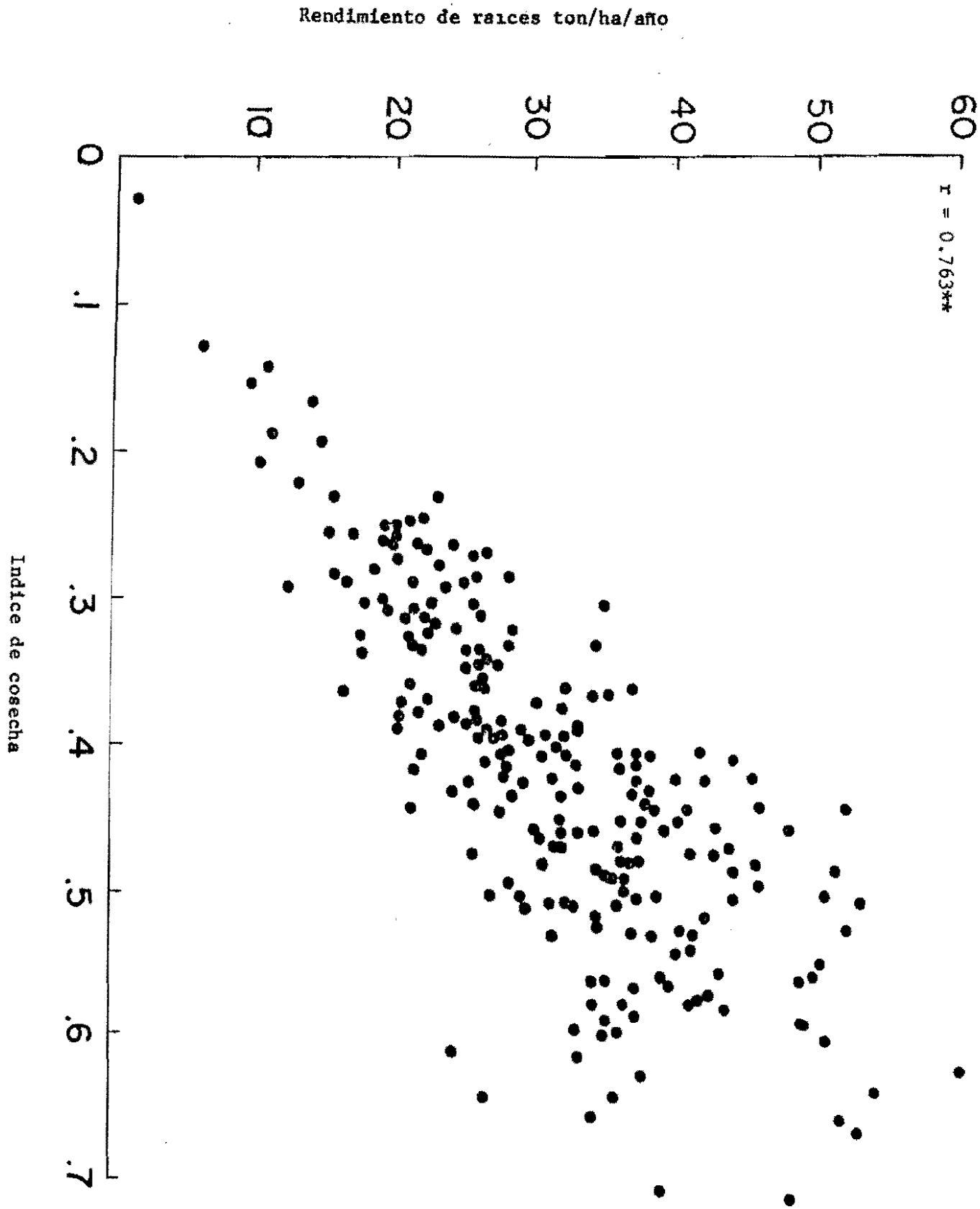


Fig. 10. Relación entre el índice de cosecha y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

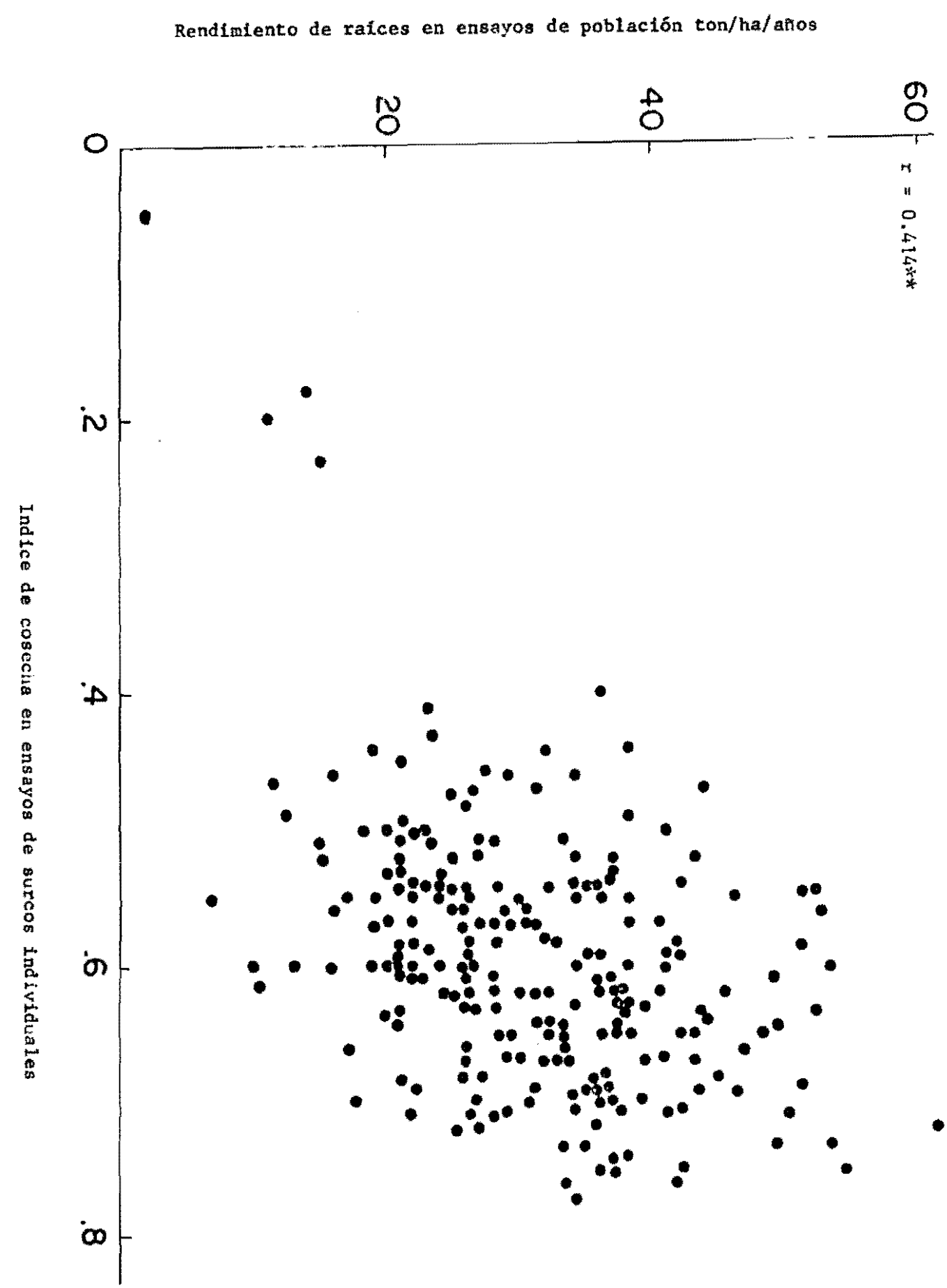


Fig. 11. Relación entre el índice de cosecha en ensayo de surcos individuales y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

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 instituciones, 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, necro - sis 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 acuosa 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.

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

Fig. 1. Añublo bacterial de la yuca. Síntomas típicos de marchitez y de muerte descendente inducidos por el agente causal del Añublo Bacterial

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. 2. Añublo bacterial de la yuca. Lóbulos de hojas de yuca mostrando manchas angulares y añublo foliar

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.

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 pecíolos, 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 mótil por medio de unos pocos flagelos perítricos; 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 pecíolos 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, mótil 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.

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).

Fig. 5. Mosaico Común de la yuca (Mosaico Americano). Lóbulos de hojas de yuca con síntomas moderados y severos del mosaico común de la yuca.

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 20-45μ 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 10-50μ de tamaño; muy rara vez alcanzan a medir 100μ 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 (100μ 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 10-13μ. 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 Mycosphaerella 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 efectua 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

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.

Fig. 8. Manchas foliares inducidas por Phyllosticta (Phoma sp). Lóbulos con lesiones grandes, marrones, con anillos 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, peciolos 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 50-150 μ de tamaño. Las conidias son cilindro-obclavadas y miden 4-6 x 25-100 μ (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 50-200 μ. Las conidias son hialinas o subhialinas, obclavadas-cilíndricas, de 4-8 x 20-90 μ (Chupp, 1953).

Manchas foliares inducidas por Phyllosticta sp.

Esta enfermedad aparece comúnmente en las áreas 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 Succ. (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 100-170μ de diámetro; sus paredes están formadas por células poliédricas y tienen un ostiolo que mide 15-20μ. Los conidióforos son cortos y hialinos, producen conidias pequeñas (15-20μ), 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 Sarrazin, 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.

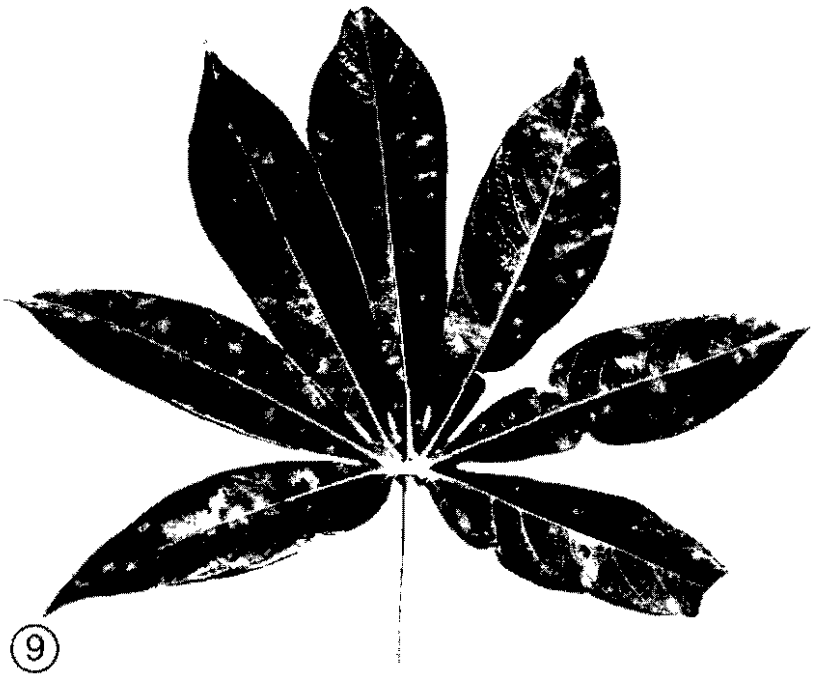


Fig. 9. La ceniza de la yuca (Oidium manihotis). Lesiones foliares y de color amarillento, síntomas típicos de la ceniza de la yuca.

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.

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 comunmente 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 peciolos 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.

Fig. 12. Pudrición del tallo inducida por Glomerella (Glomerella cingulata), Trozos de tallos que muestran ampollas eruptivas que son grupos de peritecios negros.

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. 13. Pudriciones del tallo (inducidas por un Basidiomiceto aún no identificado). Trozo de tallo que muestra baidiocarpos típicos; el trozo no infectado es el testigo.

(14)

Fig. 14. Pudrición radical inducida por Phytophthora(Phytophthora drechsleri). Pudrición radical en plántulas comparadas con un testigo no inoculado.

Fig. 15. Pudrición radical inducida por Phytophthora (Phytophthora drechsleri). Pudrición y deterioro radical total en una planta de yuca adulta.

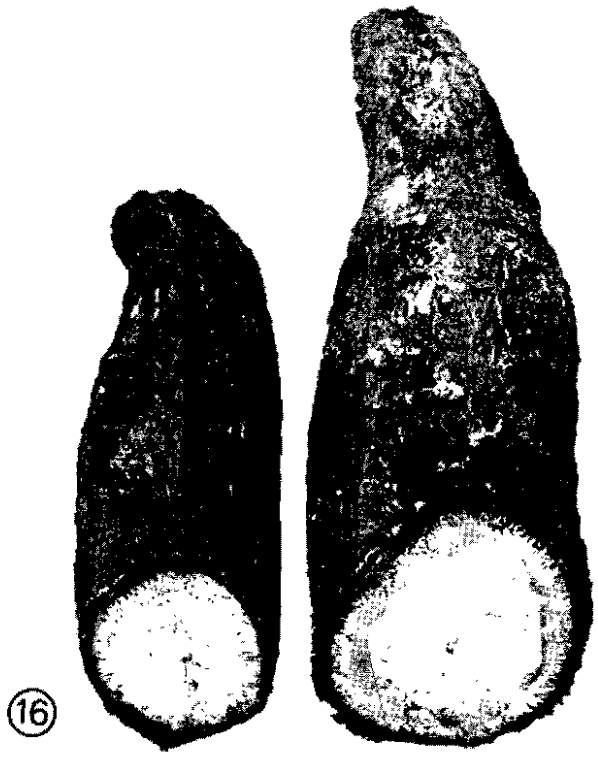


Fig. 16. Pudrición radical inducida por Rosellinia (Rosellinia necatrix)

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 erythroseptica 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 si 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.

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.

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 Informações. 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 informacões. 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, M., 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 São Paulo, Ciencia 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. Observações de campo como contribuição 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. Boletin 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. Obtencão 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 su 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 continente (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 sp., 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; y 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 sí 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.

IIT (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 Institute 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

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). Aúnque 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 tanojira, 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 periodos 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 periodos 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), tambien 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. Generalmente, 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 recibe 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.

INSECTOS Y ACAROS DE LA YUCA Y SU CONTROL

Anthony C. Bellotti[1]

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 ocasiona 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, piojos harinosos, barrenadores del tallo y moscas blancas. Otras plagas tales como salta hojas, chizas blancas, gusanos trozadores, hormigas cortadoras de hojas y moscas de la fruta pueden ocasionar daños esporádicos o localizados.

Los insectos pueden caudar 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 raíces y ocasionar pudriciones secundarias. Algunos son vectores y diseminadores de enfermedades.

Las observaciones indican que las plagas que atacan la planta durante un período prolongado, tales como ácaros, trips, escamas, piojos harinosos 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, moscas de la fruta, moscas del cogollo y hormigas cortadoras 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 17 grupos generales de plagas descritos en el Cuadro 1 se encuentran en América, 12 en África y seis 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.

1/ Entomologo, Programa de Yuca, CIAT.

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. Inicialmente se indicó que la mosca ataca el fruto de la yuca, lo cual ocasiona pérdidas económicas. Las larvas también pueden hacer túneles en los tallos, lo cual resulta en galerías de color marrón en el área de la médula. Un patógeno bacteriano (Erwinia carotovora var. 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 afectados presentan menor germinación.

1.3 Barrenadores del tallo

En estacas utilizadas para siembra se han encontrado barrenadores del tallo, principalmente del orden 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 Scarabeidae o Cerambycidae.

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 alimentarán 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 una cabeza oscura y su longitud puede ser hasta de 5 centímetros. Generalmente se pueden localizar alrededor de la estaca o de las raíces de la planta. En Indonesia se describió la biología de L. rorida 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 (2,1/2%, 50 kg/ha) y Furadan (3 g/m^2) aplicados bajo la estaca en el suelo. Los tratamientos de inmersión de las estacas en soluciones de insecticidas no han sido tan exitosos 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 a 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 maíz 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 maíz o sorgo, o cuando se siembra en campos adyacentes a éstos 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 trichlorphon, para 1/4 ó 1/2 ha). Los trozadores subterráneos se pueden controlar mediante aplicaciones de aldrin o carbofuran 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 voltkwi* y *C. paradoxis* (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 de raíces engrosadas y posteriormente la pudrición de las mismas debido a las termitas.

2.4. Grillos

Los grillos causan daño a las plantas de yuca al cortar los retoños jóvenes después de su emergencia. También pueden causar daño en la base de la planta lo cual favorece la susceptibilidad al volcamiento por el viento.

III. Insectos y Acaros que atacan las partes áereas

3.1. Consumidores de follaje

3.1.1. El gusano cachón

El gusano cachón, *Erinnys 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.

Las altas poblaciones de gusano cachón defolian rápidamente grandes plantaciones de yuca. 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 similucación del daño se observó que la defoliación de plantas jóvenes (2-5 meses) reduce más el rendimiento que la defoliación de plantas más viejas (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 nocturnas de color ceniza ovipositan los huevos grandes de color verde claro en el haz de las hojas de yuca. 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 centrímetros. Maduran en aproximadamente 12 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 dos semanas. Los brotes general ente ocurren después del inicio de la estación lluviosa pero son irregulares y pueden no ocurrir durante años.

Control: El método más efectivo para el control del gusano cachón parece ser un programa de control biológico. El parasitismo de huevos por Trichogramma sp. puede reducir efectivamente las poblaciones. La avispa Polistes sp. es un importante predator de larvas y se pueden construir cobertizos protectores simples en los campos de yuca. Apanteles sp. es un Hymenóptero parásito de larvas. Se ha obtenido un control efectivo con Bacillus thuringiensis.

El Dipterex es efectivo contra larvas jóvenes, pero se debe evitar el uso de pesticidas puesto que interrumpen el control biológico.

3.1.2. Hormigas cortadoras 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 arena 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 ésta área. Los informes recientes indican que éste 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, comúnmente 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 (Doresta, comunicación personal) se estimaron reducciones del rendimiento del 30-40 por ciento debido a éste 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 séptimo 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 parece que existe varios agentes efectivos de control biológico para eliminar poblaciones de ácaros.

El control con Monocrotophos (Asodrin), Galecron (Fundal) y otros órgano-fosforados en la dosis comercial, es efectivo.

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 gran 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.

3.2.3. Moscas blancas

Las moscas blancas (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 sp., 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 moscas blancas pueden causar el amarillamiento y necrosis de las hojas bajeras de la planta de yuca. En Colombia se han observado infestaciones severas de Aleurotrachelus sp.; 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 las moscas blancas, puede tener un efecto adverso sobre la foto-

síntesis 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 setenta y dos por ciento de supervivencia desde el huevo hasta el adulto. La longevidad promedio de las hembras fue 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 sp. 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: Se ha evaluado la resistencia varietal al Aleurotrachelus sp. encontrado en altas poblaciones en Colombia. Las variedades CMC-72 y CMC-57 presentan niveles moderados de resistencia.

El control de las moscas blancas también se puede lograr con los insecticidas Roxion, Diostop, Metasyptox y Dimecron.

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 trips 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.

Se logra un excelente control mediante el uso de insecticidas sistémicos tales como Roxion E 38 (160 cc i.a./ha), thiometon E 28 (113 cc i.a./ha) aplicados cada 15 a 21 días. Sin embargo, la aplicación de insecticidas puede trastornar el control biológico del gusano cachón, ácaros y otros insectos.

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 de 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 retoño 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 afectadas; 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 mostró que el grado de daño económico depende de la variedad y edad de la planta. La variedad de ramificación tardía Mecu 150 fue 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 dad 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 perforada 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 blando eventualmente matan el punto de crecim ento. 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 fue 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, lo cual retarda el crecimiento de la planta y estimula el crecimiento de las yemas laterales. Esta pudrición secundaria puede causar una reducción en el rendimiento y una pérdida de estacas de siembra.

Aún no se conocen 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 perásito Hymenoptera (*Opius* sp.) el insecticida Lebaycid (Fenthion) da un buen control de larvas en el tallo.

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 (Cuadro 2). Aunque su distribución es mundial, tienen mayor importancia en América, especialmente en Brasil (78). Generalmente causan daños esporádicos o localizados, y ninguna de las especies se puede considerar como plaga universal.

Los barrenadores del tallo más importantes pertenecen al orden 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 coleópteros, 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 discutirá 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 expulsado 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 (18). 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 C.alternans y

C. rugicollis. 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.

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 moscas de las agallas (Cecidomyidae, Iatrophobia sp.) en yuca. Estas moscas frágiles generalmente se encuentran en el envés de las hojas donde ovipositan sus huevos. 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 consideran que las moscas de las agallas tienen poca importancia económica y generalmente no requieren control. Sin embargo se ha reportado que recargan 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. Comedores de tallo

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.) que atacan los tallos de 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 recarga, 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 secreción 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 segundoestado 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 cobertora y la secreción algodonosa inferior. Durante la oviposición la hembra se encoge y marchita. Los huevos eclosionan en cuatro días; los primeros estados linfales (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. Durante la estación seca puede ser necesario utilizar el control químico. En términos del porcentaje de adultos muertos, los insecticidas sistémicos y el parathion fueron los más efectivos. En lo que respecta al tratamiento químico de las estacas, la inmersión de las estacas infestadas en emulsiones de DDT durante cinco minutos redujo la infestación; sin embargo las estacas altamente infestadas aún germinaron pobremente después del tratamiento. Ha sido exitoso el tratamiento preventivo de las estacas almacenadas.

Se ha reportado la especie Chilocorus distingma (Coccinellidae), como predatora de A. albus (64). En Cuba se han reportado dos parásitos himenópteros (Aphelinidae), Aspidoiphagus citrinus y Signiphora sp. En el campo se ha observado alto parasitismo y depredación de S. miranda pero no se ha identificado la especie. Sobre A. albus se encontró un hongo marrón en forma de esponja (Septogasidium sp.).

3.6.2. Piojos harinosos

En Colombia, Brasil y parte de Africa se han reportado daños en yuca por piojos harinosos. La especie identificada en el CIAT es Phenacoccus gossypii, en tanto que en Brasil las especies identificadas son P. gossypii y Phencoccus sp.

Los piojos harinosos del Africa son Pseudococcus virgatus (Ferrisiana virgata, Dastulopius virgatus), P. citri y P. adonidum. Las altas poblaciones de piojos harinosos causan 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.

P. 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 o 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. Los adultos miden aproximadamente 2,4x1,5 milímetros. No se ha estudiado el ciclo de vida del insecto en la yuca.

Control: Existen numerosos predatores y parásitos de piojos harinosos. Se ha logrado un buen control químico con malathion.

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 castaneum 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 rapida 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 necesario.

6. El uso indiscriminado de pesticidas interrumpirá los Programas de Control Biológico.

REFERENCIAS

1. Alberto, J. 1957. Cassava II. Diseases, pests and wild animals. Gazeta Agricola 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 acaros. Trabajo presentado a la VIII Jornadas Agronómicas, Cagua, Venezuela, 7 p.

4. Bellotti, A.C., and A.V. Schoonhoven. 1976. World distribution 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. Investigation 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. Bezzi, M. 1918. Two new Ethiopian ionchaeidae, with notes on other species (Dipt.). Bull of Entomol. Res. 9:241-254.

8. Blanche, D. 1958. Les fourmis-chamignonnistes our fourmis-manioc a la Guadelope. Revue Agricole Sucriere et Rhumiere des Antilles Francaises (Pointe-a-Pitre). 31 (1); 59-68.

9. Bodkin, G. E. 1912. The cassava hawk moth (Diplodia Phonota Ello) Journal of the Board of Agriculture of British Guiana 6:17-27.

10. Bondar, G. 1914. Doils males nas folhas da mandioca. I. A "verruga" provocada pelo diptero Eudiplosis brasiliensis RBS. II. O "mosaico" provodado pelo thysanoptero Euthrips manihoti sp.n. Chacaras e Quintaes. 30:215-218.

11. Bondar, G. 1926. Plagas da mandioca. Boletim do Laboratorio de Pathologia Vegetal 3:67-71.

12. Boudreaux, H.B. 1963. Biological aspects of some phytophagous mites. Ann. Rev. Entomol. 8:137-154.

13. Brasil. Universidades Federal da Bahia. Escola de Agronomia. 1973 Projecto mandioca. Cruz das Almas, Bahia, Brasil, 115 pp.

14. Briant, A.K. and Johns, 1940. Cassava investigations in Zanzibar. East African Agric. J. 5:404-412.

15. Brinholi, O.J. Nakagava, D.A.S. Marcondes and H.R. Machado. 1974. Estudo do comportamento de alguns "cultivares" da mandioca ao ataque da broca-dos brotoes (Silba pendula). Rev. de Agric. 49 (4); 181-183.

16. Callan, E. McC. 1940. Some economic aspects of the gall midges (Diptera, cecidomyidae with special references to the West Indies). Trop. Agric. (Trinidad) 17 (4): 63-68.

17. Callan, E. McC. 1941. The gall midges (Diptera, Cecidomyidae of economic importance in the West Indies). Trop Agric. (Trinidad) 18 (6): 117-127.

18. Callan, E. McC. 1942. Notes on cassava weevil-borers of the genus Coelosternus (Col. Curculionidae). Revista de Entomología (Brazil). 13 (3): 304-308.

19. 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.

20. Cardin, 1910, Insectos y enfermedades de la yuca en Cuba. Boletín Estación Experimental Agronómica de Cuba. 20:1-23.

21. 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.

22. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1974. Ann. Rept. 1973. 284 pp.

23. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1975. Ann. Rept. 1974. 260 pp.

24. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1976. Ann. Rept. 1975 Cassava Prod. Syst. 57 pp.

25. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1977. Ann. Rept. 1976 (In press).

26. Childs, A.H.B. 1961. Cassava. Tanganyika. Dept. of Agric. Bull. 15.5 pp.

27. Correa, H. 1970. Mandioca: do indigena a mecanizacao. Brazil. Inst. de Pesquisas e Experimentacao Agropecuarias do Centro Oeste. Curcular 10. 38 pp.

28. Corseuil, E. 1954. Mandoravá da mandioca. Boletim do Campo 10 (75): 3-8.

29. Corseuil, E. 1955. Una lagarta em batata doce e mandioca. Boletim do campo, 11 (80): 3-7.

30. Cosenza, E.W. and H. Correa. 1971. Estudo da cohonilha da mandioca na regiao centro-oeste (Brazil). In: Reuniao da Comissao Nacional da Mandioca. 5a. Seta Lagoas, Minas Gerais, 1971. Actas Sete Lagoas Instituto de Pesquisas Agropecuarias do Centro-Oeste: 41-42.

31. 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. Secretaría de Agricultura 18 pp.

32. Costa, J.M. Da. 1973. Resultados experimentais obtidos no controle do acaro da mandioca, "Mononychus, tanajoa" (Bondar, 1938). Cruz das Almas, Brazil, Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia. Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1 (1):25-30.

33. Cotton, R.T. 1956. Pests of stored grain and grain products. Burgess Publ. Co. Mineapolis, Minnesota. 306 pp.

34. Diaz, C.A.C. 1967. Inimigos da mandioca tem controle, Fir. 10 (4): 38-42.

35. Dinther, J.B.M. van 1960. Insect pests of cultivated plants in Surinam. Paramaribo, Surinam. Landbouwproesfstation in Suriname. Bulletin 76. 159 pp.

36. Duarte, E.F. 1956. A mandioca e a sua cultura. Agronomia 15 (3): 115-180.

37. Dulong, R. 1971. Le manioc a Madagascar, Agronomie Tropicale. 26 (8): 791-829.

38. Ekandem, M.J. 1962. Cassava in Nigeria. Part 1: Eastern Nigeria. Nigeria, Fed. Dept. of Agric. Res. Moor Plantation. 21 pp.

39. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuaria. Representacao Estadual no Para. 1975. Mandioca; informe anual. Belem, Brasil. 21 pp.

40. Fennah, R.G. 1947. The insect pests of food crops in the Lesser Antilles. Dept. of Agric. Grenada, Antigua, B.W.I. 207 pp.

41. Fernández, F. and Terán, J.B. 1973. Presencia de Chilomina clarkei (Amsel) y Chilozela bifilalis (Hampson) (Lepidoptera, Pyralidae) en yuca (Manihot esculenta Crantz) en Venezuela. Agronomia Tropical (Venezuela). 23 (4): 407-411.

42. Ferreira, J.C., O. Monte, A.S. Muller and A.G. Gravata. 1942 Manual da mandioca, a mais brasiliera das plantas uteis; cultura, pragas e doencas, indústria. Sao Paulo, Edicao da Chacaras e Quintais, 209 pp.

43. Fletchman, C., H.W., and E.W. Baker. 1970. A preliminary report on the Tetranychidae (Acarina) of Brazil. Ann. Entoml. Soc. Amer. 63: 156-163.

44. Fonseca, J.P. Da. 1945. Mandarová da mandioca. Biologico 8 (8): 210-215.

45. Fonseca, J.P. 1949. Mandarová da mandioca. Reprint: Bolletim de Agricultura, 1945. 12 pp.

46. Frappa, C. 1938. Les insect 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.

47. 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.

48. Fritz, M.A. 1928. Sur deux produits agricoles du nord-ouest de Madagascar. Agronomie Coloniale 1928: 1-14.

49. Gagné, R.J. 1968. A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States. 23. Fam. Cecidomyoidae. Dpt. do Zoology. Secret. da Agric. Sao Paulo. 62 pp.

50. Gallego, M.F.L. 1950. Estudios entomologicos: el gusano de las hojas de la yuca. Rev. Fac. Nac. Agron. , Medellín, Colombia 11: 84-120.

51. Gallo, D.O, Makano, F.M. Wienal, S.S. Neto and R.P.L. Carvalho 1970. in: Manual de entomol. Pragas das plantas e sou controle. Sao Paulo, Brasil, Editora Agronomica Ceres: 485-487.

52. Golding, F.D. 1935. A probable vector of cassava mosaic in Southern Nigeria. Tropical Agriculture (Trinidad) 12:215.

53. Golding, F.D. 1936. Bemisia nigeriensis Corb., a vector of cassava mosaic in Southern Nigeria. Tropical Agriculture. 13. (7): 182-186.

54. Greenstreet, V.R. and J. Lambourne. 1933. Tapioca in Malaya. Dept. of Agriculture. General Series no. 13. 76 pp.

55. Guagliumi, P. 1965. Contributo alla conoscenza dell'entomofauna nociva del Venezuela. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale, Firenze 49 (7-9): 376-408.

56. Hambleton, E.J. 1935. Notas sobre Pseudococcinae de importancia no Brasil com a descripcao de cuatro especies nova. Arquivos

do Institute Biologico (Brasil) 6:105-120.

57. Insect pests and fungoid diseases in Barbados. 1912. 13. The Agricultural News. 13 (315): 170-172.

58. Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures vivriesres. 1966. Manioc. In: Compte Rendu Analytique des T Travaux Realisés en 1965-1966. Paris. 133 pp.

59. Kaufmann, R. 1972. Biology and feeding habits of Zonocerus elegans (Orthoptera: Acrididae) in Central Tanzania. American Midland Naturalists 87 (1): 165-171.

60. Kerr, A.J. 1941. The storage of native food crops in Uganda. The East African Agric. J. 7 (2): 75076.

61. Korythkowski, C. y A. Sarmiento. 1967. Hyperdiplosis sp. Dipt: (Cecidomyiidae). Un insecto formador de agallas en las hojas de yuca. Revista Peruana de Entomologia 10 (1): 44-50.

62. Korytkowski, C.and D. Ojeda. 1968. Especies del género Anastrepha Schiner 1968 en el nor-oeste peruano. Revista Peruana de Entomologia 11 (1): 32-70.

63. Korytkowski, C. and D. Ojeda. 1971. Revisión de las especies de la familia Lonchaeidae en el Perú (Diptera: Acalyptratae). Rev. Peruana Entomol. 14: 87-116.

64. Leefmans, S. 1915. De cassave-Oerets. Java Departement van Landbouw. Mededeelingen van het Laboratorium voor Plantenziekten No. 13. 120 pp.

65. 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.

66. Lehman, P.S. Insect and diseases of cassava. Athens, Georgia, University of Georgia.

67. Leonard, D. 1930. A little-known root-weevil of cassava (Coelosternus sulcatulus Boheman). Journal of the Department of Agriculture. Puerto Rico. 14:159-165.

68. Leuschner, K. 1965 Major pests of cassava in Africa and preliminary guidelines for screening of resistance. Proceedings of an interdisciplinary workshop. IITA. Ibadan Nigeria.

69. London. Commonwealth Institute of Entomology. 1957. Distribution maps of insect pests. Aonidomytilus albus (Ckll). Series A. Map. 81.

70. 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.

71. Lozano, J.C. and Booth, R.H. 1974. Diseases of cassava (Manihot esculenta Grantz) Pans 20 (1) : 30-54

72. Latte contre la fourmi manioc. 1956. Lyon Pechiney Progil. Circulaire Technique Hors Séries No. 24 3pp.

73. Lyon, W.F. 1973. A plant-feeding mite Mononuchellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranuchidae) new to the African continent threatens cassava (Manihot esculenta Grantz)in Uganda, East Africa. Pans 19 (1) : 36-37.

74. Lyon, W.F. 1974. A green cassava mite recently found in Africa. Plant Protection Bulletin 22 (1): 11-13.

75. Mallamaire, A. 1949. Les insectes nuisibles au manioc en Afrique Noire. In: Congres du manioc et de plantes féculentes tropicales, Marsille, Institut Colonial. Marseille. 1949: 72-73.

76. Mandioca, Informacoes importantes. 1973. Sao Paulo, Brasil. Secretaria de Agricultura. Instrucoes Practicas No. 123. 18 pp.

77. Mansfield-Aders, W. 1919. Insects injurious to economic crops in the Zanzibar protectorate. Bull of Entomol Re. 10:145.155.

78. Mejia-Franco, R. 1946. El cultivo de la yuca y su explotación industrial; parte 3; cuidados del cultivo; fertilización del suelo; enfermedades fungosas y su tratamiento; plagas y su represión; cosecha. Agricultura Tropical 2 (3): 13-21.

79. Metcalf, C.L. and W.P. Flint 1972. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control. Comp. Edit. Continental S.A. Mexico 1208 pp.

80. Montaldo, A. 1972. La yuca; trabajo sobre este cultivo, con especial referencia a Venezuela. Maracay, Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cria. 113 pp.

81. Monte, O. 1940. Coleobrocas da mandioca. Biologico 6:15-18.

82. Monte, O. 1945. Observacoes biologicas sobre Coelosternus granicollis (Pierce) broca da mandioca. Arquivos do Instituto Biologico 15: 89-110.

83. Muñoz, G., A. and I. Casas. 1972. Contenido de ácido cianhidrico en raices y hojas de clones "amargos" de yuca (Manihot esculenta). Turrialba 22 (1): 221.-223.

84. Myers, I.N. 1930. Notes on parasites of the gall-midge Jatrophobia. brasiliensis Rubs.), of cassava in Trinidad. Bull. of Entomol.

Res. 21:309-313.

85. Makano, O., A.S. Pedroso, and J.R.P. Parra. 1969. Ensaio de campo visando o controle da "broca dos brotos" dos mandicais através de iscas tóxicas, Solo 61 (2); 15-17.

86. Negrette L., F.M. 1973. Control químico de trips en yuca, Manihot utilissima Pohl, y evaluación de la colección Costeña al ataque de los mismos. Tesis Ing. Agr. Colombia, Universidad de Cordoba, Facultad de Agronomia, Montería. 52 pp.

87. Nestel, B. 1973. Current utilization and future potential for cassava. In: Chronic cassava toxicity, proceedings of an interdisciplinary workshop. London, 1973, 11-26.

88. Normanha, E. 1965. Como folha (Erinnys ello) prejudica raiz. Coopercotia 23 (190): 39-40.

89 Normanha, E. S. 1970. General aspects of cassava root production in Brazil, In: 2nd Intern. Symp. on Tropical Root and Tuber Crops, Honolulu and Kappa, Kausi, Hawaii, 1970. Proceedings; Tropical Root and Tuber Crop Tomorrow. Ed. D. Plucknett. Honolulu, College of Trop. Agric. 1:61-63.

90. Normanha,E.S. 1971. Yuca; observaciones y recomendaciones sobre cultivo en Nicaragua. Managua, Banco Central de Nicaragua. 29 pp.

91. Normanha, E. S. and A. Espino. 1964. Un tipo de superbrotamento em mandioca no sul do Mexico. Ciencia e Cultura 16 (2):143-144.

92. Normanha, E.S. and A.S. Pereira. 1964. Cultura da mandioca. Campinas, Brasil, Instituto Agronomico, Boletim 124. 29 pp.

93. Nyiira, Z.M. 1972. Report of investigation on cassava mites, Mononychus tanajoa (Bondar). Mimeogr. Dept. of Agric. Kawanda Research Station. 14 pp.

94. Nyiira, Z.M. 1973. Bioecological studies on the cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranichidae). Kampala Uganda, Kawanda Res. Sta. 6 pp.

95. Nyiira, Z.M. 1975 a. Biology distribution and ecology in Uganda of the green cassava mite Mononychellus tanajoa (Bondar) (Acarina: Tetranychidae). Ph. D. thesis. 314 pp.

96. Nyiira, Z.M. 1975 b. Cassava mites and meteorology. Symposium of the Uganda Society of Agronomy, Kampala, Uganda. Oct. 30-31,1975.

97. 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. Ibadan, Nigeria. Nov. 17-21, 1975.

98. Oei-Dharma, H.P. 1969. Maize, cassava, soybeans, peanuts; sweet potatoes and potatoes, In: Use of pesticides and control of economic pests and diseases in Indonesia. Leiden, The Netherlands, E.J. Brill . 1969: 32-48.

99. Okusanya, B.A.O. and M.J. Ekandem. 1973. A review of cassava mosaic virus research in Nigeria. Ibadan, Nigeria, Fed.Depart. of Agric. Res. 1973. 14 pp.

100. Osores, A.and M.Delgado. 1970. Cuarentena del germoplasma internacional de yuca en el Perú. Lima, IICA, 1970.

101. Otoya, A. and J. Francisco. 1946. Plagas de principales cultivos del país; sistemas de represión e insecticidas usados. Parte II. insectos de la yuca y sus insecticidas. Agricultura Tropical 1 (12): 47-48.

102. Paschoal, A.D. 1971. A review of the Cribbeanae group (Acarina: Tetranuchidae). Rev. Peruana Entomol. 14: 177-179.

103. 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).

104. Pynaert, L. 1951. Le maioc. 2 ed. Bruxelles, Ministére des Colonies. 166 pp.

105. Quiroz, M. and R. Pulga. 1974. Evaluación de cinco acaricides comerciales en el combate del acaro. Mononychellus caribbeanae McGreror en yuca, Manihot esculenta Grantz. Rev. Facultad Agron. (Univ. Zulia, Maracaibo, Venezuela), 2: 65-71.

106. Ramos Nuñez, G. 1962. La Yuca, Conferencias, Mimeo. 16 pp.

107. Rao, B. 1970. Pests problems of intercropping in plantations. In: Blecomwe E.K. and J.W. Blencowe, ed. Crop. Diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters: 245-252.

108. 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

109. Schoonhoven, A.v. 1974. Resistance to thrips damage in cassava. J. of Econ. Entomol. 67; 728-730.

110. Schoonhoven, A. V. and J. Peña. 1976. Estimation of yield losses in cassava following attack from thrips. J. Econ. Entomol. 69: 514-516.

111. Sivagami, R. and K.R. Nagaraja Rao. 1967. Control of the tapioca scale, Aonidomytilus albus Ckll. Madras Agrc. J. 54: 325;327.

112. Smith L. R. 1968. Informe de los ensayos sobre la producción de yuca en El Cibao. Santiago de los Caballeros, Rep. Dominicana. Instituto Superior de Agricultura. Div. de Investi. Agric. 14 pp.

113. Swaine, G. 1950. The biology and control of the cassava scale. The East African Agric. J. 16: 90-93.

114. Tempany, H.A. 1920. Expériencessur les avriétés de plantes vivrieres, Ile. Maurice. Dept. de L'Agriculture. Bulletin 19 8pp.

115. Trivandrum, Central Tuber Crops Research Institute. 1971 Ann. Rept. 1970. Trivandrum 79 pp.

116. Trivandrum, Central Tuber Crops Research Institute. 1972. Annual Report 1971. Trivandrum 102 pp.

117. Urich, F.W. 1915 . Cassava insects. Bull. of the Dept. Of Agrc. Tinidad and Tobago. 14 (2): 38-40.

118. Vaivanijkul, P. 1973. Die mit Tapioka nach Deutschland cingeschleppten Vorratsschudlinge und ihre Bedeutung fur die Lagarhaltung. Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg. 4 (81): 351-394.

119. Z cher, F. 1930. Kafer an Tapiokawurzeln, Mitteinlungen der Gesellschaft fur Vorratsschuts E. V. 6 (5): 53-56.

120. Zikan, W. 1944. A mosquinha dos mandiocais, Lonchaea pendula Bezzi, 1919. Chacaras e Quintais 70: 489-492.

121. Zikan, W. 1943. Notas sobre Lonchaea pendula (Bezzi) (Diptera) e Belonuchus formosus Gravenh (Staphylinidae, Coleoptera). Boletin do Ministerio da Agricultura (Brazil). 32. 10 pp.

CUADRO I. EL COMPLEJO DE ACAROS E INSECTOS DE LA YUCA

NOMBRE COMUN	GENEROS Y ESPECIES IMPORTANTES	REPORTADO EN	PARTES DE LA PLANTA ATACADA
Trips	Frankliniella williamsi Corynothrips stenopterus Caliothrips masculinus	Principalmente en América pero también en Asia	Deformación del follaje tejido exterior del tallo
Acaros	Mononychellus tanajoa Tetranychus urticae Oligonychus peruvianus	América y Africa Todas las regiones Americas	Hojas amarillentas necrosis y muerte de los cogollos
Grano cachón de la yuca	Erinnyis ello	Americas	Hojas cogollos y consumo de la parte tierna del tallo
Mosca de la fruta	Anastrepha pickeli A. manihoti	Americas	Fruto (semilla) y barrera del tallo.
Mosca del cogollo	Silba pendula Lonchaea chalybea	Americas	Muerte del cogollo apical
Mosca Blanca	Bemisia tabaci Aleurotrachellus sp.	Africa, Asia, Americas	Deformación de las hojas, necrosis y transmisión de virus.
Barrenadores del tallo	Coelosternus spp.	Todas las regiones pero principalmente en las Américas	Tallos, y posiblemente hinchamiento de las raíces.
Chiza blanca	Leucopholis rorida 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
Trazadores	*Prodenia litura* *Agrotis ipsilon*	Americas y Madagascar	Material de siembra, tallo y follaje.
Mosca de las agallas	*Jatrophobia brasiliensis*	Americas	Agallas en las hojas
Chinche de encaje	*Vatiga manihotae*	Americas	Hojas
Saltamontes	*Zonocerus elegans* *Z. vareigatus*	Principalmente pero también Américas	Consumo de follaje
Piojos harinosos	*Phenococcus gossypii*	Americas y Africa	Follaje y tallos
Escamas	*Aonidomytilus albus* *Saissetia* sp.	Todas las regiones	Tallos
Hormigas	*Atta* sp. *Acromymex* sp.	Principalmente las Américas y Africa	Follaje
Grillos			Ataque plantas jóvenes
Termites	*Costotermes voltkevi* *C. paradoxis*	Todas las regiones pero principalmente Africa	Material de siembra , raíces, tallos y

METODOS DE CONTROL DE MALEZAS EN YUCA

(*Manihot esculenta* Crantz)

J. D. Doll *
W. Piedrahita C.*

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 tegnología de producción de yuca es el control de malezas. A continuación se presentan los resultados de tres 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.

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 con

* Especialista e Investigador Asistente en Control de Malezas, respectivamente, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

tinuarlas hata la formación 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 .

Densidad de siembra y sistemas de control

El complejo de malezas, la calidad del suelo y las características de la variedad de yuca no son los únicos factores importantes que afectan el grado de competencia; la densidad de siembra es también importante. 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 porte bajo y ramificado) y México 11 (de porte más alto y no ramificado) 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 (alaclor + diuron en preemergencia y paraquat dirigido con pantalla en posemergencia) dio 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 México 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 contrarrestará la competencia de las malezas, cuando la intensidad de los sistemas de control no sean suficientemente efectivos. De esta información se deduce que manteniendo el cultivo libre de malezas, sobre todo durante las primeras etapas de crecimiento, se puede sembrar a menor densidad y aún así alcanzar la máxima producción. Los rendimientos de la yuca, cuando no se realizó ninguna desyerba fueron supremamente bajos y aumentaron a medida que la densidad de siembra se incrementó.

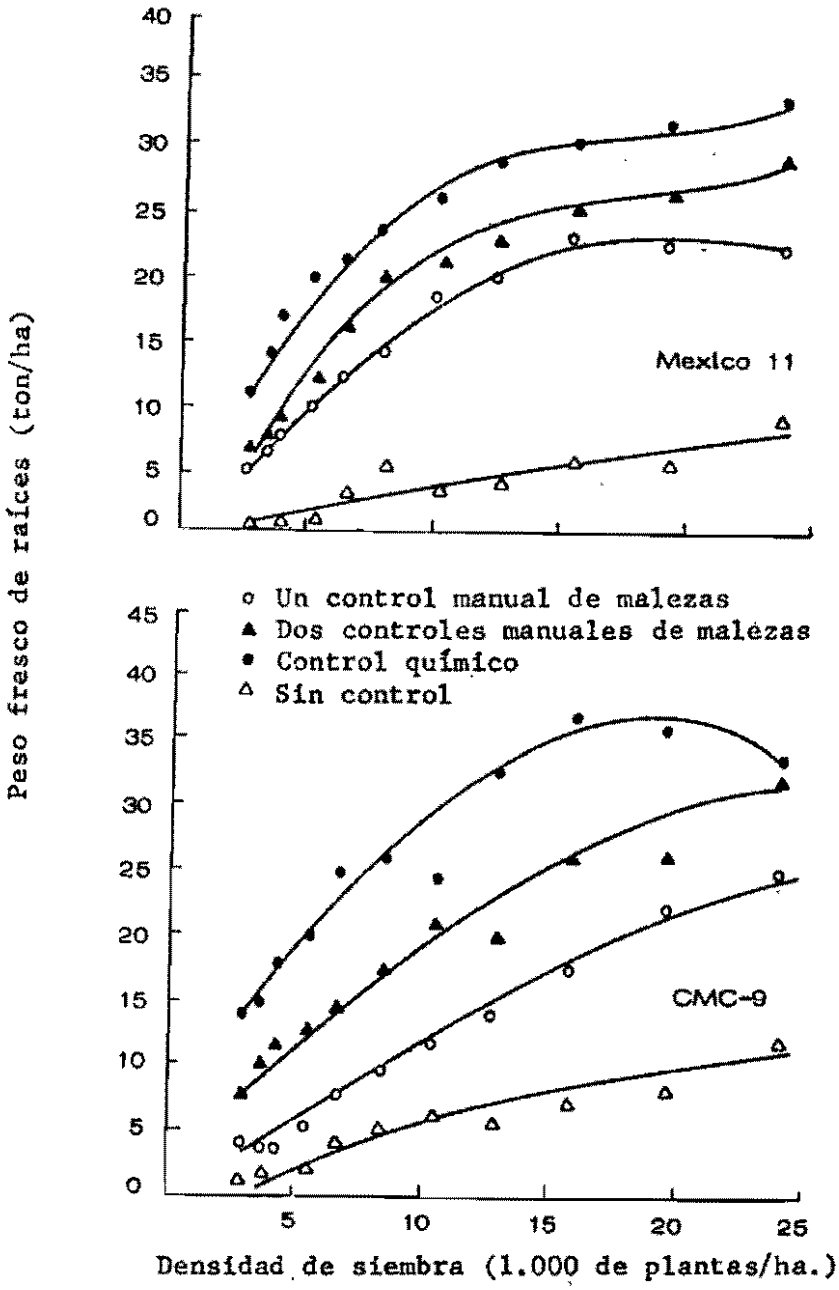


Figura 1. Efecto de la densidad de siembra de la yuca y del sistema de control de malezas sobre el peso fresco de las raíces de las variedades CMC9 y Mex11 a los 10 meses de sembrada.

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.

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).

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.

Herbicidas incorporados y sistema 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 herbicida puede presentar un problema en áreas planas y de textura densa donde generalmente la yuca se siembra en caballones. Como el herbicida se incorpora antes de formar los 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 dósis 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 confirmando que quedó menos producto en esa zona que en el caballón. El tratamiento comparativo de diuron + alaclor aplicado en preemergencia dio excelente control para ambos sistemas de siembra (Cuadro 3).

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	Diuron	EPTC
Cianazina	DPX-6774	Karbutilate
Cloramben	Fluometuron	Tebutiuron
Dinitramina	Linuron	Vernolate
DNBP	Metabenzitiazuron	
Fluorodifen	Metribuzina	
H- 22234	Oxadiazon	
Metazol	Prometrina	
Napropamida	Terbutrina	
Nitrofen		
Norea		
Perfluidone		
Pronamida		
S-2846		
Trifluralina		

* Con base en los resultados de cuatro ensayos.

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.

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. Por esta razón se ensayaron en yuca varios herbicidas 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 desyerba a mano. Los productos no selectivos con este método de aplicación fueron amitrol, bentazon,

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

paraquat, dalapon, MSMA, glifosato y DNBP. Sin embargo, la aplicación dirigida con los mismos productos, aumento 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.

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 costos del producto. Como previamente se ha indicado, casi siempre el control químico es insuficiente hasta que el follàje 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 encontro 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 cuando a la aplicación de un herbicida preemergente no se adiciono 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 mayoria de las malezas anuales
Diuron (Karmex)	2-3 kg	PRE	La mayoria de las malezas anuales
Alaclor (Lazo)	4-6 lts	PRE	Excelente para gramíneas
Linuron (Afalon o Lorox)	2-3 kg	PRE	La mayoria 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)	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 competitión. Pans 15:208-212. 1969.

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 oleífera (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 oleífera, 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 plantacion 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 raíces, 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 maiz 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 Nigeria 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; Santaná, 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 aplicacion 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 raices 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 ningun 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 KCI en los Llanos por cuanto las aplicaciones altas de KCI indujeron deficiencia de S. Este problema se pudo solucionar aplicando K_2SO_4 ó mezclando S con KCI. 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 Nigeria, 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 escacez 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 a 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 maiz 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 Sal 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 maiz 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 practica 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 KCI, pero que mezclando S con HCI 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 HCI) 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 fue 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 maiz 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. Cálagem 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. Le 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, M. 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 M. 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, M. 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 produçao 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
Pecíolo 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			Orioli (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	0.88	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					Referencia
	B	Zn	Mn	Cu	Fe	
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.

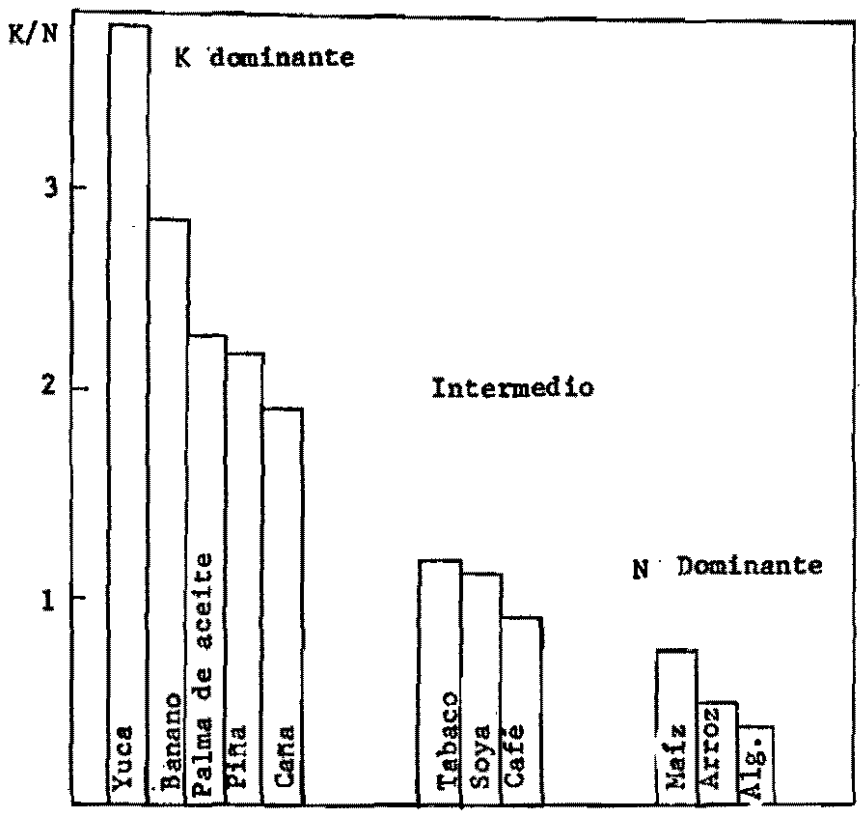


Figura 1.- La proporción de la extracción H/N de algunos cultivos tropicales (Prevott 1958)

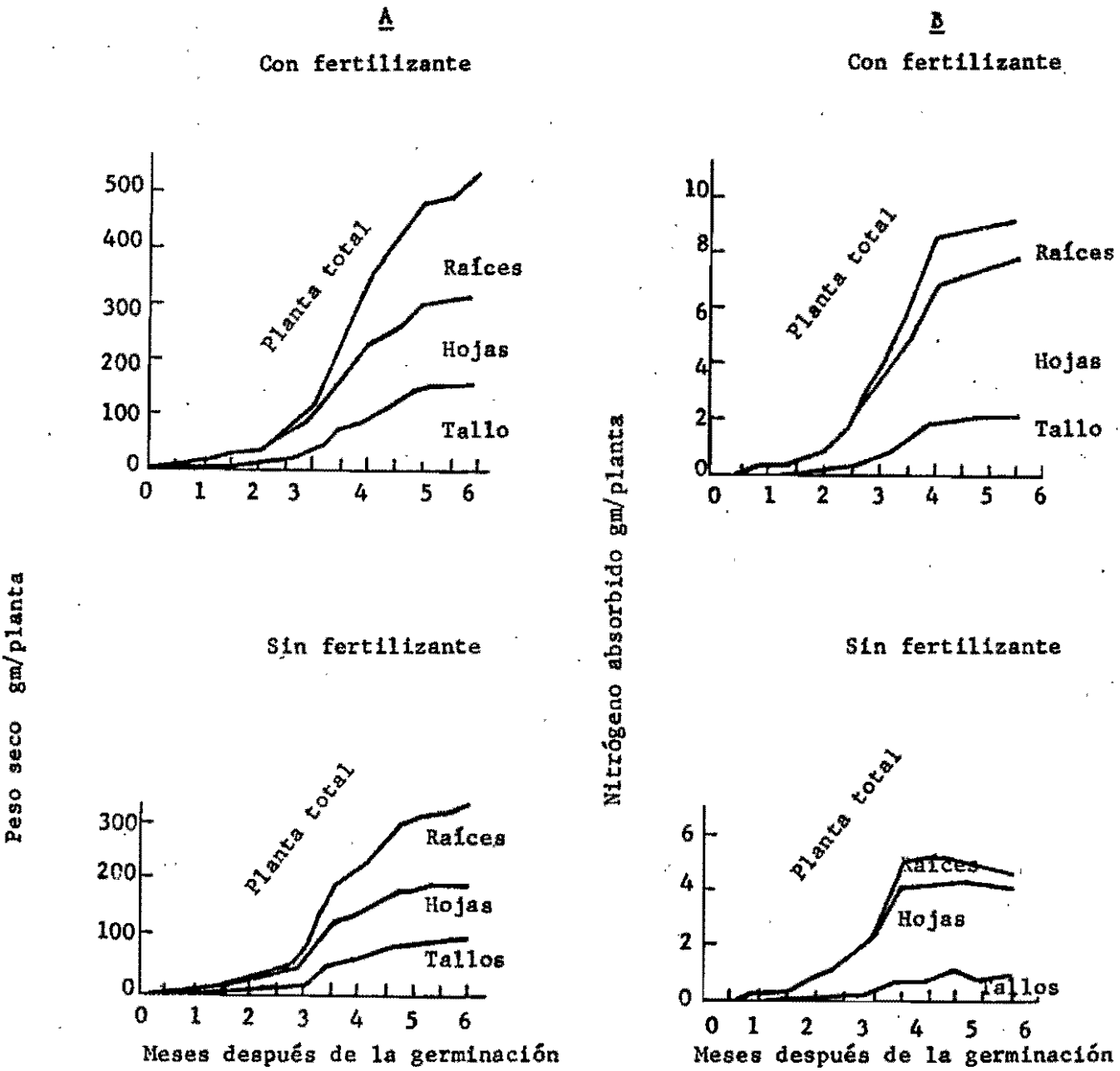


Figura 2. La acumulación y distribución de materia seca (A) y Nitrógeno (B) durante seis meses de crecimiento de la yuca en Argentina (Oriolí, 1967).

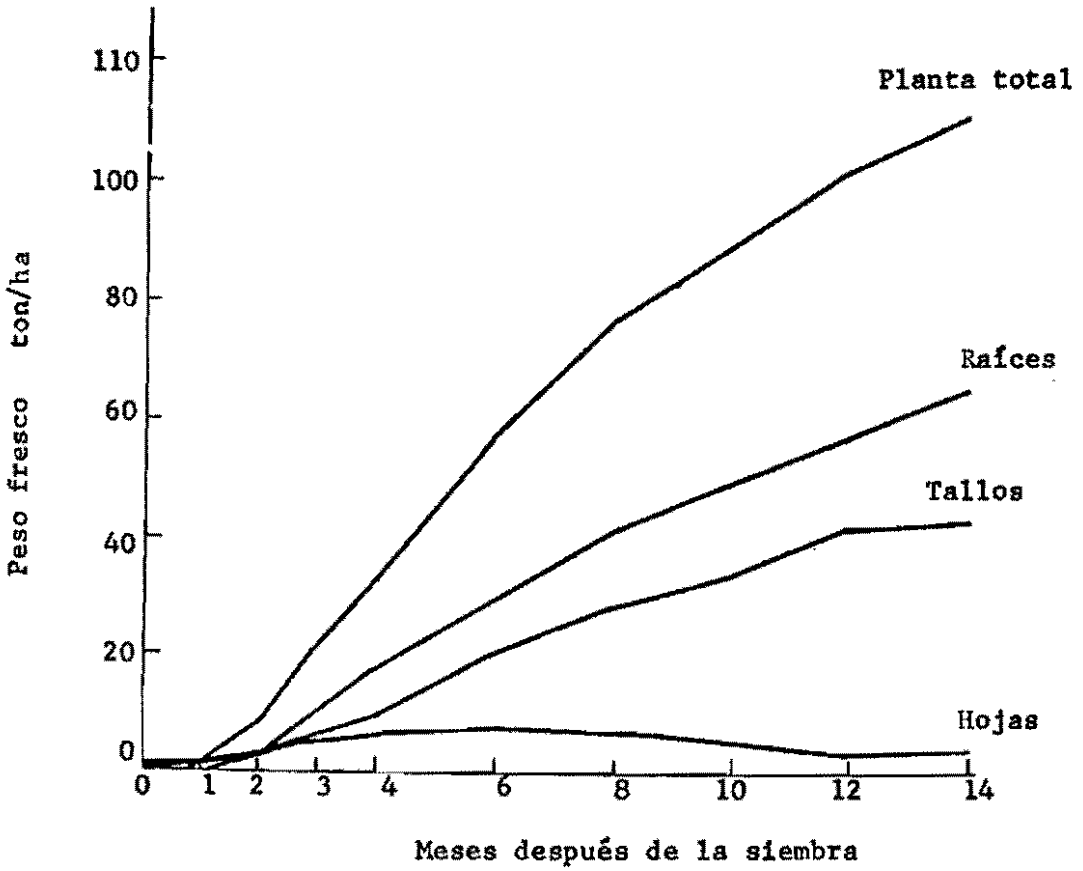


Figura 3.- Acumulación y distribución de materia fresca durante un ciclo de 14 meses de crecimiento de la yuca en Indonesia (Nyholt, 1935).

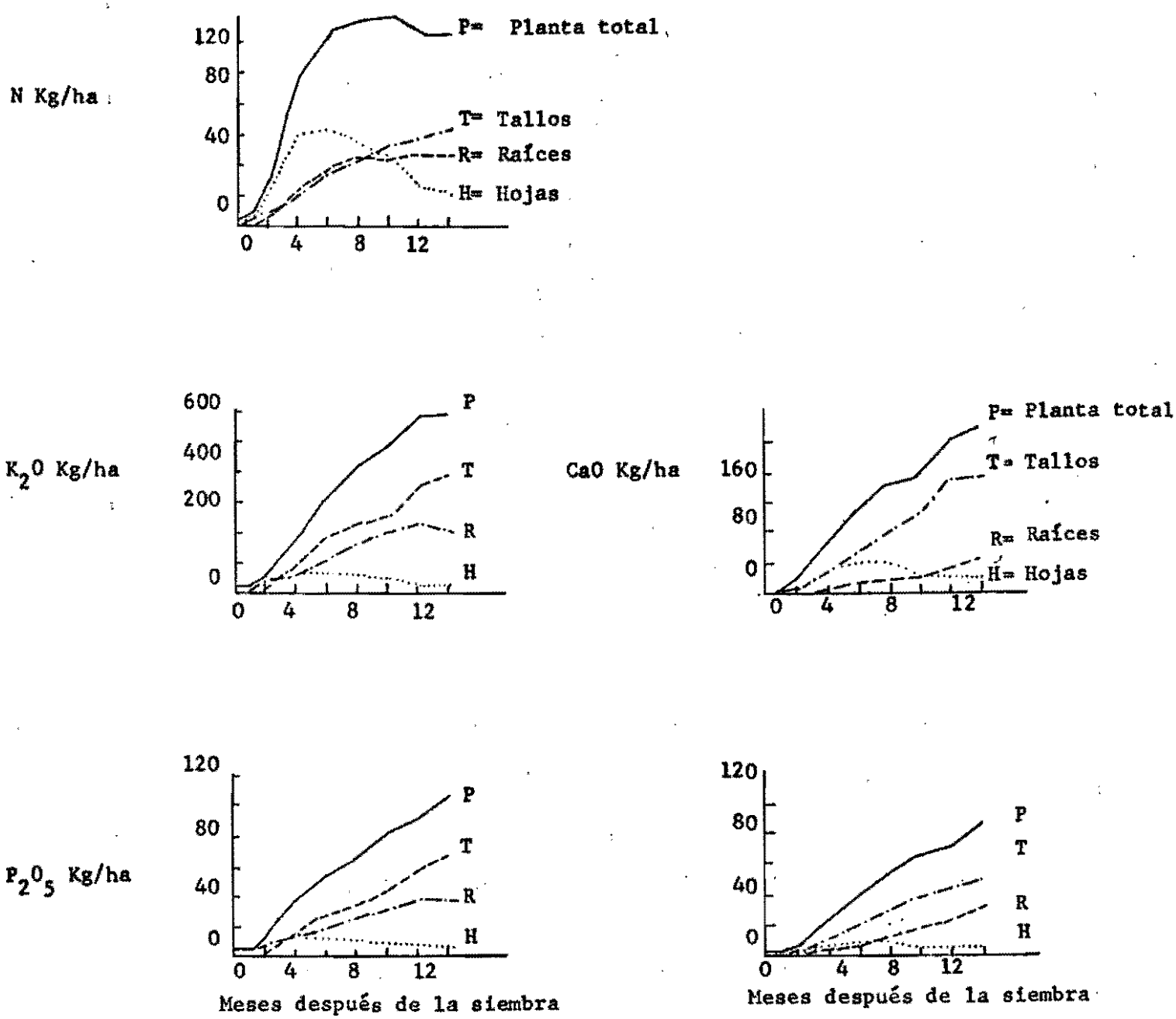


Figura 4.- La acumulación y distribución de N, P, K, Ca y Mg durante los 14 meses del ciclo de la yuca en Indonesia (Nyholt, 1935).

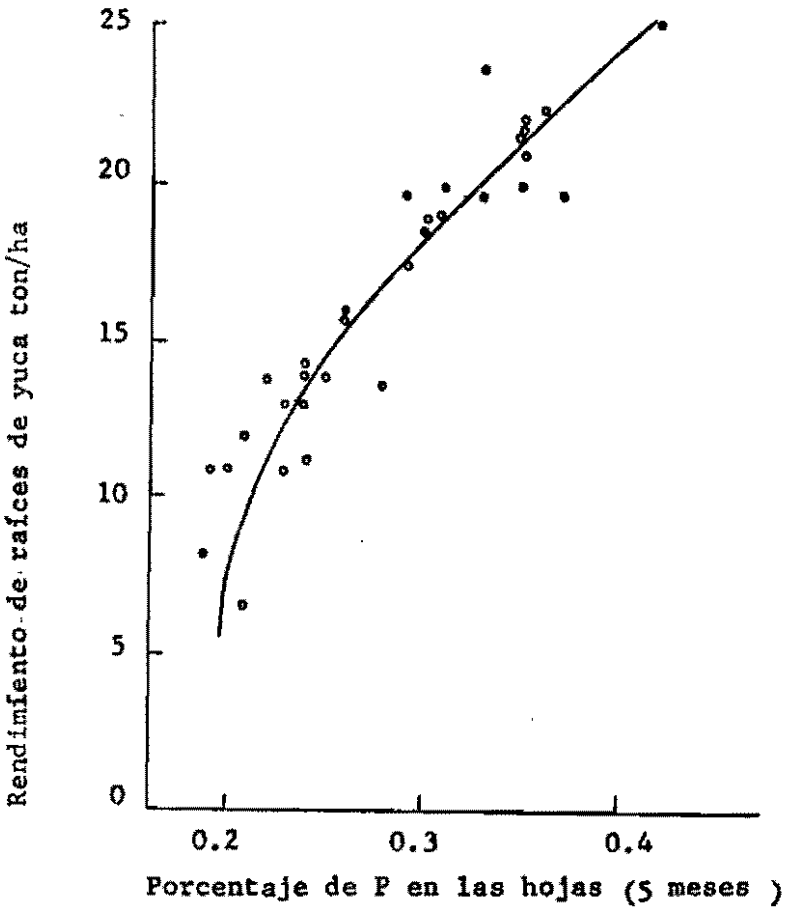


Figura 5.- Relación entre el rendimiento de la yuca y el contenido de P en las hojas superiores totalmente abiertas cinco meses después de la siembra

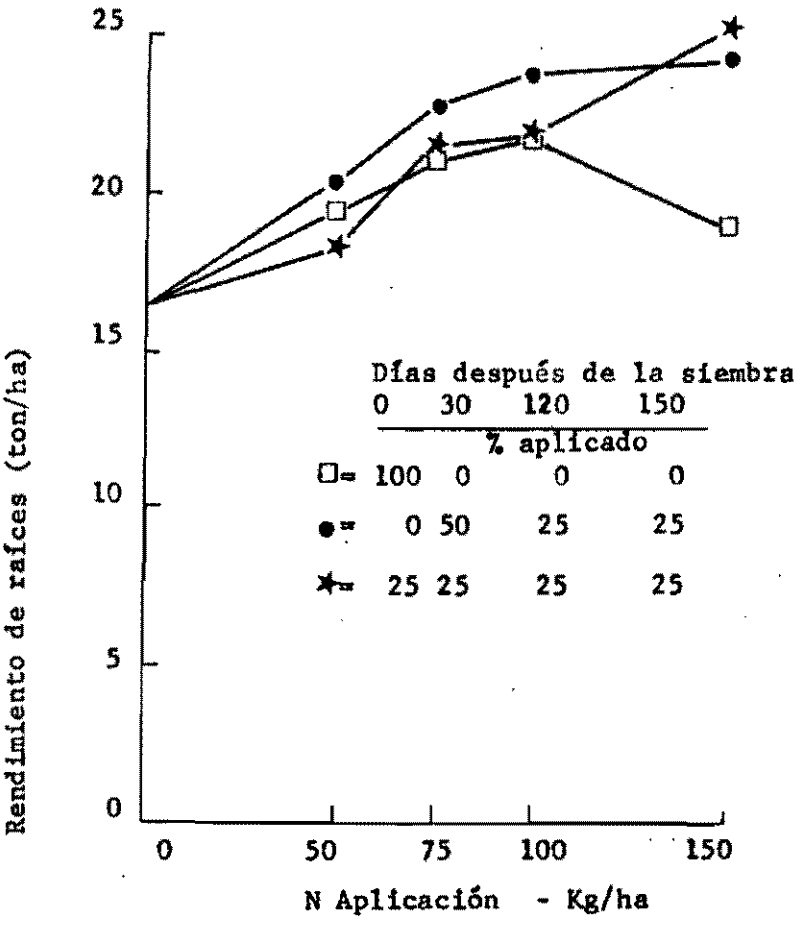


Figura 6.- Respuesta de la yuca a varios niveles y épocas de aplicación de Urea-Nitrógeno en Carimagua.

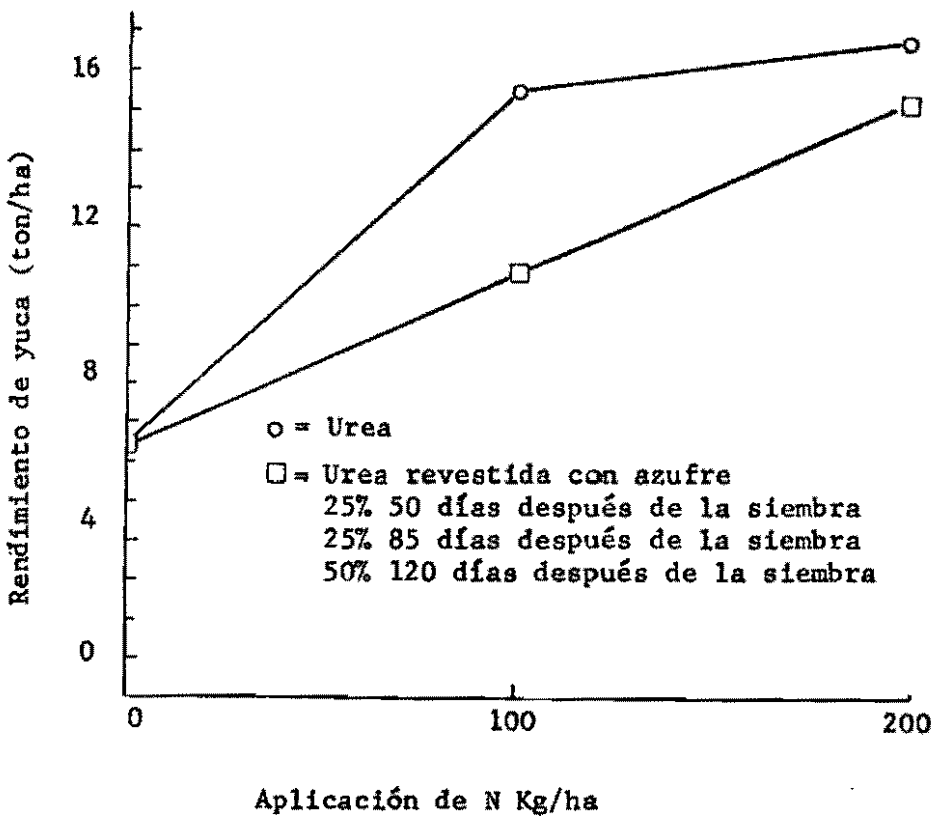


Figura 7.- Respuesta de la yuca a aplicación de tres niveles de N en forma de Urea y Urea recubierta con azufre en Carimagua.

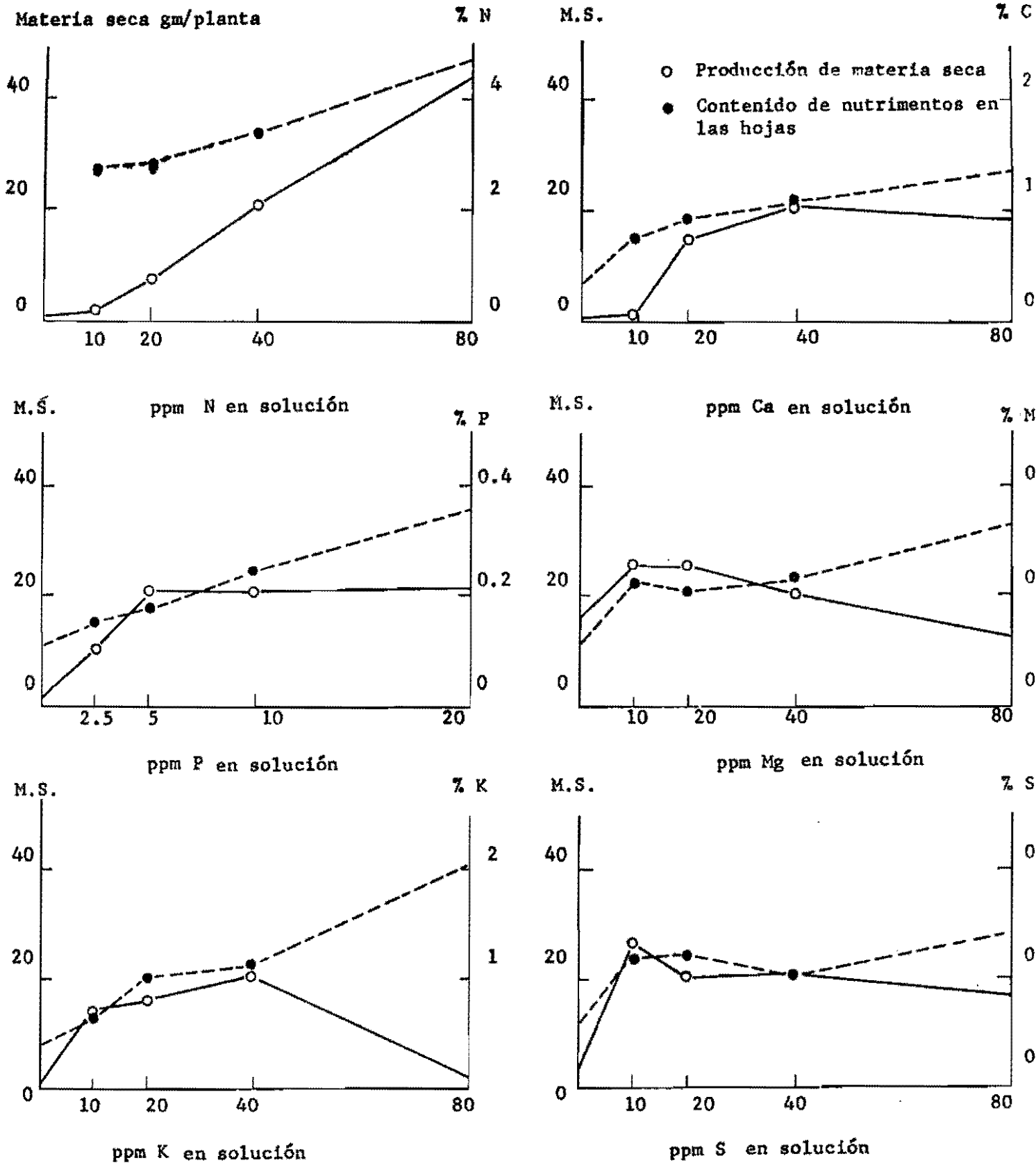


Figura 8.- Producción de materia seca total y contenido de nutrimentos en las hojas de la yuca.

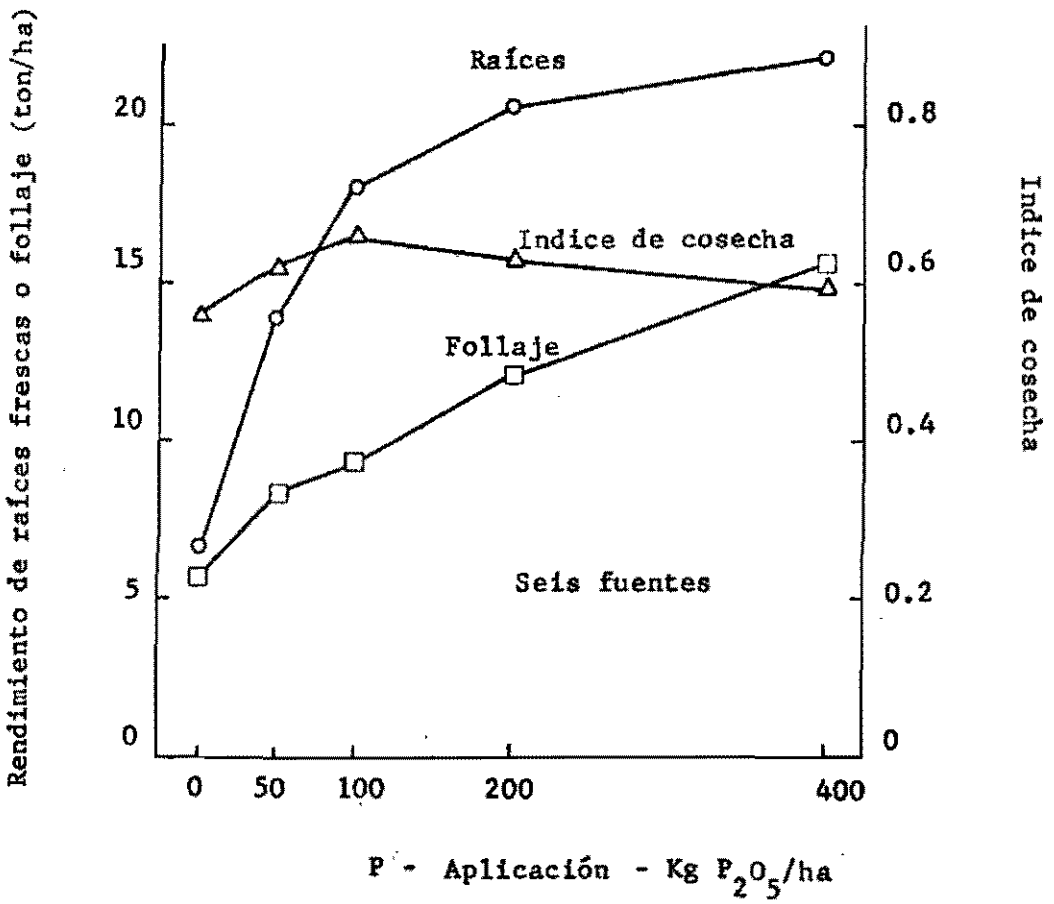


Figura 9.- Efecto de la aplicación de P (promedio de seis fuentes) sobre el rendimiento de raíces frescas y de follaje y sobre el índice de cosecha de la yuca.

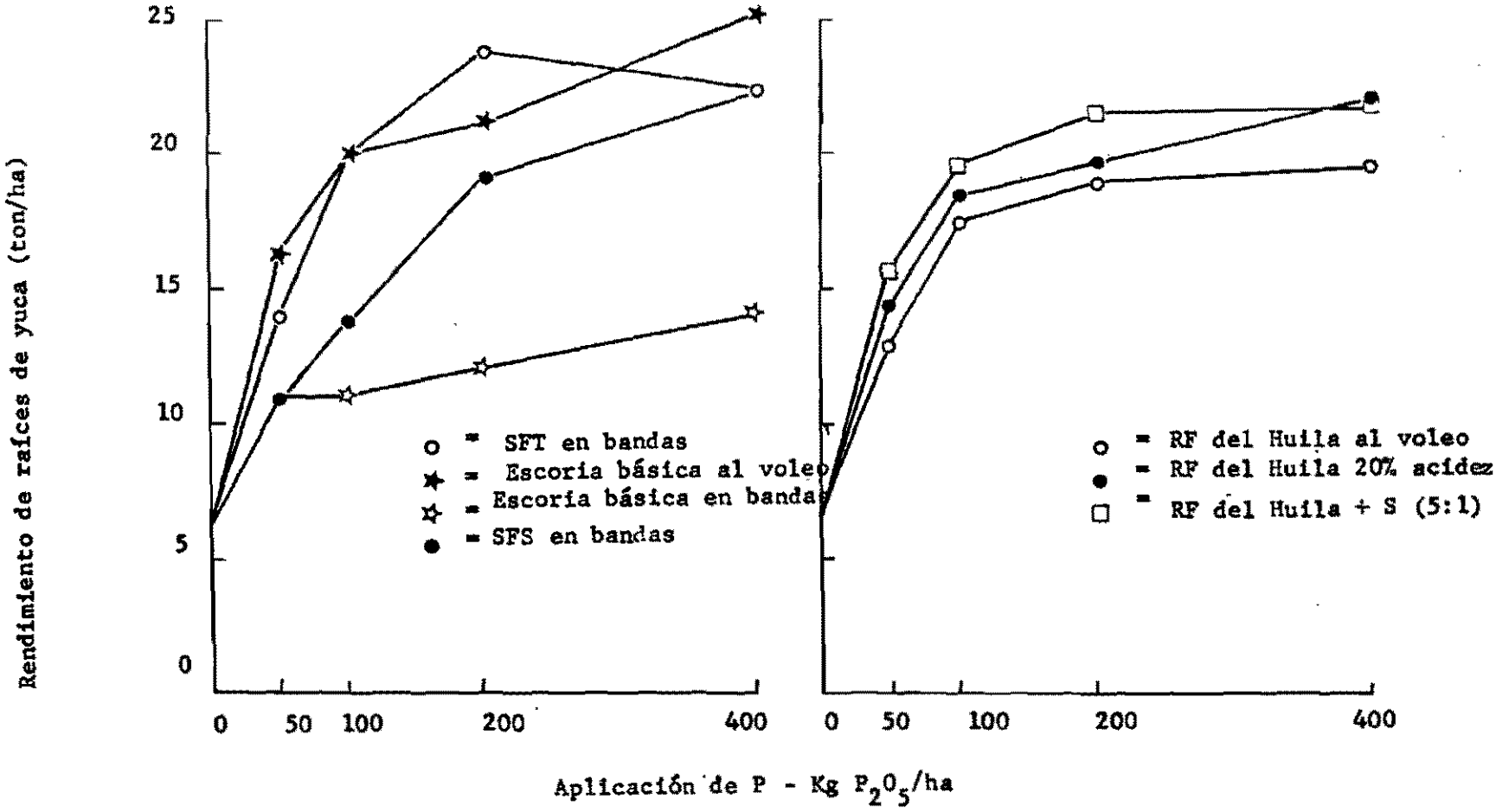


Figura 10.- Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de P aplicados a el voleo o en bandas en Carimagua.

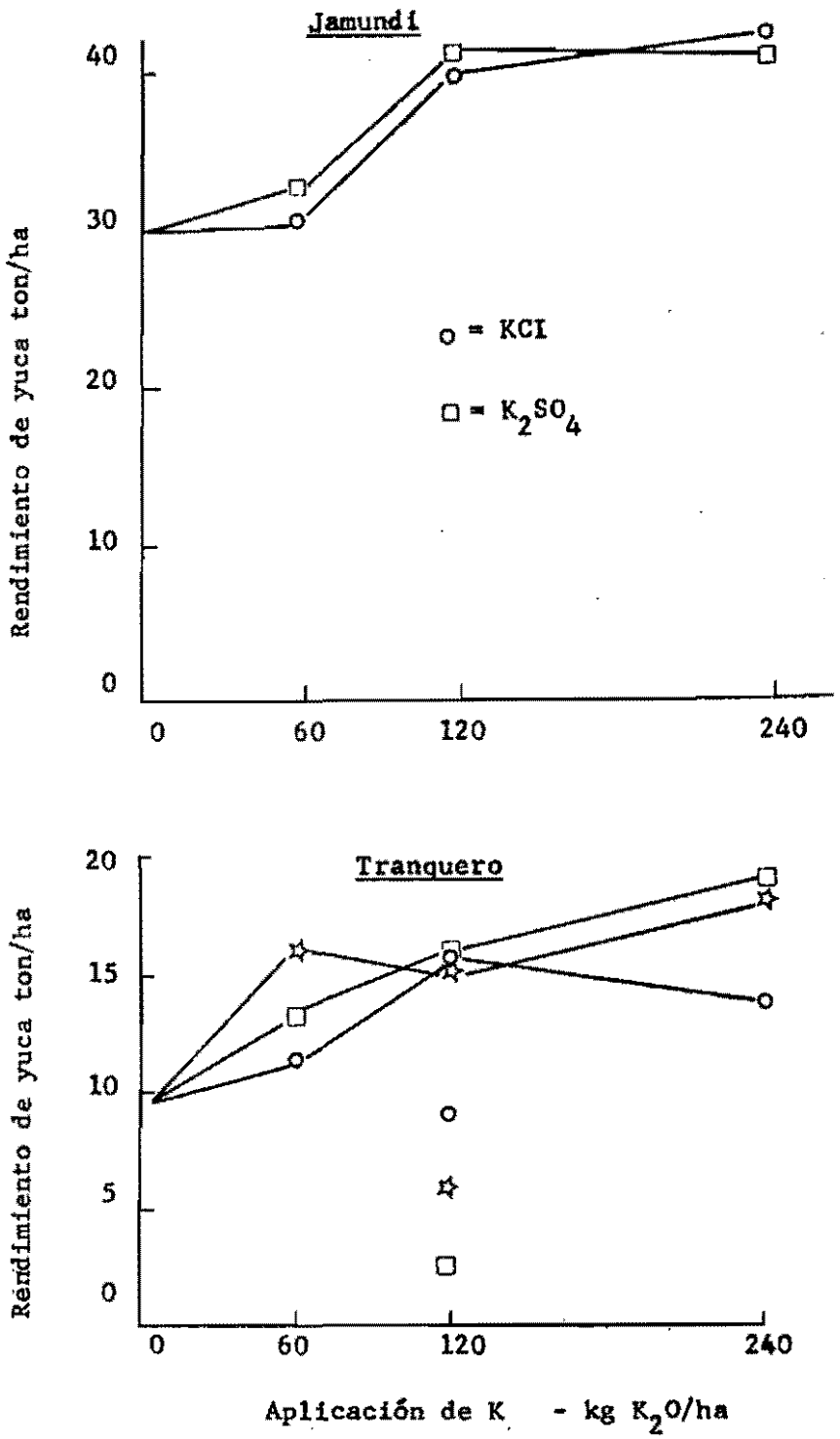


Figura 11.- Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de K aplicados en Jamundí (Valle del Cauca) y Tranquero (cerca a Carimagua).

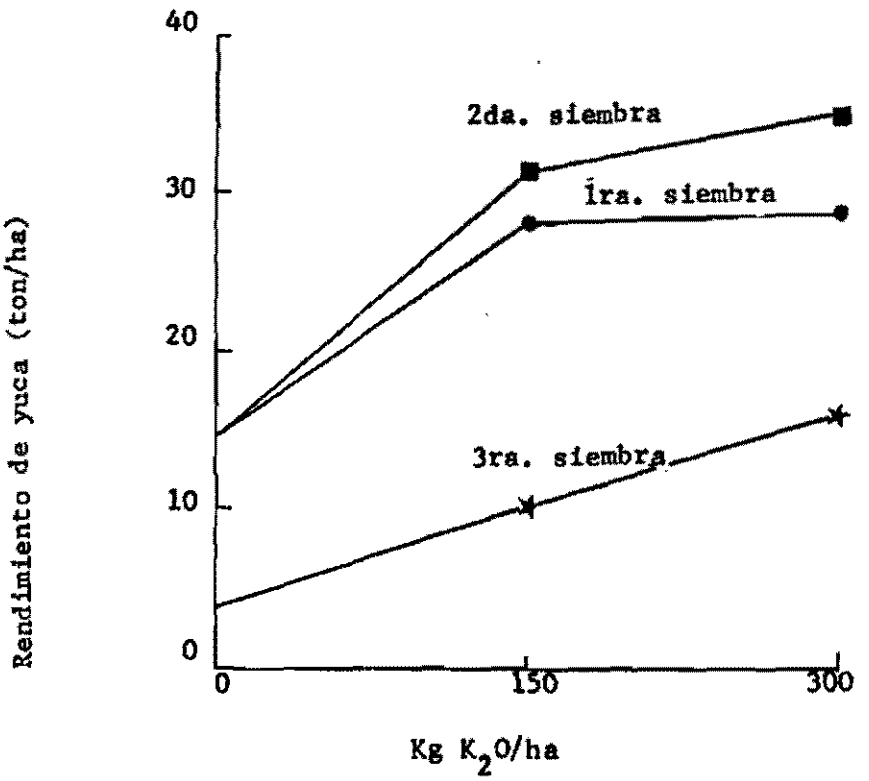


Figura 12.- Respuesta de tres siembras de yuca a varios niveles de K aplicados antes de la primera siembra (Den Doop, 1937).

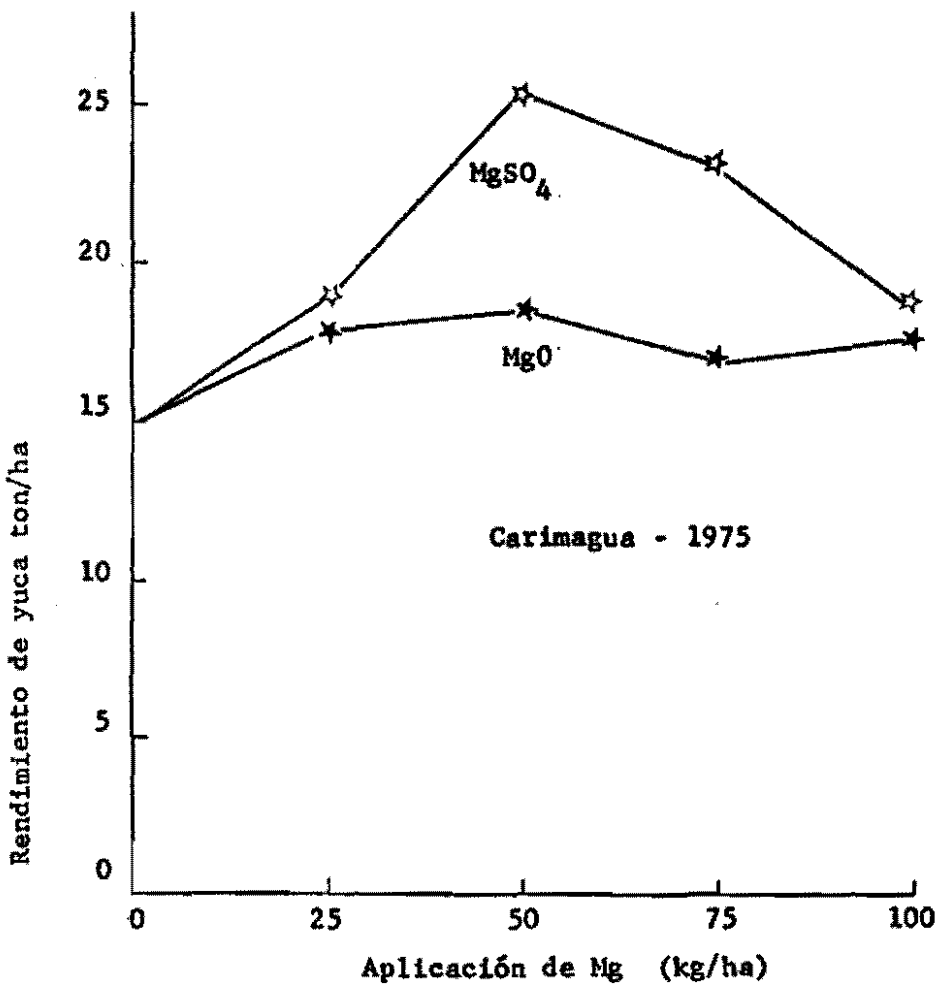


Figura 13.- Respuesta de la yuca a varios niveles de Mg aplicados como MgO_4 y MgO en Tranquero (cerca a Carimagua en 1975).

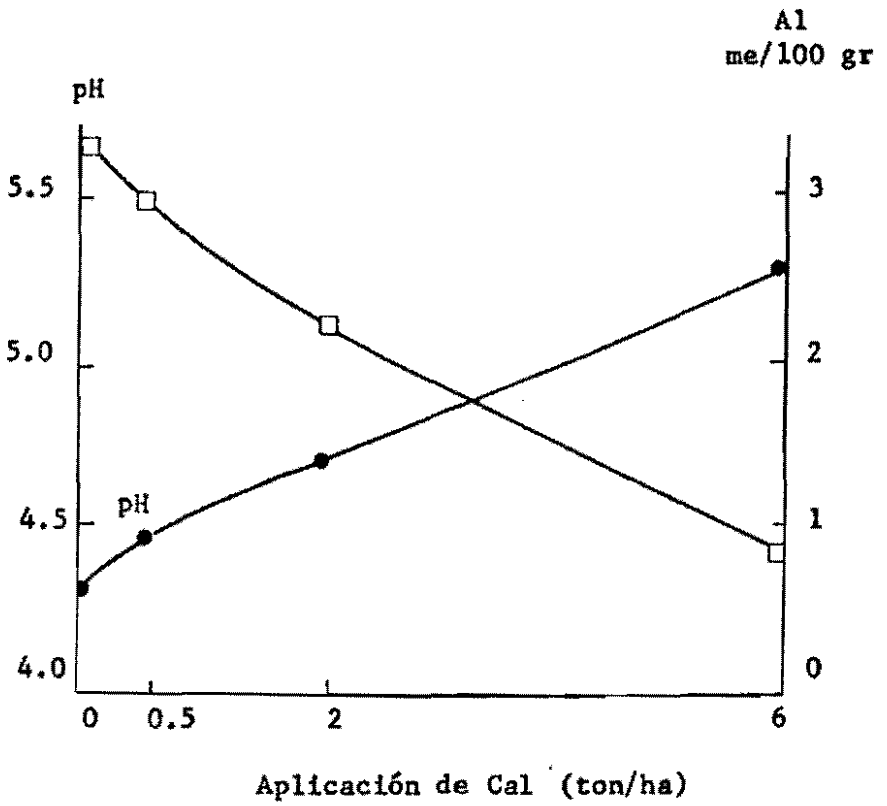


Figura 14.- Efecto del encalamiento sobre el pH del suelo y el aluminio intercambiable en Carimagua.

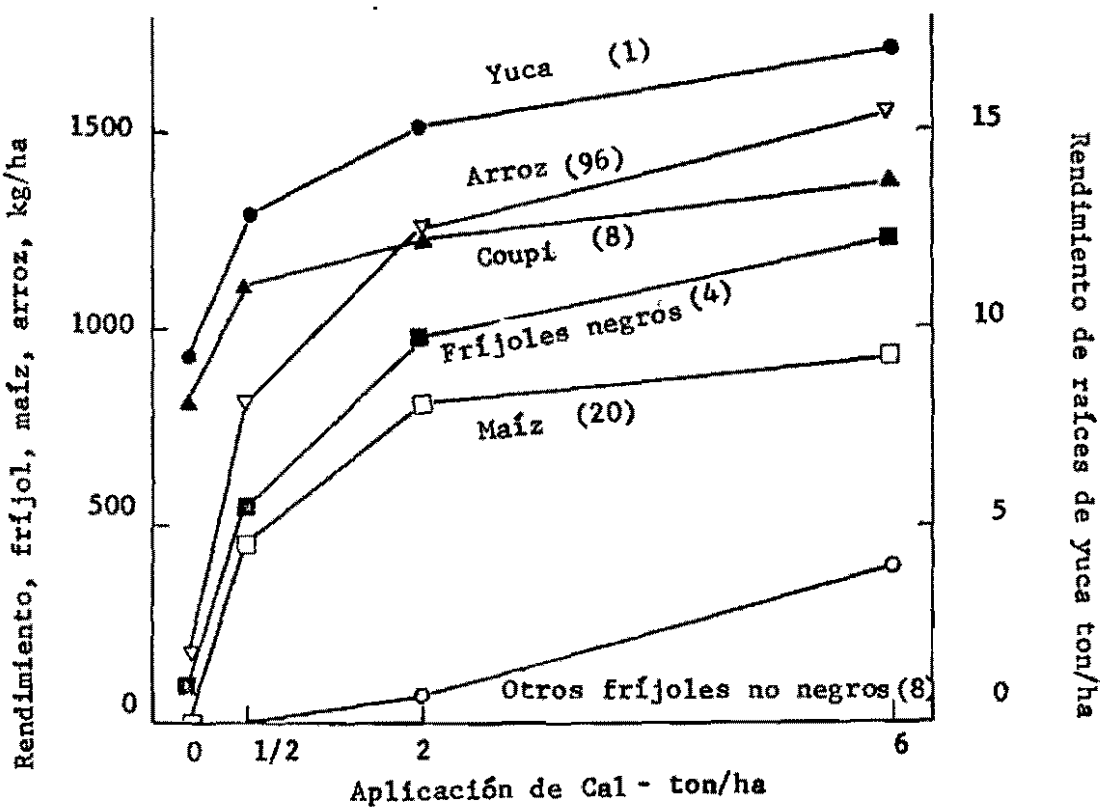


Figura 15.- Respuesta de seis cultivos alimenticios a la aplicación de cal en Carimagua. Los números entre paréntesis indican el número de cultivares

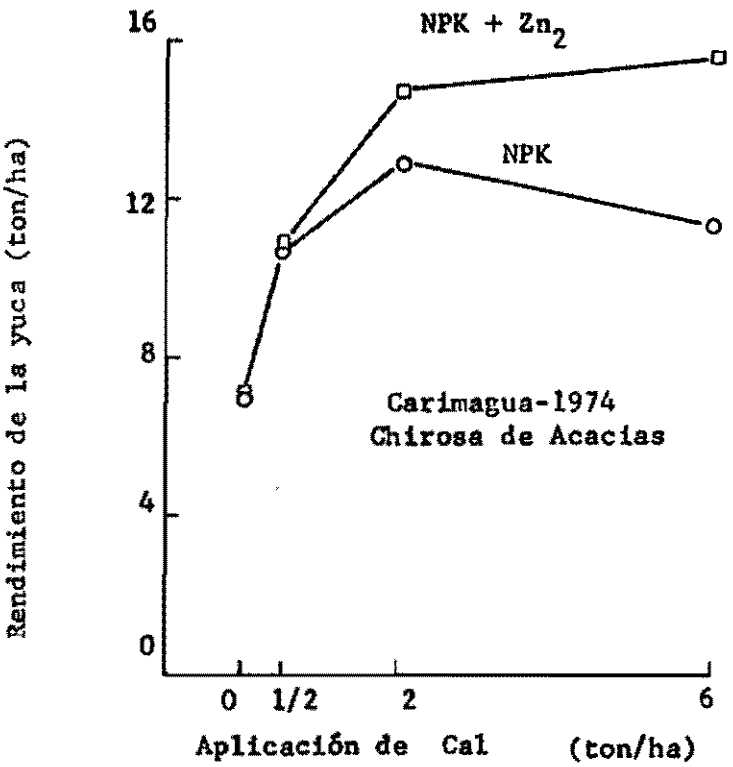


Figura 16.- Respuesta de la yuca al encalamiento con y sin la aplicación de 20 kg/ha de Zn en Carimagua.

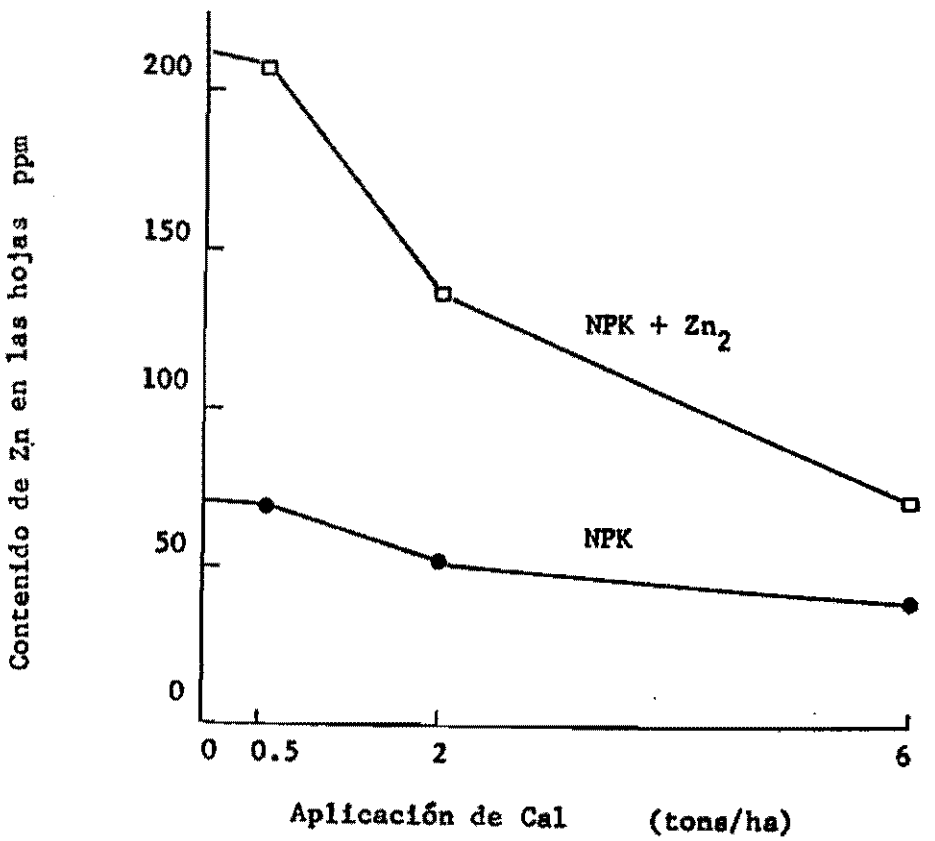


Figura 17.- Efecto del encalamiento sobre el contenido de Zn de las hojas superiores de la yuca con y sin aplicar el Zn en el suelo.

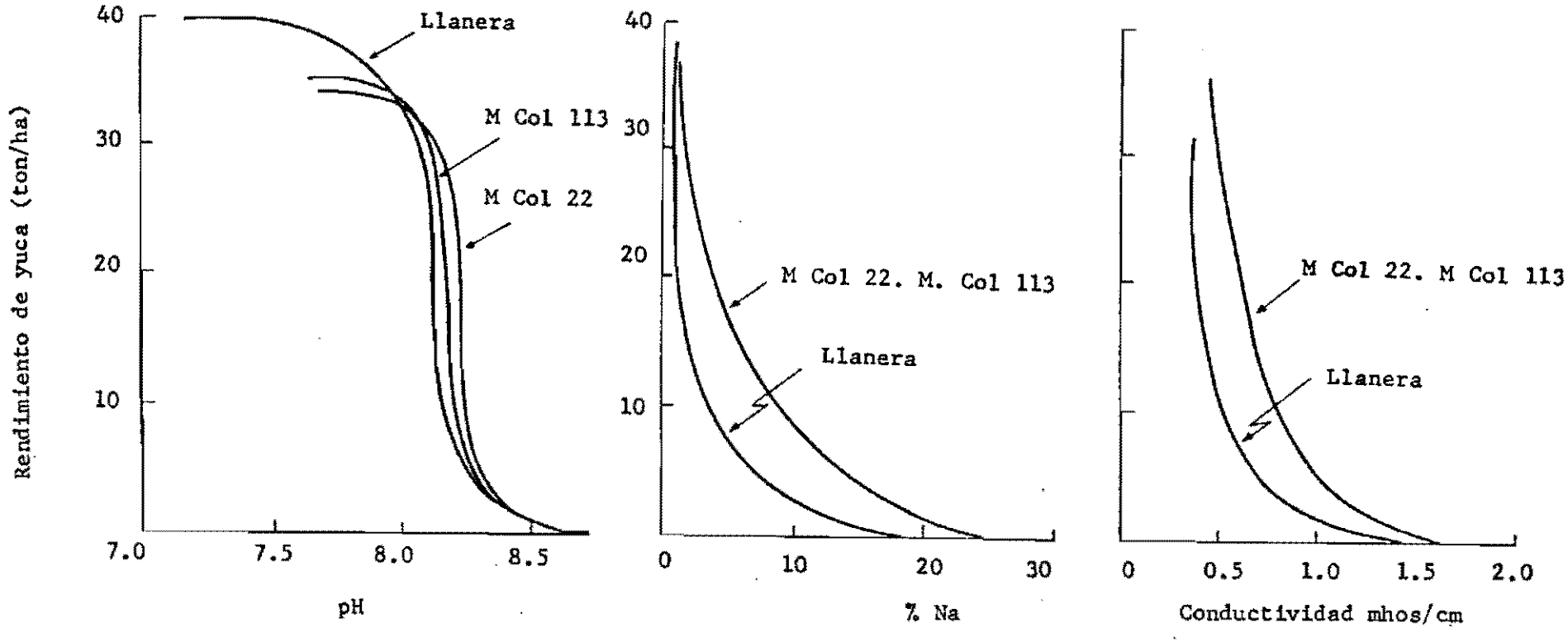


Figura 18.- Efecto del Ph del suelo, del porcentaje de saturación de sodio y de la conducitividad eléctrica sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca en el CIAT, Palmira.

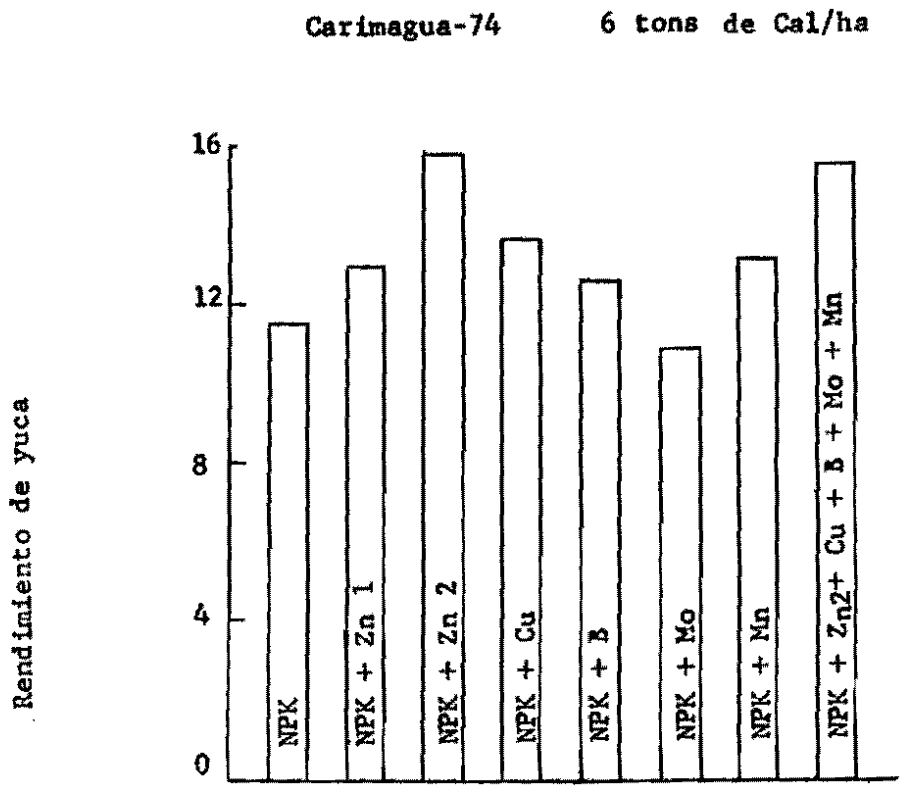


Figura 19.- Respuesta de la yuca a la aplicación de varios microelementos en un suelo el cual había recibido 6 ton/ha de Cal en Carimagua, 1974.

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; Sanchez, 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).

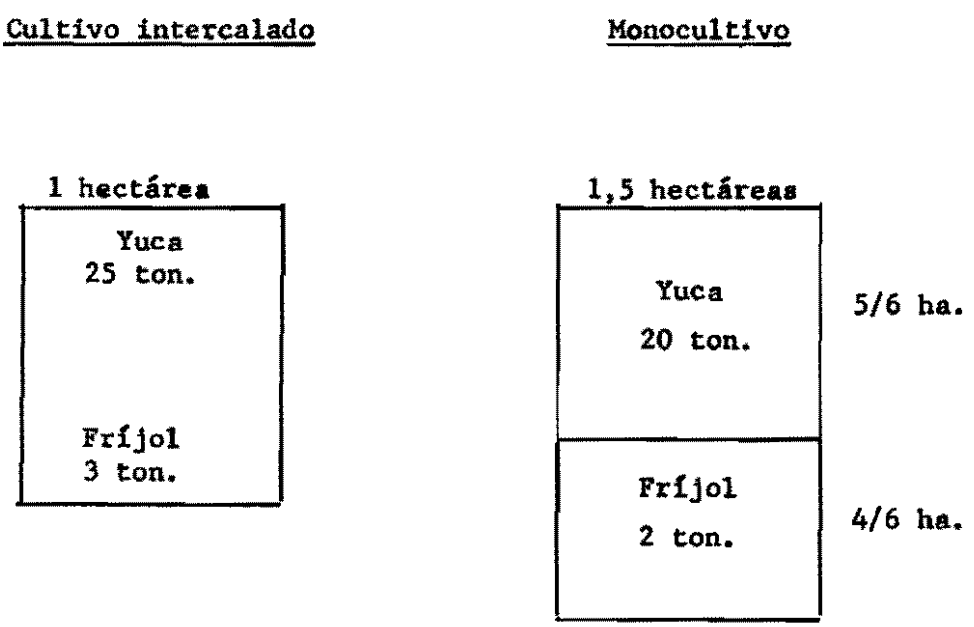
$$RET = \frac{X1}{Y1} + \frac{X2}{Y2} + \ldots\ldots\ldots\ldots = \sum_{=1}^{m} \frac{Xi}{Yi}$$

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

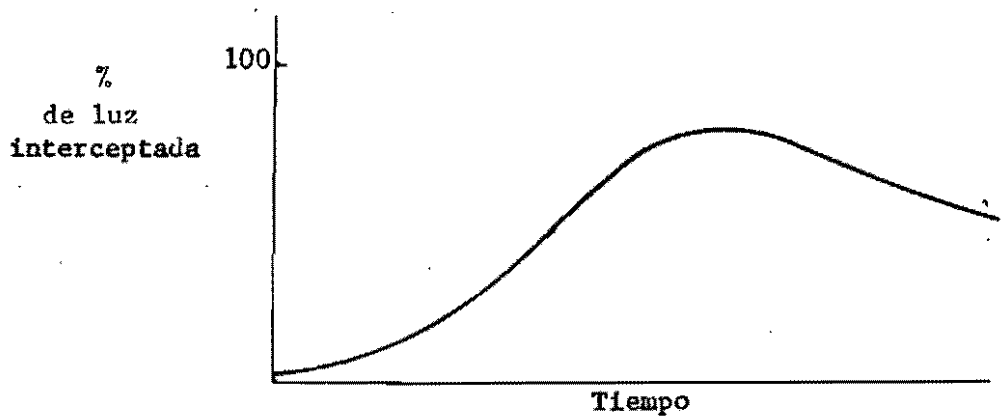
Las plantas se pueden desarrollar durante todo el año en las regiones tropicales debido a la abundancia de energía solar disponible. El ecosistema natural de estas regiones consiste de una cantidad enorme de especies vegetales las cuales conforman una unidad biológica compleja. El agroecosistema de los 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. Nos 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.

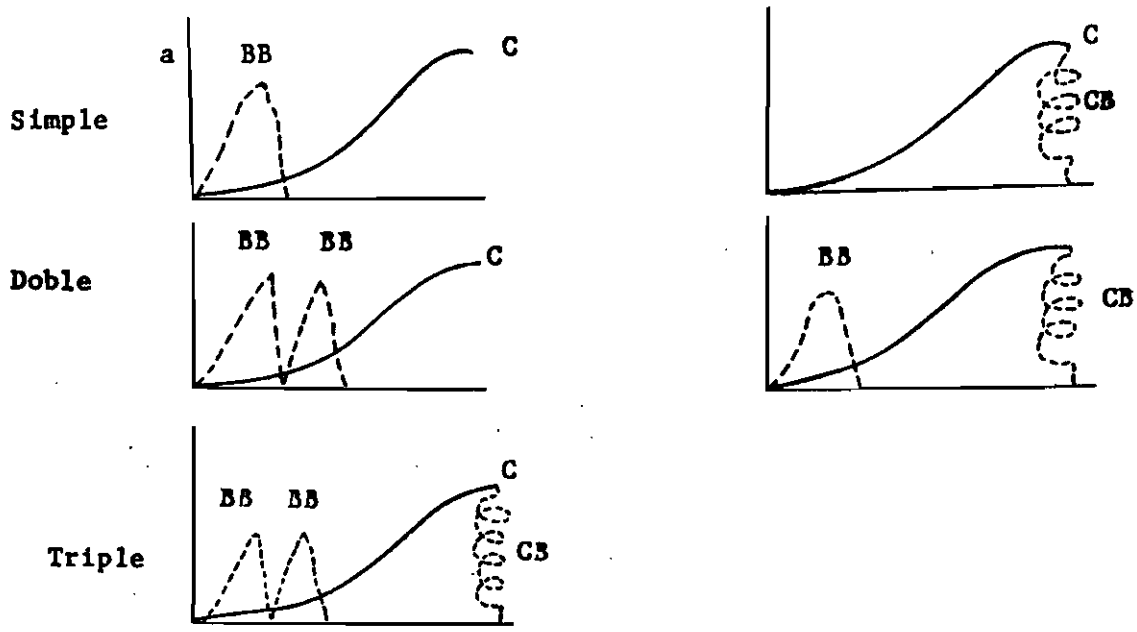
Si los nutrientes se encuentran en el suelo en diferentes formas químicas y físicas, la habilidad competitiva de las diferentes especies estará determinada por su capacidad para utilizar cada una de estas formas. Por ejemplo, el trébol absorbe más potasio que las gramíneas en las praderas combinadas. 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 Cucarrocito Verde del Follaje, el cual se puede controlar con 400-600 c.c./ha. de Diostops; y

3. Los Acaros rojos y verde:, 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 frijol 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.

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 aderido 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 raíces 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.

SUGERENCIAS PARA LA CONDUCCION DE PRUEBAS REGIONALES

Julio César Toro M.

La prueba regional es un experimento en el cual se evalúan agronómicamente variedades promisorias (no más de 20), con el fín de medir su potencial de rendimiento y adaptabilidad a un amplio rango de condiciones ecológicas comparándolas con la mejor variedad local.

Objetivo

1. Evaluar la tecnología generada hasta el momento por el equipo de yuca.

2. Una vez que se hallan encontrado resultados positivos, transferir esta tecnología a las agencias nacionales.

3. Extrapolar estos resultados a otras partes del mundo.

Criterio

Como es imposible tener en cada lugar donde se cultive la yuca un banco de germoplasma, es necesario evaluar nuestros materiales promisorios, en regiones contrastantes, una vez que este material haya sido evaluado por el programa de Fitomejoramiento de yuca. Se debe evaluar el comportamiento de las variedades promisorias antes de entregarlas a las agencias nacionales.

Pautas

1. Identificar las Instituciones colaboradoras. Las agencias nacionales deben demostrar su necesidad e interés por el cultivo de la yuca, antes de pensar en sembrar una prueba regional; de otro modo esto supondría una pérdida de tiempo y esfuerzos.

2. Selección del sitio. En un determinado país, se considera el área (s) actualmente cultivada (s) con yuca para que el ensayo resulte más representativo. Estos sitios deben ser elegidos en campos de fácil acceso para que los agricultores de la región puedan visitarlos sin problemas.

3. Identificación de la persona responsable. Generalmente, es preferible trabajar con una persona de confianza para poder manejar el ensayo adecuadamente. Es aconsejable entrenar la persona antes de sembrar la prueba. Es necesario asegurarse de que los datos son exactos y han sido bien tomados; sólo así, es posible confiar en ellos para su posterior recomendación.

4. Epoca de siembra. Esta se decide despues de consultar con los agricultores de la región sobre cuál es la época más conveniente. Si el ensayo no se va a regar, generalmente se siembra a principios de la estación lluviosa.

5. Epoca de cosecha. Se sigue la práctica más común usada por los agricultores de la región bajo estudio. En el caso de Colombia, ésta generalmente ocurre entre los 10 y 12 meses, en regiones de menos de 1.000 metros sobre el nivel del mar. Por encima de esta altitud, como regla general, la cosecha demora un mes más por cada 100 metros de elevación.

6. Diseño. Los ensayos deben ser sembrados en bloques al azar con un mínimo de cuatro replicaciones.

7. Tamaño de la parcela. Las parcelas localizadas en los extremos de cada bloque tendrán 9 x 8 = 72 plantas y las localizadas en el medio tendrán 8 x 8 = 64 plantas. En ambos casos, se cosechan en cada parcela, las 24 plantas centrales. Si se pierden plantas durante la cosecha, no se pueden reemplazar por las de los bordes y su número debe ser anotado. El rendimiento será dado por el área y no por el número de plantas de la parcela.

8. Surcos de borde. Como puede verse en el diagrama adjunto, se recomienda dejar dos surcos de borde en cada parcela y por cada variedad para eliminar principalmente los efectos causados por la competencia por luz y agua, debido a los diferentes hábitos de crecimiento de cada una de las variedades que se van a evaluar.

9. Calles. Para facilitar la demostración y toma de datos, los bloques deben estar separados por calles de 3-4 metros de ancho, de acuerdo con las limitaciones del campo.

TECNOLOGIA EMPLEADA

1. Selección de semilla. La semilla se corta de plantas maduras y sanas, obtenidas generalmente por el sistema de propagación rápida. De las plantas seleccionadas se cortan estacas de 20 centímetros de largo, las cuales se seleccionan de acuerdo con número adecuado de yemas, corte correcto, ausencia de chancros, daños mecánicos y manchas o galerías en el centro de la médula.

2. Tratamiento de la semilla. Ya que no es posible tratar de conseguir resistencia a los innumerables patógenos e insectos del suelo, se emplea un cocter de 3 fungicidas y un insecticida para proteger las estacas en el suelo y poder asegurar un buen establecimiento del cultivo.

3. Población. Se siembran 10.000 estacas por hectárea, generalmente en el arreglo de 1 m x 1 m a no ser que la costumbre de los agricultores o la disponibilidad de maquinaria en la zona, imposibiliten construir los surcos a un metro. En todo caso, la población debe ser constante.

4. Estacas requeridas. Para aquellas variedades al extremo de cada bloque se necesitan ocho estacas adicionales por cada repetición. Por cada variedad se debe preparar un margen de 10-15% más de las estacas necesarias, como prevención para aquellos casos de mala germinación. Para solucionar todos los imprevistos, se debe contar, para cada prueba regional, con un mínimo de 320 estacas de cada variedad.

5. Preparación del suelo. Se siguen las prácticas de preparación de suelos comunes en la región. En aquellas regiones donde la lluvia es mayor de 1.200 mm. por año y los suelos son pesados, se construyen caballones, para evitar la pudrición de las raíces. La altura y ancho de los caballones varía de acuerdo con la disponibilidad de maquinaria.

6. Posición de las estacas. Las estacas se siembran verticalmente con las yemas hacia arriba y tratando de que queden al menos cuatro yemas bajo el suelo; esta posición parece ser la más segura para sembrar la yuca. En una región con régimen de lluvias adecuado y buena distribución, resulta igual sembrar horizontal o verticalmente las estacas. En cuyo caso, todas las yemas, debido a la buena humedad y alta temperatura, germinan sin problemas. En regiones con nivel errático de lluvias, si las estacas se siembran horizontalmente, en ocasiones no germinan por alguna de las siguientes razones:

   a. Las estacas quedan más vulnerables a través de sus yemas que es la parte menos leñosa y fácil de penetrar por patógenos e insectos.

   b. Como la temperatura del suelo es siempre más alta que la del aire, las yemas pueden quemarse y podrirse. En cambio cuando en una zona de iguales características, la estaca se siembra verticalmente, un extremo de la estaca queda enterrado y con humedad disponible, y el otro extremo queda con algunas yemas afuera las cuales pueden germinar ya que no sufren los excesos de la temperatura alta del suelo.

7. Aplicación de insecticidas y herbicidas. Como regla general, para prevenir las malezas se aplica una mezcla de herbicidas y para los problemas de insectos, se puede aplicar un galón de Toxapheno DDT-40-20/ha. sin incorporarlo. También se puede usar Aldrín.

8. Control de insectos. Se hace solamente en caso de ataques severos del gusano cachón. El control biológico es preferible, pero cuando éste no es posible, como último recurso se puede aplicar Dipteréx. Los otros -

insectos no se deben controlar para ver el comportamiento de las diferentes variedades ante su ataque.

9. Fertilización. Esta puede ser llevada a cabo según lo usual en la región. Como en muchas regiones el cultivo no se fertiliza, es aconsejable donde los recursos lo permiten, usar un nivel de fertilización basado en las recomendaciones agronómicas, producto de prácticas locales apropiadas. En el caso de Colombia, se están aplicando niveles medios de fertilizantes solamente en los suelos Oxisoles de Carimagua y Santander de Quilichao.

10. Visitas requeridas. Se requiere un mínimo de siete visitas en el siguiente orden:

    1. Para seleccionar el lugar y ordenar la preparación del suelo

    2. Para efectuar la siembra

    3. 20-25 días después de la siembra para resembrar, si es necesario

    4. Después de dos meses de la siembra para el control de malezas, si es necesario

    5. Después de cuatro meses para reconocimiento de insectos, enfermedades y malezas

    6. Después de 7 meses para reconocimiento de insectos, enfermedades y malezas

    7. En la época de cosecha.

    En cada visita se toma nota de todos los problemas y el desarrollo del cultivo en general.

11. Recolección de datos.

    a. Análisis del suelo. Se debe hacer lo más completo posible mediante una caracterización que incluya los elementos menores tales como Zinc, Hierro, Boro, Manganeso y Cobre. Se debe hacer una historia del lote que se va a sembrar, anotando como mínimo los siguientes datos: localización, municipalidad, departamento o provincia, altitud, latitud, temperatura promedio, precipitación, textura, clasificación del suelo, cultivo anterior, fertilizantes y pesticidas utilizados en cultivos anteriores.

    En cada lugar debe ser instalado un pluviómetro con el fin de medir la lluvia y su distribución durante el ciclo del cultivo.

b. Germinación. Esta debe tomarse entre los 20 y 30 días después de sembrar. Parcelas con menos del 80% de germinación se deben descartar. La resiembra puede ser hecha entre las 3-5 semanas después de la siembra. Las estacas que no germinen o presenten poco vigor, o síntomas de problemas, se deben arrancar y buscar la causa del problema.

Las siguientes pueden ser las causas de una mala germinación:

1. Estaca podrida
2. Estaca demasiado seca
3. Estaca demasiado delgada
4. Estaca demasiado gruesa
5. Estaca sin raíces
6. Estaca sembrada con las yemas invertidas
7. Mal corte
8. Yemas malas
9. Ataque de insectos a las raíces
10. Ataque de insectos a la estaca
11. Ataque de insectos al brote
12. Ataque de insectos a las hojas
13. Yemas deformadas
14. Brote podrido
15. Dificultad para germinar (poco vigor)
16. Estacas sembradas en suelo inundado
17. Otros.

Se debe hacer un conteo correcto del número de estacas germinadas.

c. Malezas prevalentes. La magnitud de la infestación debe ser anotada indicando el tipo de maleza. Nombres comunes y científicos.

d. Enfermedades principales. En la actualidad se pueden considerar en la evaluación de las pruebas regionales, 23 enfermedades:

Nombre vulgar ó común	Nombre científico
1. Añublo bacterial	*Xanthomonas Manihotis*
2 Pudrición bacterial del tallo	*Erwinia sp.*
3 Mosaico africano	Agente causal desconocido
4 Mosaico común	Virus
5 Mosaico de las nervaduras	Virus
6 Superbrotamiento	Micoplasma
7 Mancha parda	*Cercospora henningsii*
8 Añublo pardo fungoso	*Cercospora vicosae*
9 Mancha blanca	*Cercospora caribaea*
10 Mancha de anillos circulares	*Phoma* (Phyllosticta) sp.
11 Superalargamiento	*Sphaceloma manihoticola*

12	Ceniza de la yuca	Oidium manihotis
13	Antracnosis	Colletotrichum o Glomerella manihotis
14	Roya	Uromyces spp.
15	Pudriciones del tallo	Varios patógenos
16	Cuero de sapo	Agente causal desconocido
17	Pudriciones radicales	Varios patógenos Phytophthora Drechsleri
18	Pudriciones radicales	Phytium spp.
19	Pudriciones radicales	Rosellinia Necatrix
20	Pudriciones radicales	Armillaria Mellea
21	Pudriciones radicales	Fomes Lignosus etc.
22	Pudriciones radicales posteriores a la cosecha	Efectos fisiológicos y/o patogénicos
23	Fumagina	Varios patógenos
24	Otros	

e. Principales pestes

	Nombre vulgar ó común	Nombre científico
1	Acaros	Mononychellus tanajoa
2	Acaros	Tetranychus urticae
3	Acaros	Oligonychus peruvianus
4	Trips	Frankliniella Williamsi
5	Trips	Corynothrips stenopterus
6	Trips	Caliothrips masculinus
7	Gusano cachón	Erinnyis ello
8	Mosca del cogollo	Silba pendula
9	Mosca del cogollo	Carpolochaea chalybea
10	Mosca de la fruta	Anastrepha pickeli
11	Mosca de la fruta	Anastrepha manihotis
12	Mosca blanca	Aleurotrachelus sp.
13	Mosca blanca	Aleurothrixus sp.
14	Mosca blanca	Bemisia tabaci
15	Mosca blanca	Bemisia tuberculata
16	Mosca blanca	Trialeurodes variabilis
17	Chizas blancas	Larvas de coleópteros pertenecientes a las familias Scarabaeidae o Cerambycidae
18	Trozadores superficiales	Agrotis ipsilon
19	Trozadores trepadores	Prodenia eridania
20	Trozadores subterráneos	Varios
21	Barrenadores del tallo	Varias especies de coleópteros, lepidópteros e himenópteros
22	Barrenadores del tallo	Lagochirus sp.
23	Barrenadores del tallo	Phyctaenodes sp (Lepidóptera)
24	Insectos escamas	Aonidomytilus albus
25	Escama negra	Saissetia miranda

26	Chinches de encaje	Vatiga manihotae y Vatiga
27	Comejenes	Coptotermes spp.
28	Hormiga arriera	Atta sp. y Acromyrmex sp.
29	Agallas	Cecidomyiidae
30	Diabrotica	Diabrotica sp.
31	Lorito verde	Empoasca sp.
32	Otros	

f. Problemas causados por deficiencias nutricionales y por toxicidad

1 Nitrógeno (N)
2 Fósforo (P)
3 Potasio (K)
4 Magnesio (Mg)
5 Azufre (S)
6 Zinc (Zn)
7 Cobre (Cu)
8 Hierro (Fe)
9 Manganeso (Mn)
10 Boro (B)
11 Toxicidad con Boro
12 Salinidad y/o alcalinidad
13 Otros

g. Daños causados por herbicidas

1 Diuron o Karmex (como preemergente)
2 Diuron o Karmex (como postemergente)
3 2,4-D o 2, 4, 5T
4 Paraquat o Gramoxone
5 Butylate
6 Atrazines
7 Otros

h. Daños causados por insecticidas

1 Otros

VAR. No. 1 VAR. No. 2 VAR. No. 3 VAR. No. 4

I

CALLEJON

II

CALLEJON

III

CALLEJON

IV

▫ ○ ● **Plantas de yuca a ser cosechadas.**

\+ x **Plantas de yuca utilizadas como plantas de borde.**

12. Datos de cosecha

Al tiempo de cosecha, es necesario tener en cuenta una serie de datos importantes para una mejor evaluación del rendimiento en el campo , como:

1. Número total de plantas por parcela
2. Número total de plantas cosechadas en el área útil por parcela, ya que los surcos del borde no se incluyen.
3. Número de plantas perdidas por parcela
4. Número total de raíces por parcela
5. Peso fresco total por parcela en kilogramos
6. Porcentaje de raíces por planta
7. Porcentaje de raíces podridas
8. Número de plantas con raíces podridas
9. Número de raíces podridas
10. Longitud de la raíz (cm)
11. Diámetro de la raíz (cm)
12. Peso fresco de raíces al aire libre
13. Peso fresco de raíces en agua
14. Densidad específica de las raíces
15. Porcentaje de materia seca
16. Porcentaje de almidón
17. Calidad culinaria
18. Rendimiento (kg/ha)
19. Meses desde la siembra hasta la cosecha.

Cada evaluación se califica de 1 a 5, con incrementos del 20 al 25% por cada nivel de daño. La ausencia de daño aparente tiene un valor de cero (0).

La magnitud del daño causado por algunas plagas y enfermedades se detalla más adelante para hacer más fácil el análisis o evaluación. Se recomienda tomar notas en cada caso, ésto es de gran importancia ya que como en el caso del gusano cachón, podemos no encontrar daño aparente, pero sí una cantidad de huevos de este insecto parasitados, o una alta población de avispas Polistes. En estas condiciones es posible planear en una forma más adecuada el control de plagas sin romper el equilibrio biológico existente en la zona.

GUIA PARA EVALUACION DE ENFERMEDADES EN LA YUCA

1. Añublo Bacterial

Valores

1. Sin síntomas visibles
2. Manchas angulares acuosas
3. Añublo, defoliación hasta de un 50%
4. Defoliación superior al 50%. Muerte descendente y necrosis mayor del 10%
5. Muerte descendente generalizada. Defoliación mayor del 80%. Pudrición radical mayor del 10%.

2. Cercosporas

1. Plantas sanas
2. Defoliación mayor del 25%
3. Defoliación del 26 al 50%
4. Defoliación del 51 al 75%
5. Defoliación mayor del 80%

3. Superalargamiento

1. Ningún daño
2. Chancros en las venas principales y en las hojas
3. Chancros en los pecíolos y en las ramas
4. Alargamiento de los entrenudos, cogollos y pecíolos
5. Necrosis general y muerte de la planta.

GUIA PARA EVALUACION DE PLAGAS EN LA YUCA

1. Mononychellus Tanajoa - Acaros

1. Acaros en el cogollo y pocos puntos en las hojas
2. Muchos ácaros, pocos puntos en el cogollo y hojas terminales
3. Cogollo afectado, hojas adyacentes con muchos puntos
4. Cogollo deforme, hojas adyacentes y presencia de gran número de ácaros
5. Cogollo muerto, defoliación con presencia de gran número de ácaros.

2. Tetranichus Urticae-Acaros

1. Pocos ácaros, puntos amarillentos notorios en algunas hojas
2. Puntos amarillentos moderadamente abundantes en la parte basal y media de la planta
3. Hojas bajeras con encrespamiento, zonas necróticas y caída de algunas hojas
4. Defoliación intensa en parte media de la planta, cogollo y hojas adyacentes con muchos ácaros y amarillamiento
5. Planta defoliada, cogollo muy reducido o muerto.

3. Trips

1. Puntuaciones amarillas ligeras en las hojas
2. Cogollo y hojas adyacentes con deformaciones ligeras y puntos amarillos
3. Deformación intensa de hojas y gran reducción del área foliar
4. Cogollo completamente deformado o muerto, no hay hojas adyacentes
5. Síntomas de escoba de bruja: muerte del ápice y yemas laterales.

4. Mosca del Cogollo

1. Ningún daño
2. Terminales atacados hasta un 25%
3. Ataque del 26 al 50% en los terminales
4. Ataque del 51 al 75% en los terminales
5. Ataque del 76 al 100% en los terminales.

5. Mosca Blanca

1. Menos del 20% de las hojas atacadas
2. 20-40% de hojas atacadas
3. 40-60% de hojas atacadas
4. 60-80% de hojas atacadas
5. 80-100% de hojas atacadas

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, tal como se indicó en CIAT (1), 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 medida en la balanza hidrostática.

Wania Goncalves de Fukuda, quien trabajó bajo la orientación del Dr. K. Kawano, preparó una tabla a la que nosotros hemos hecho algunas adiciones para ampliar su aplicabilidad. Estas tablas son apropiadas para las variedades de yuca cosechadas entre 10 y 12 meses.

La fórmula utilizada para éste cálculo es:

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Peso fresco de raíces al aire libre (PFRAI)}}{\text{(PFRAI)-(Peso fresco de raíces en el agua) (PFRAG)}}$$

TABLA DE EVALUACION PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE
DE MATERIA SECA Y ALMIDON DE LA YUCA

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON.
1.0200	19.53	17.73
05	19.61	18.80
10	19.69	17.88
15	19.76	17.96
20	19.84	18.03
25	19.92	11.11
30	20.00	18.19
35	20.08	18.26
40	20.15	18.34
45	20.23	18.41
50	20.31	18.49
55	20.39	18.57
60	20.47	18.64
65	20.54	18.72
70	20.62	18.80
75	20.70	18.87
80	20.78	18.95
85	20.86	19.03
90	20.93	19.10
95	21.01	19.18
1.0300	21.09	19.25
05	21.17	19.33
10	21.25	19.41
15	21.33	19.48
20	21.40	19.56
25	21.48	19.64
30	21.56	19.71
35	21.64	19.79
40	21.72	19.86
45	21.79	19.94
50	21.87	20.02
55	21.95	20.09
60	22.03	20.17
65	22.11	20.25
70	22.18	20.32
75	22.26	20.40
80	22.34	20.47
85	22.42	20.55
90	22.50	20.63
95	22.57	20.70
1.0400	22.65	20.78

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON
1.0405	22.73	20.86
10	22.81	20.93
15	22.89	21.01
20	22.97	21.09
25	23.04	21.16
30	23.12	21.24
35	23.20	21.31
40	23.28	21.39
45	23.36	21.47
50	23.43	21.54
55	23.51	21.62
60	23.59	21.70
65	23.67	21.77
70	23.75	21.85
75	23.82	21.92
80	23.90	22.00
85	23.98	22.08
90	24.06	22.15
95	24.14	22.23
1.0500	24.22	22.31
05	24.29	22.38
10	24.37	22.46
15	24.45	22.54
20	24.53	22.61
25	24.61	22.69
30	24.68	22.76
35	24.76	22.84
40	24.84	22.92
45	24.92	22.99
50	25.00	23.07
55	25.07	23.15
60	25.15	23.22
65	25.23	23.30
70	25.31	23.37
75	25.39	23.45
80	25.46	23.53
85	25.54	23.60
90	25.62	23.68
95	25.70	23.76
1.0600	25.78	23.83

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON
1.0605	25.86	23.91
10	25.93	23.99
15	26.01	24.06
20	26.09	24.14
25	26.17	24.21
30	26.25	24.29
35	26.32	24.37
40	26.40	24.44
45	26.48	24.52
50	26.56	24.60
55	26.64	24.67
60	26.71	24.75
65	26.79	24.82
70	26.87	24.90
75	26.95	24.98
80	27.03	25.05
85	27.10	25.13
90	27.18	25.21
95	27.26	25.28
1.0700	27.34	25.36
05	27.42	25.44
10	27.50	25.51
15	27.57	25.59
20	27.65	25.66
25	27.73	25.74
30	27.81	25.82
35	27.89	25.89
40	27.96	25.97
45	28.04	26.05
50	28.12	26.13
55	28.20	26.20
60	28.28	26.23
65	28.35	26.36
70	28.43	26.43
75	28.51	26.51
80	28.59	26.59
85	28.67	26.66
90	28.74	26.74
95	28.82	26.81
1.0800	28.90	26.89
05	28.98	26.96
10	29.06	27.04
15	29.14	27.11
20	29.22	27.19
25	29.30	27.27
30	29.37	27.34
35	29.45	27.42
40	29.53	27.50
45	29.61	27.57
50	29.69	27.65

DENSIDAD	% M. S.	% ALMIDON
1.0855	29.77	27.72
60	29.84	27.80
65	29.92	27.88
70	30.00	27.95
75	30.08	28.03
80	30.16	28.11
85	30.23	28.18
90	30.31	28.26
95	30.39	28.34
1.0900	30.47	28.41
05	30.55	28.49
10	30.62	28.56
15	30.86	28.64
20	30.78	28.72
25	30.86	28.79
30	30.94	28.87
35	31.01	28.95
40	31.09	29.02
45	31.17	29.10
50	31.25	29.17
55	31.33	29.25
60	31.41	29.33
65	31.48	29.40
70	31.56	29.48
75	31.64	29.56
80	31.72	29.63
85	31.80	29.71
90	31.87	29.79
95	31.95	29.86
1.1000	32.03	29.94
05	32.11	30.01
10	32.19	30.09
15	32.26	30.17
20	32.34	30.24
25	32.42	30.32
30	32.50	30.40
35	32.58	30.47
40	32.65	30.55
45	32.73	30.62
50	32.81	30.70
55	32.89	30.78
60	32.97	30.85
65	33.05	30.93
70	33.12	31.01
75	33.20	31.08
80	33.28	31.16
85	33.36	31.24
90	33.44	31.31
95	33.51	31.39
1.1200	33.59	31.46

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON
1.1205	35.23	33.07
10	35.31	33.14
15	35.39	33.22
20	35.46	33.30
25	35.54	33.37
30	35.62	33.45
35	35.70	33.52
40	35.77	33.60
45	35.85	33.68
50	35.93	33.75
55	36.01	33.83
60	36.09	33.91
65	36.16	33.98
70	36.24	34.06
75	36.32	34.14
80	36.40	34.21
85	36.48	34.29
90	36.55	34.36
95	36.63	34.44
1.1300	36.71	34.52
05	36.79	34.59
10	36.87	34.67
15	36.95	34.75
20	37.02	34.82
25	37.10	34.90
30	37.18	34.97
35	37.26	35.05
40	37.34	35.13
45	37.41	35.20
50	37.49	35.28
55	37.57	35.36
60	37.65	35.43
65	37.73	35.51
70	37.80	35.59
75	37.88	35.66
80	37.96	35.74
85	38.04	35.81
90	38.12	35.89
95	38.19	35.97
1.1400	38.27	36.04
05	38.35	36.12
10	38.43	36.20
15	38.51	36.27
20	38.59	36.35
25	38.66	36.42
30	38.74	36.50
35	38.82	36.58
40	38.90	36.65
45	38.98	36.73
50	39.05	36.81

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON
1.1455	39.13	36.88
60	39.21	36.96
65	39.29	37.04
70	39.37	37.11
75	39.44	37.19
80	39.52	37.26
85	39.60	37.34
90	39.68	37.42
95	39.76	37.49
1.1500	39.84	37.57
05	39.91	37.65
10	39.99	37.72
15	40.07	37.80
20	40.15	37.87
25	40.23	37.95
30	40.30	38.03
35	40.38	38.10
40	40.46	38.18
45	40.54	38.26
50	40.62	38.33
55	40.69	38.41
60	40.77	38.49
65	40.85	38.56
70	40.93	38.64
75	41.01	38.71
80	41.08	38.79
85	41.16	38.87
90	41.24	38.94
95	41.32	39.02
1.1600	41.40	39.10
05	41.48	39.18
10	41.55	39.25
15	41.63	39.33
20	41.71	39.41
25	41.79	39.48
30	41.87	39.56
35	41.94	39.64
40	42.02	39.71
45	42.10	39.79
50	42.18	39.86
55	42.26	39.94
60	42.33	40.02
65	42.41	40.09
70	42.49	40.17
75	42.57	40.25
80	42.65	40.32
85	42.72	40.40
90	42.80	40.47
95	42.88	40.55
1.1700	42.96	40.63

DENSIDAD	% M.S.	% ALMIDON
1.1705	43.04	40.70
10	43.12	40.78
15	43.19	40.86
20	43.27	40.93
25	43.35	41.01
30	43.43	41.08
35	43.51	41.16
40	43.59	41.24
45	43.66	41.31
50	43.74	41.39
55	43.82	41.47
60	43.90	41.54
65	43.98	41.62
70	44.06	41.70
75	44.13	41.77
80	44.21	41.84
85	44.29	41.92
90	44.37	42.00
95	44.45	42.07
1.1800	44.52	42.15
05	44.60	42.22
10	44.68	42.30
15	44.76	42.38
20	44.83	42.45
25	44.91	42.53
30	44.99	42.61
35	45.07	42.68
40	45.15	42.76
45	45.22	42.84
50	45.30	42.91
55	45.38	42.99
60	45.46	43.06
65	45.54	43.14
70	45.61	43.22
75	45.69	43.29
80	45.77	43.37
85	45.85	43.45
90	45.93	43.52
95	46.00	43.60
1.1900	46.08	43.67

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso raíces en aire}}{(\text{Peso raíces aire} - \text{Peso raíces agua})}$$

REFERENCIAS

1. CIAT, 1975 Informe Anual pags. B-40 y B-41

2. Cours, 1951. Le Manioc a Madagascar Memories de L'institute Scientifique de Madagascar. Tome III. Series B203-400.

3. Grosman, J., Freitas, A.C., 1950. Determinacão do Teor de Materia seca Pelo Peso Especifico em Raizes de Mandioca. Revista Agronómica 160-162. Porto Alegre, R.S. Brasil.

4. Krochal y Kilbride, 1966. An inexpensive Laboratory Method for Cassava Starch Extraction. Universidad de Puerto Rico: Jour. Agri. 50(3): 252-253.

METODOLOGIA PARA LAS PRUEBAS

El programa de Mejoramiento de Yuca está entregando cada año una cantidad razonable de material seleccionado para que sea multiplicado y llevado a las pruebas regionales por la unidad de Agronomía.

Se ha determinado que el nivel de tecnología bajo el cual se prueban las variedades debe ser uniforme. Si alguna tecnología diferente merece ser evaluada, se siembra otro ensayo utilizando dicha tecnología para poder establecer una comparación.

Cada año, los materiales que muestran el mejor comportamiento se reparten entre los agricultores, según su preferencia. Esta distribución la lleva a cabo la agencia nacional a través de díaz de campo, donde se muestran los rendimientos de las variedades evaluadas en la prueba regional. Es importante anotar que el CIAT no promueve el día de campo. La agencia nacional, en estrecha colaboración con el CIAT, es la que invita a los agricultores a participar y el CIAT ofrece la información correspondiente y oportuna referente a los nuevos resultados, control de nuevas plagas y enfermedades y prácticas culturales.

No se recomienda ninguna variedad. Los agricultores tienen plena libertad para escoger la variedad que ellos estimen más conveniente, de acuerdo con los resultados obtenidos y sus preferencias. La unidad de Economía se encarga de llevar un registro de los agricultores que llevan semilla de las nuevas variedades; igualmente hace observaciones de los cultivos en los cuales ellos aplican la tecnología tradicional, y utilizan dicha semilla.

Los agricultores no tienen mejores materiales posiblemente porque en el pasado no tuvieron suficientes variedades para escoger. Como el CIAT posee la colección más grande de germoplasma del mundo, las posibilidades de encontrar variedades superiores para cada zona son bastante promisorias.

Se necesita una buena colaboración de parte de las agencias nacionales ya que ellas serán las responsables de la multiplicación, promoción, asistencia técnica, crédito y mercadeo; esta colaboración debe ser bien cimentada para proveer del beneficio de mejor material a los agricultores y reemplazar las variedades locales, para obtener subsecuentemente y a corto plazo mejores rendimientos y aumentos en producción.

ESTRATEGIA PARA SELECCION DE VARIEDADES PROMISORIAS

Es importante hacer una breve descripción de las estrategias comúnmente utilizadas para la selección de variedades promisorias. La primera estrategia

es algo conservadora, permite probar las mismas variedades durante tres años consecutivos sin eliminar ninguna variedad hasta el último año. La variedad escogida en estos términos será la que presente excelente desarrollo y rendimiento en zonas ecológicas seleccionadas durante los tres años.

La segunda estrategia solo permite seleccionar para pruebas posteriores aquellos materiales definitivamente superiores en un año, descartando cualquier material que no demuestre comportamiento excelente en la primera oportunidad. El material que pase esta prueba tan rígida será probado durante tres años consecutivos y luego de esto sí serán escogidas como opcionadas para ser nombradas como variedades.

El problema principal con la primera estrategia es que acumula grandes cantidades de material en un tiempo relativamente corto. Sin embargo, se puede esperar que con la segunda estrategia, el número de materiales para ser probados cada año, será más o menos el mismo. Esta última estrategia permitirá una menor cantidad de variedades para recomendar.

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.

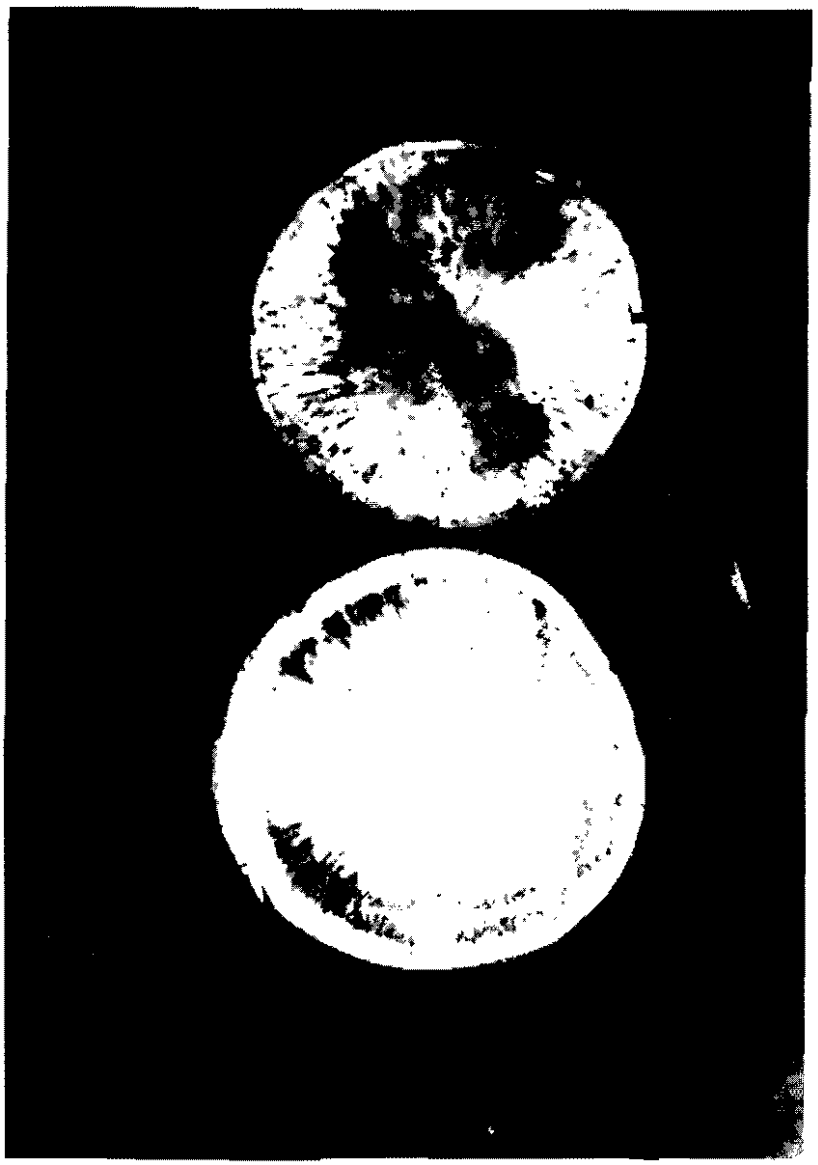
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1975. Cassava Production Systems. CIAT'S ANUAL Report 1974. CIAT. Cali, Colombia, 253 p.

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.



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.

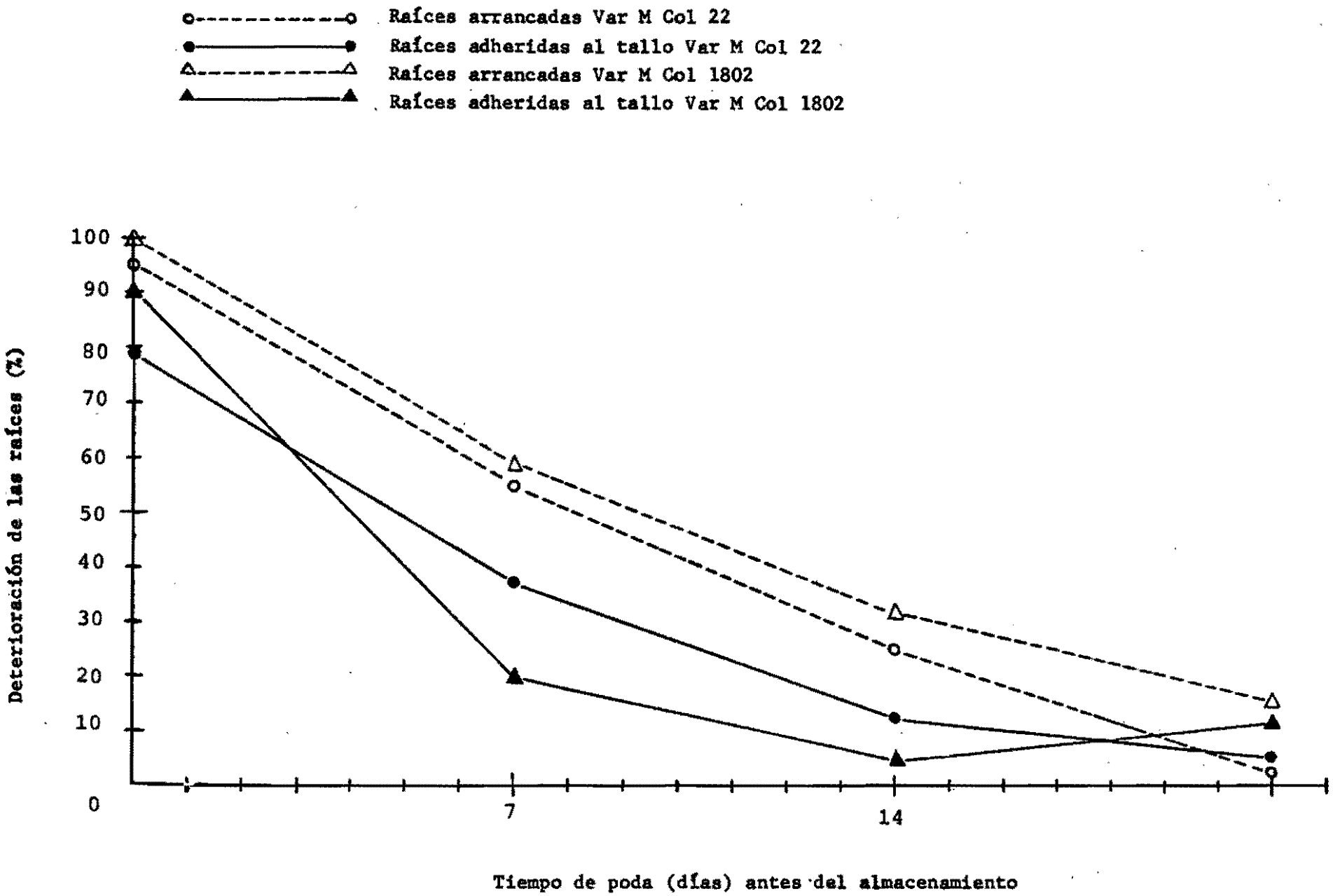


Fig. 2 Efecto de la poda en la deterioración de raíces de yuca después de 20 días de almacenamiento.

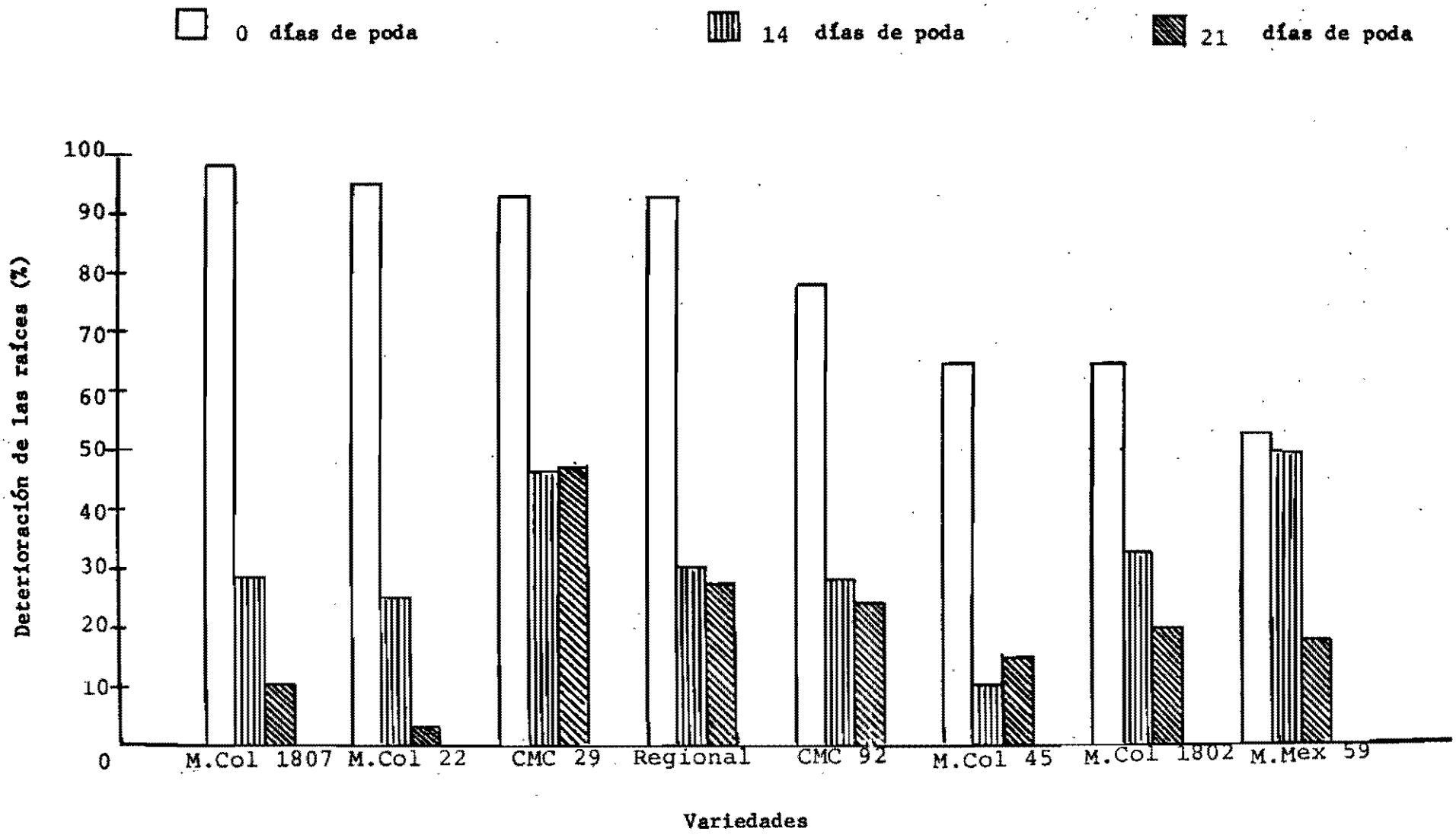
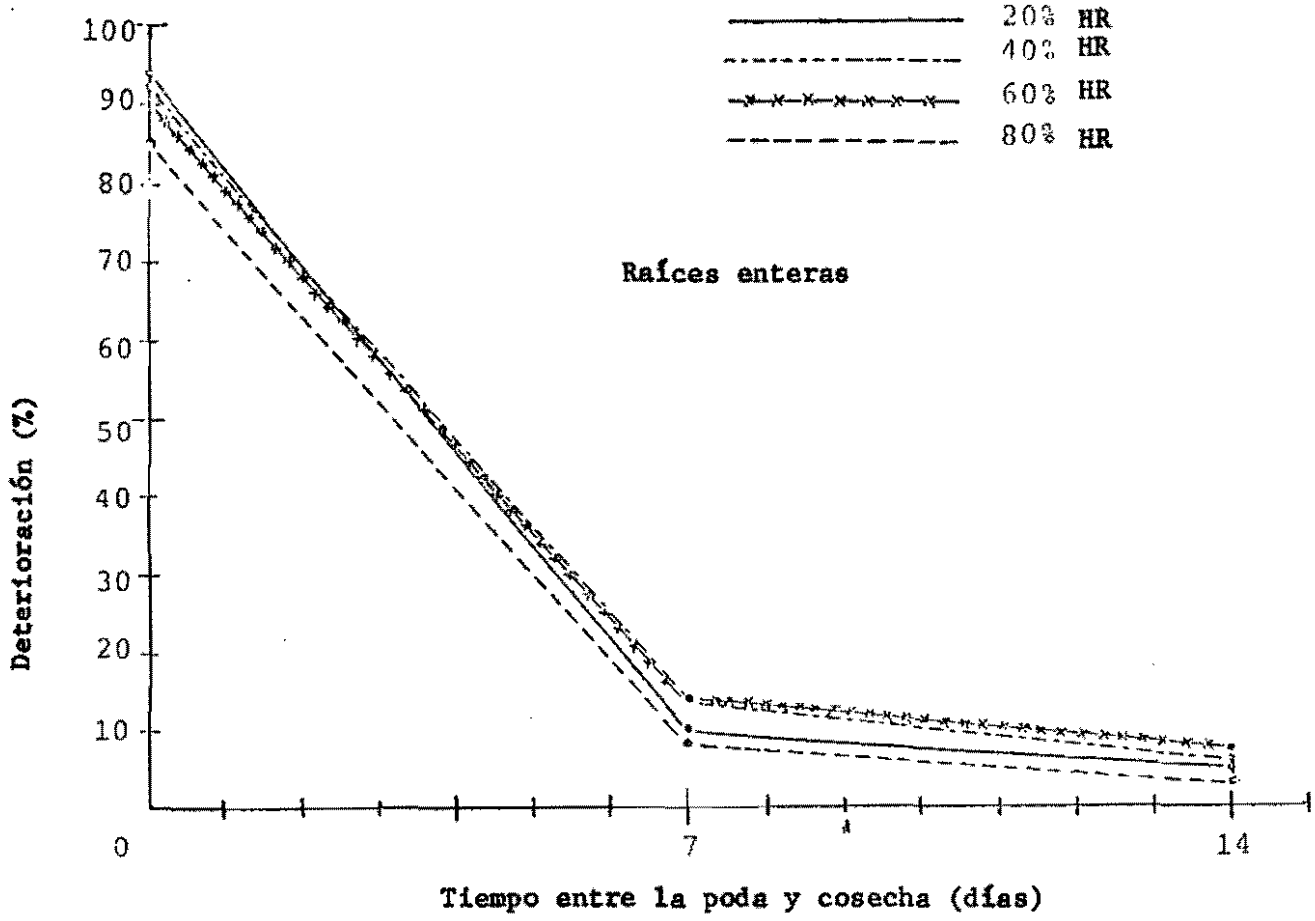


Fig. 3 Deterioración de raíces de 8 variedades de yuca podada 0, 14, 21 días antes de la cosecha y almacenada durante 20 días.



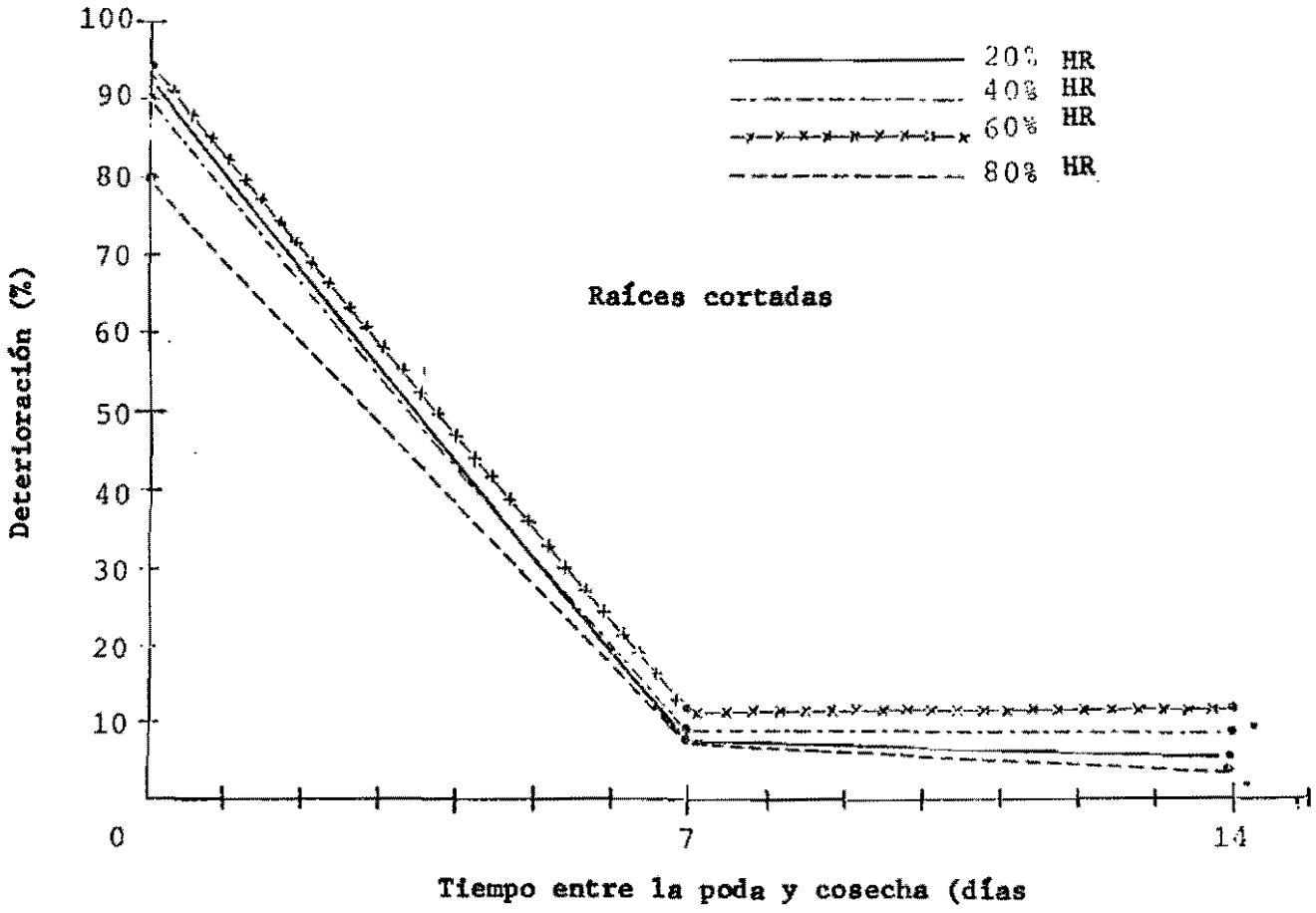


Fig. 4 Deterioración de las raíces de M. Colombia 22 después de 20 días de almacenamiento a 35°C, 20, 40, 60 u 80% de humedad relativa durante 12 horas, con relación a diferentes épocas de poda antes de cosecha

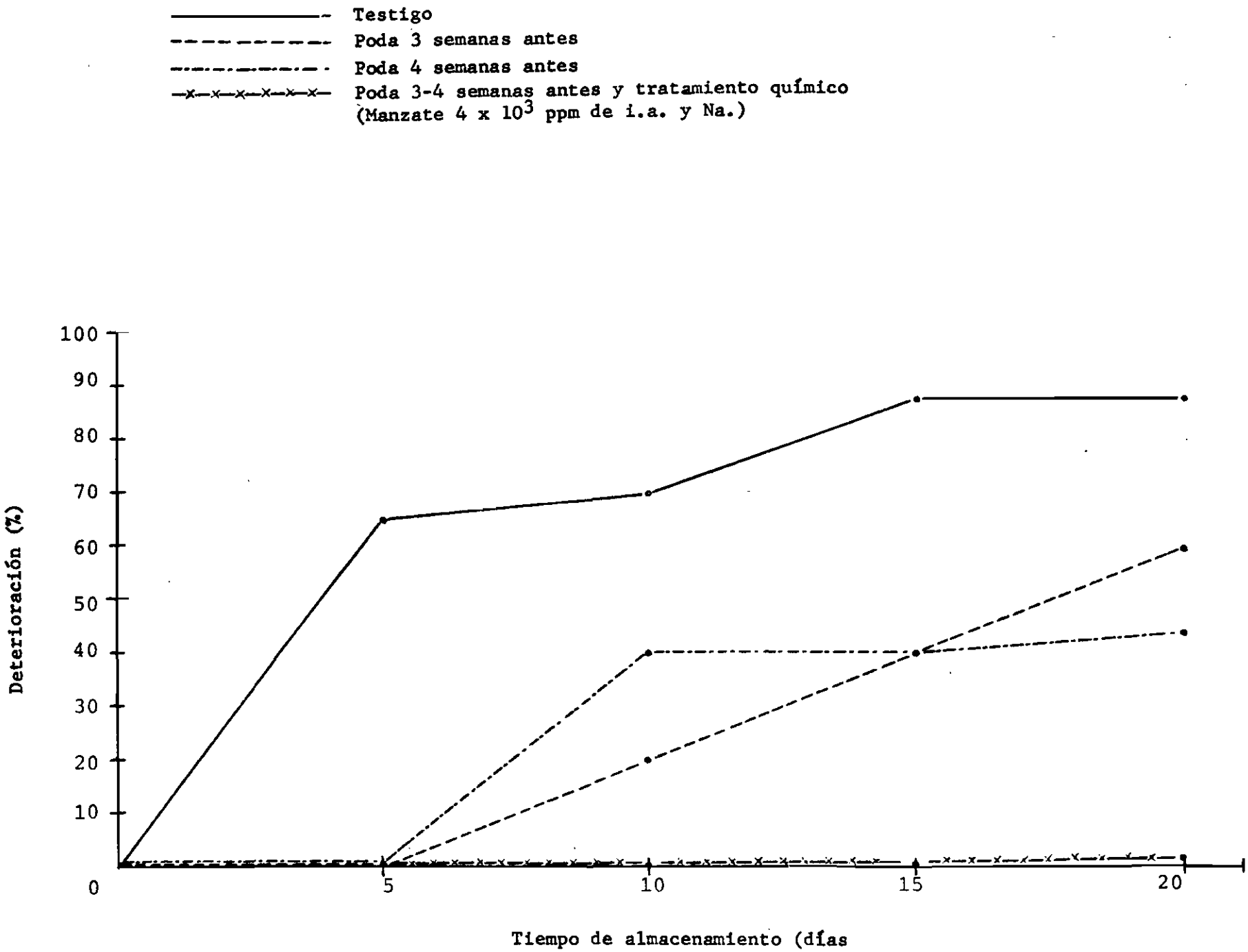


Fig. 5 Efecto de la poda y tratamiento químico en la deterioración

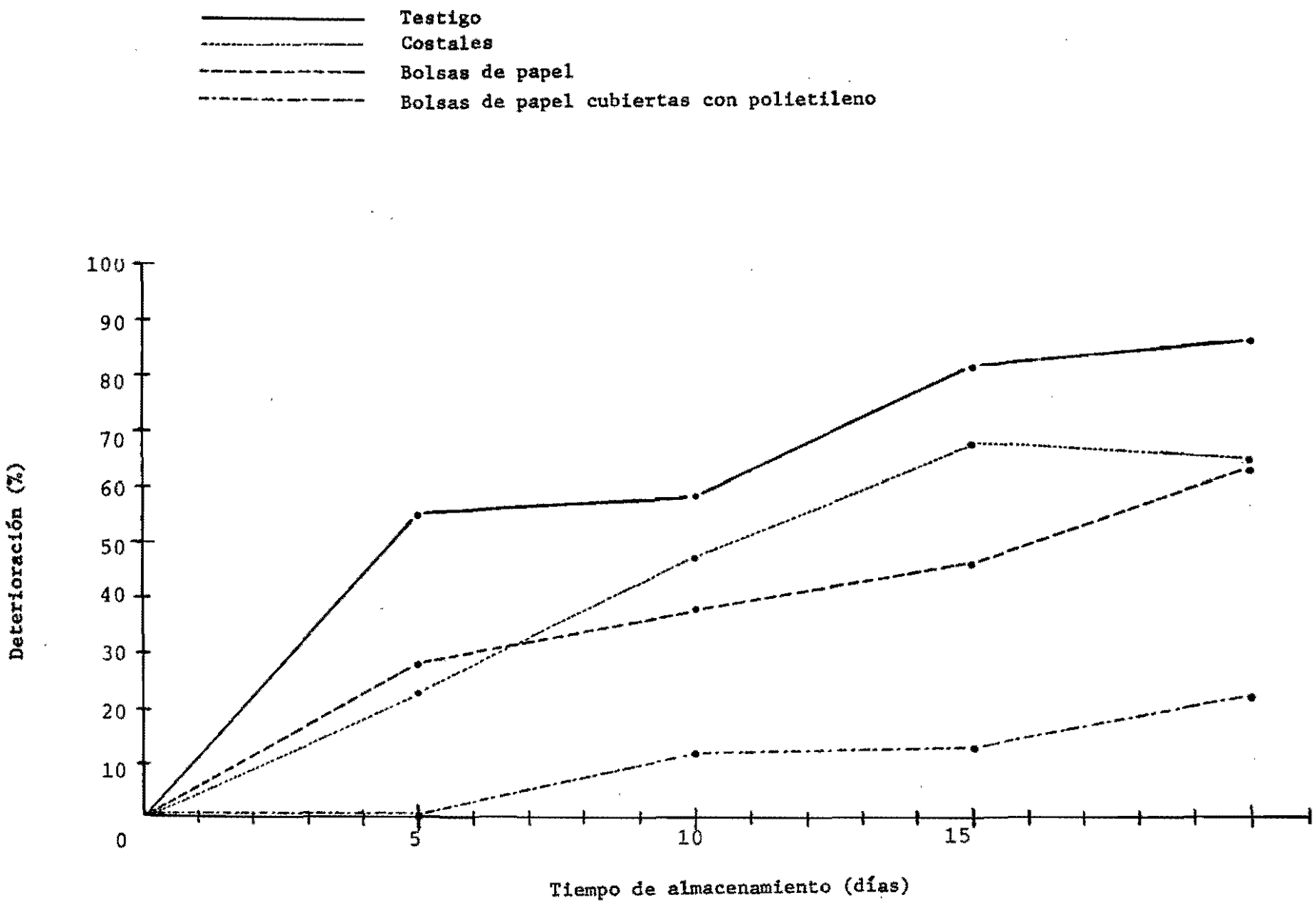


Fig. 6 Efecto del almacenamiento en bolsas sobre ladeterioración de raíces de yuca (Var M Col 113).

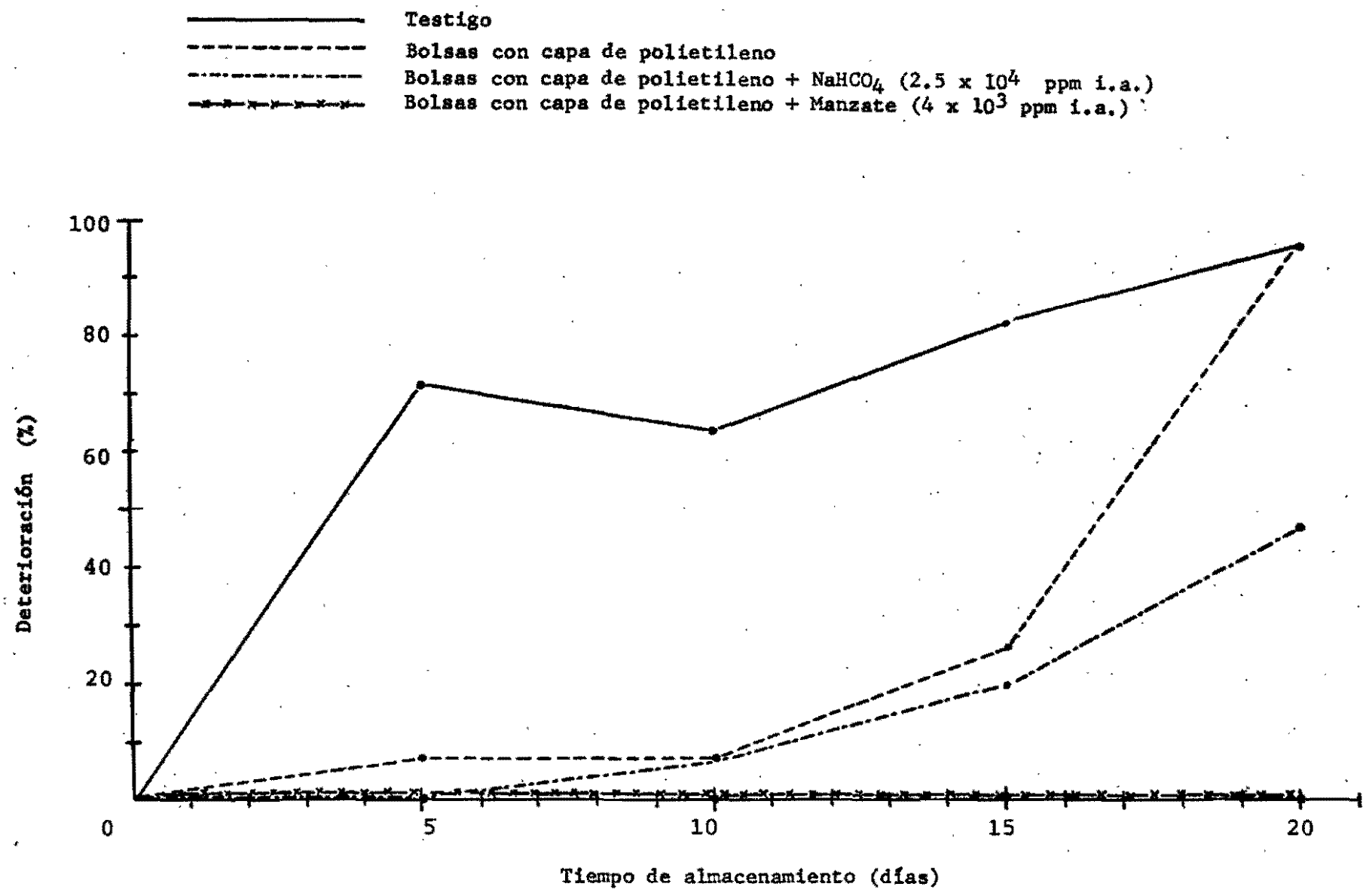


Fig. 7 Efecto del almacenamiento en bolsas de papel con capa de polietileno y tratamiento químico sobre la deterioración de raíces almacenadas.

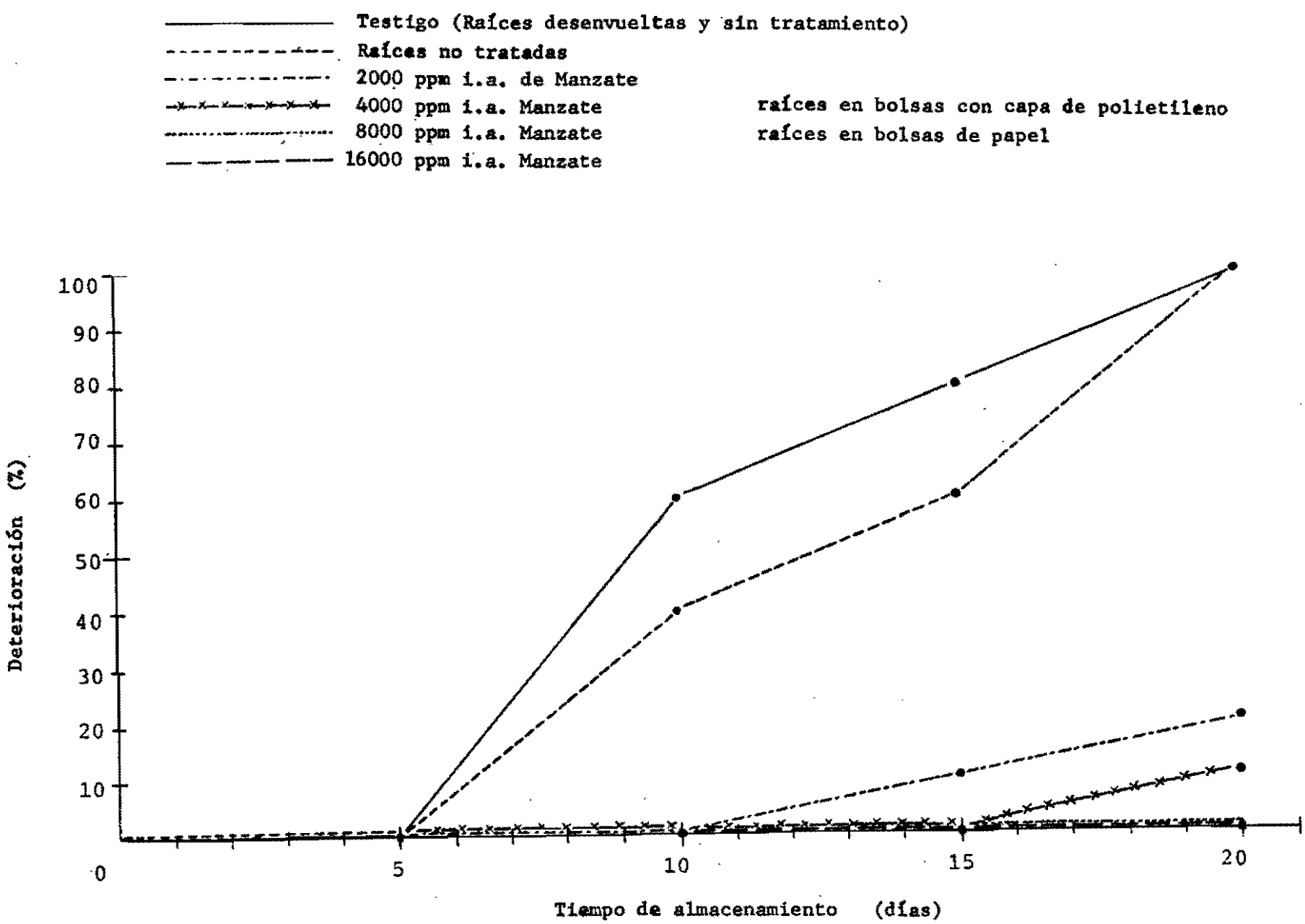


Fig. 8 Prevención con Manzate (Manganeso etilen bisditiocarbonato) de la deterioración microbial de las raíces de yuca.

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.

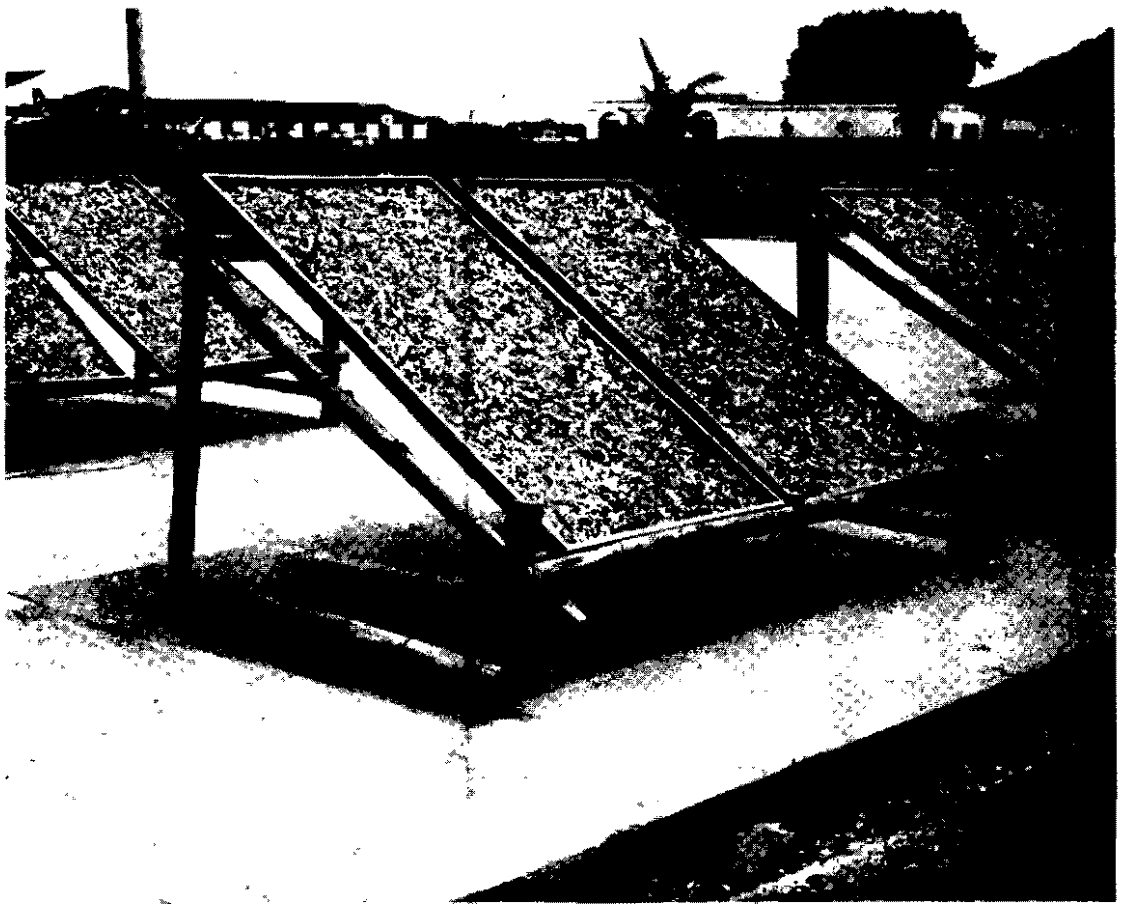
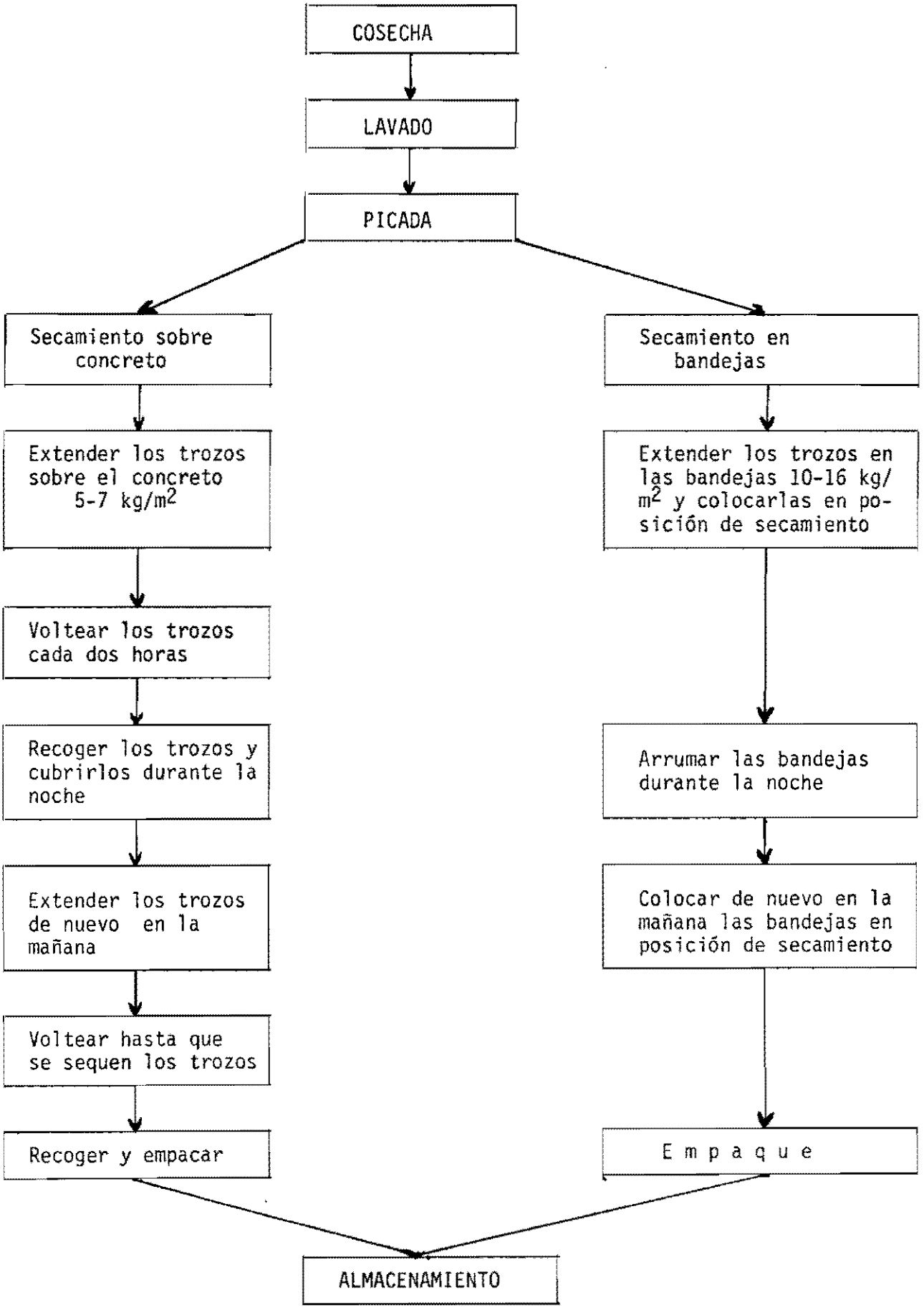


Fig. 1. Secamiento de la yuca en bandejas de malla inclinadas.


COSECHA
LAVADO
PICADA
Secamiento sobre concreto
Extender los trozos sobre el concreto 5-7 kg/m2
Voltear los trozos cada dos horas
Recoger los trozos y cubrirlos durante la noche
Extender los trozos de nuevo en la mañana
Voltear hasta que se sequen los trozos
Recoger y empacar
Secamiento en bandejas
Extender los trozos en las bandejas 10-16 kg/m2 y colocarlas en posición de secamiento
Arrumar las bandejas durante la noche
Colocar de nuevo en la mañana las bandejas en posición de secamiento
E m p a q u e
ALMACENAMIENTO

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

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

Fig. 3. Tanque de lavado.

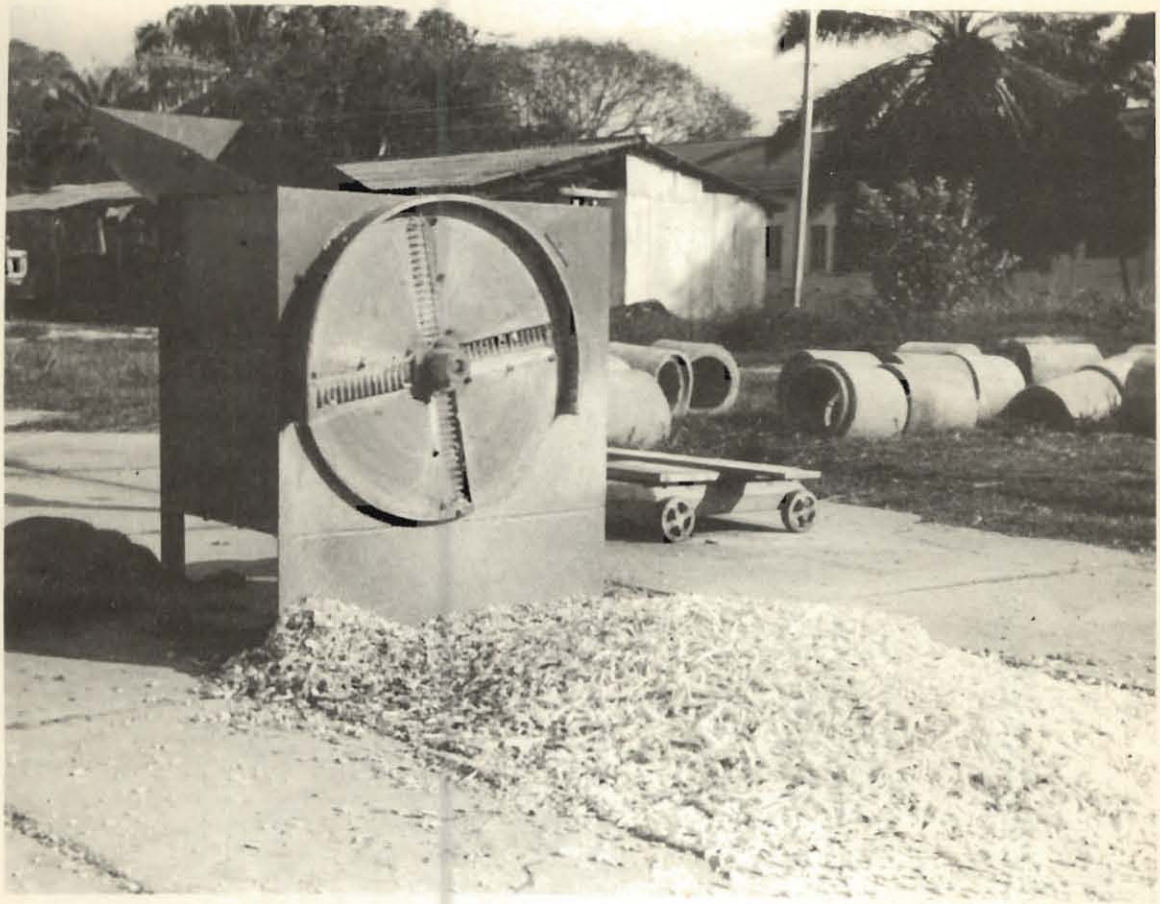


Fig. 4. Máquina picadora tipo malasio.

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.

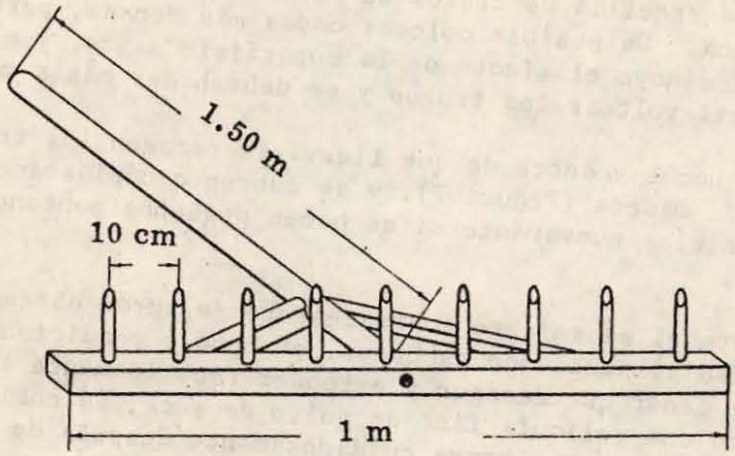


Fig. 5 - Rastrillo de madera para esparcir los trozos de yuca sobre el piso de cemento.

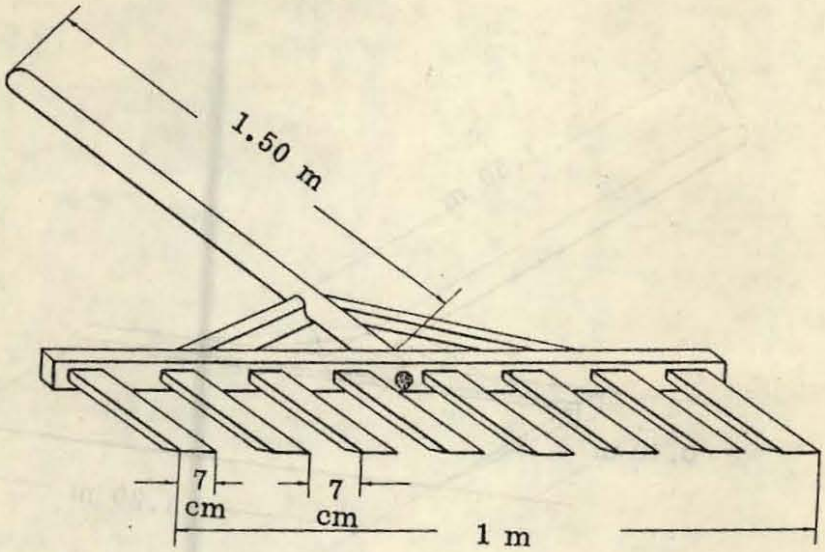


Fig. 6 - Rastrillo de madera para voltear los trazos de yuca sobre el piso de cemento

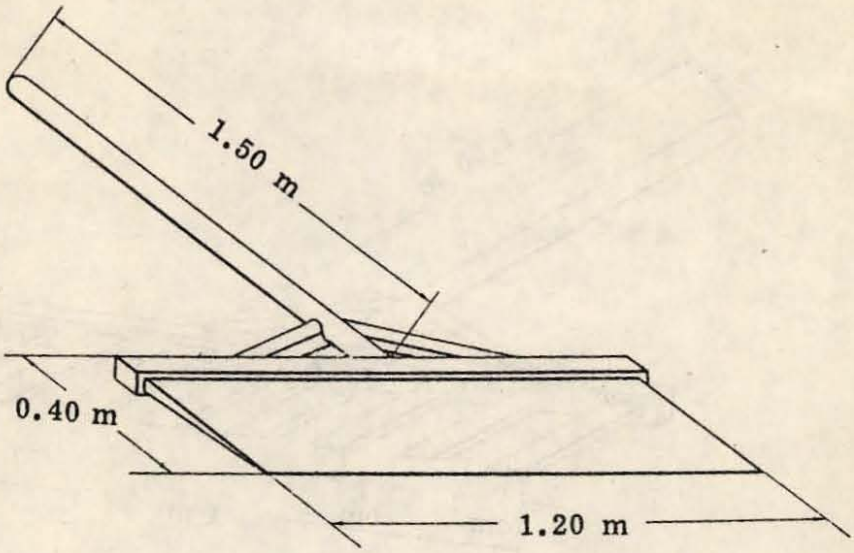


Fig. 7 - Garlanchas de madera para recoger los trazos de yuca por la noche o antes de que llueva

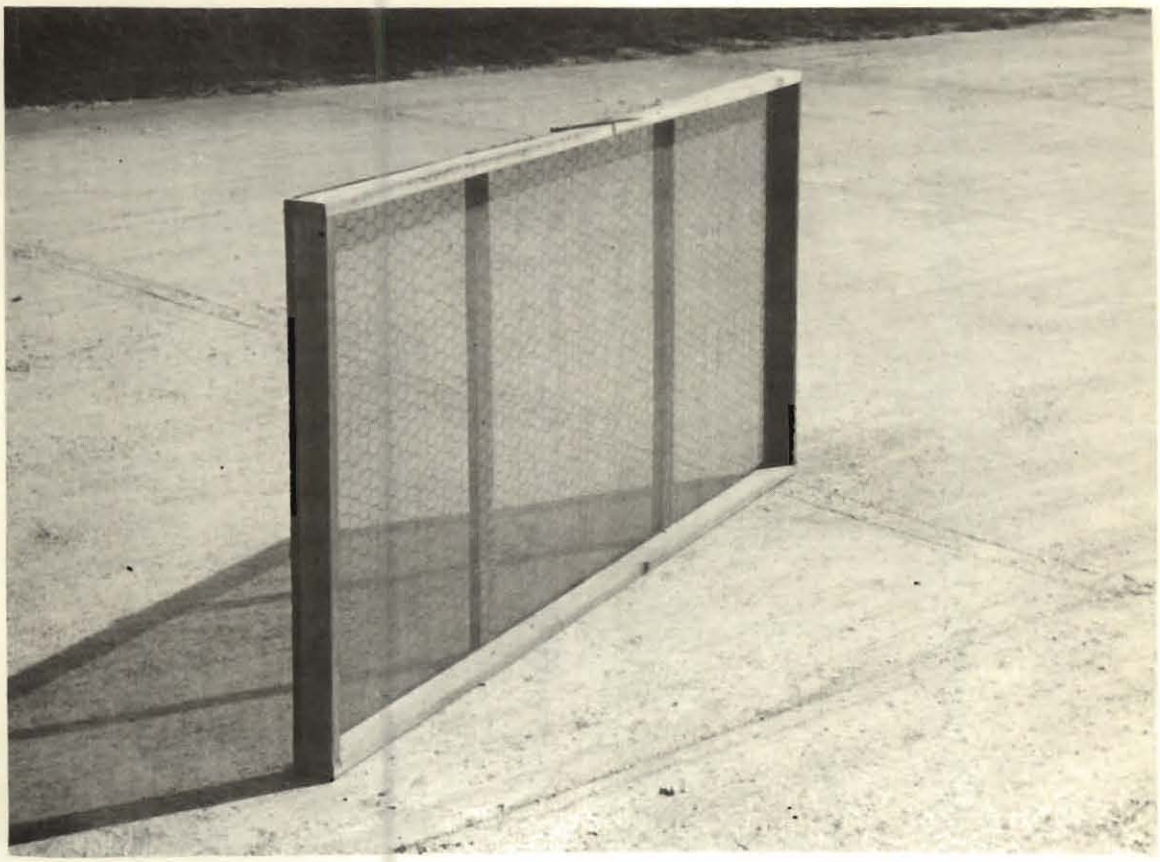
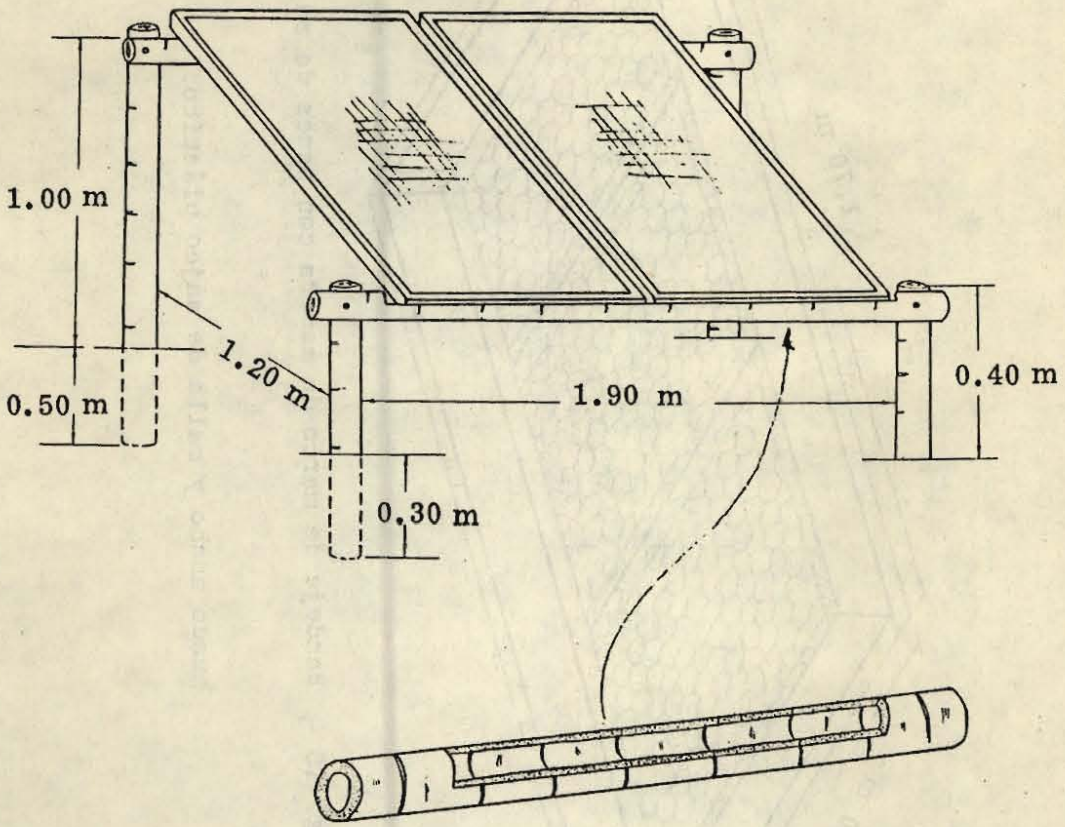


Fig. 8. Bandeja de secamiento con marco de madera



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

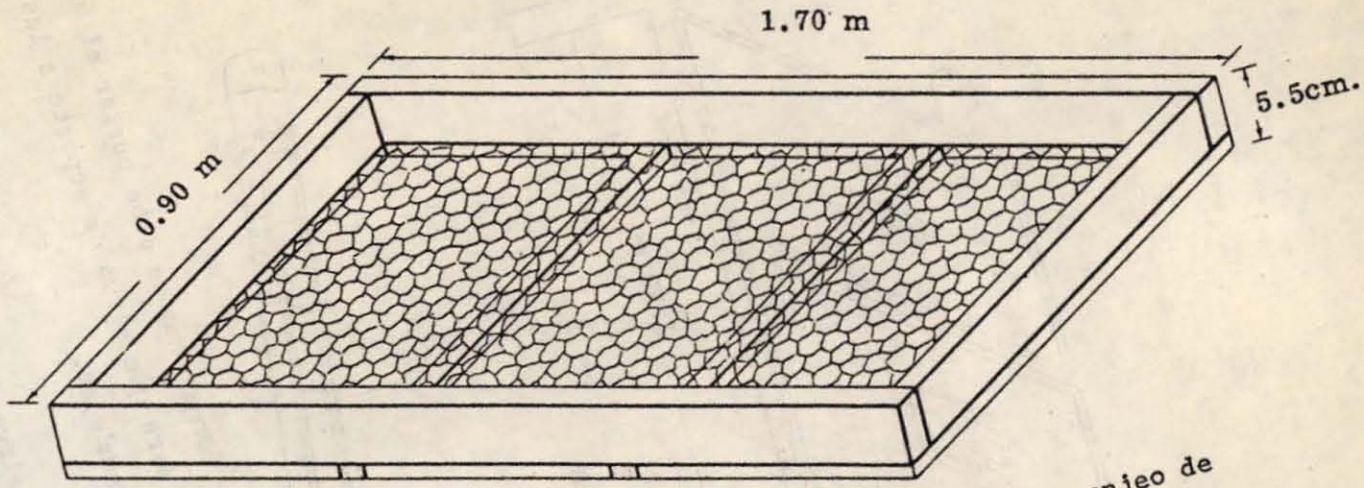


Fig. 10 - Bandeja de marco de madera con bases de anjeo de hueco ancho y malla de anjeo plástico.

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.

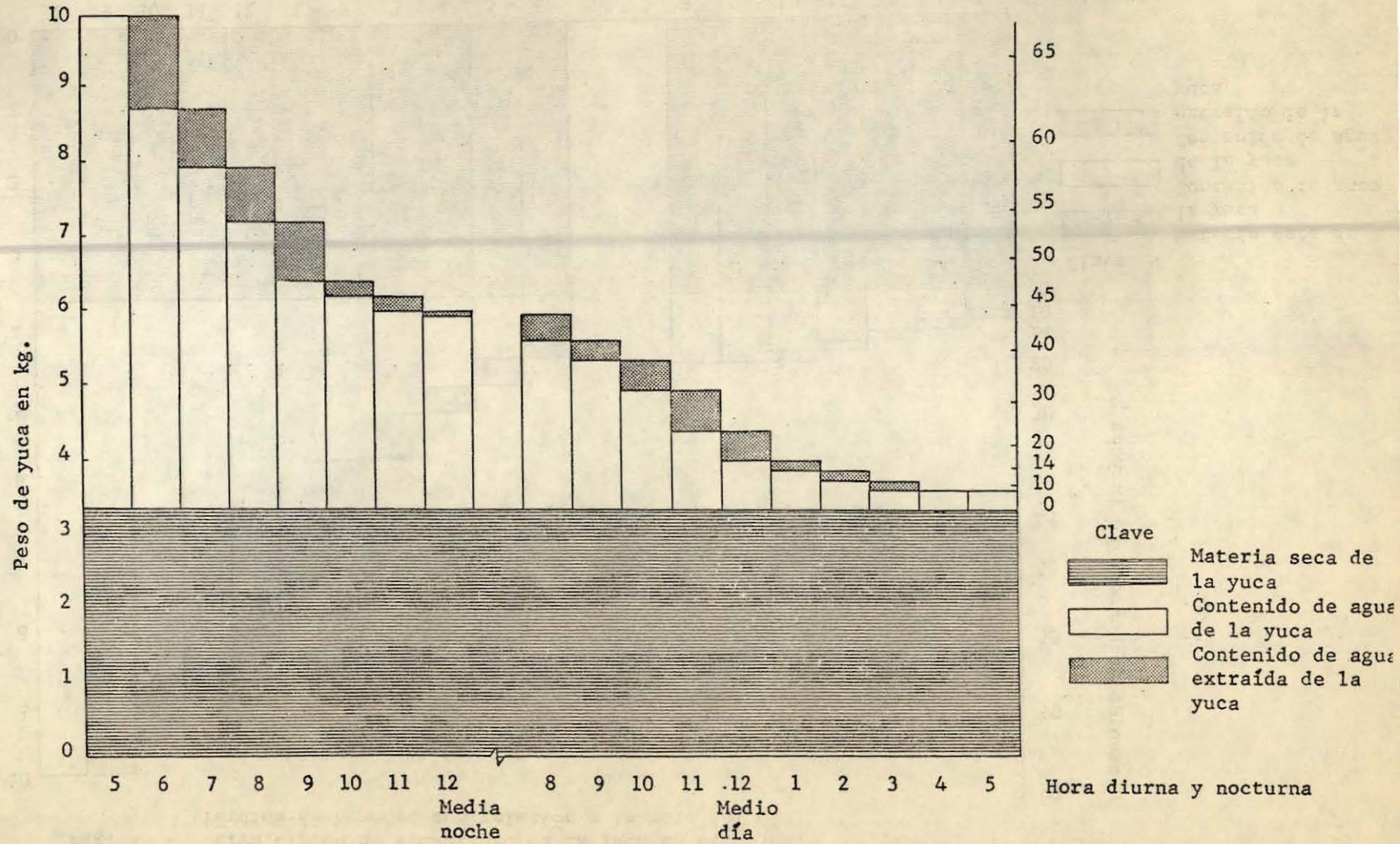
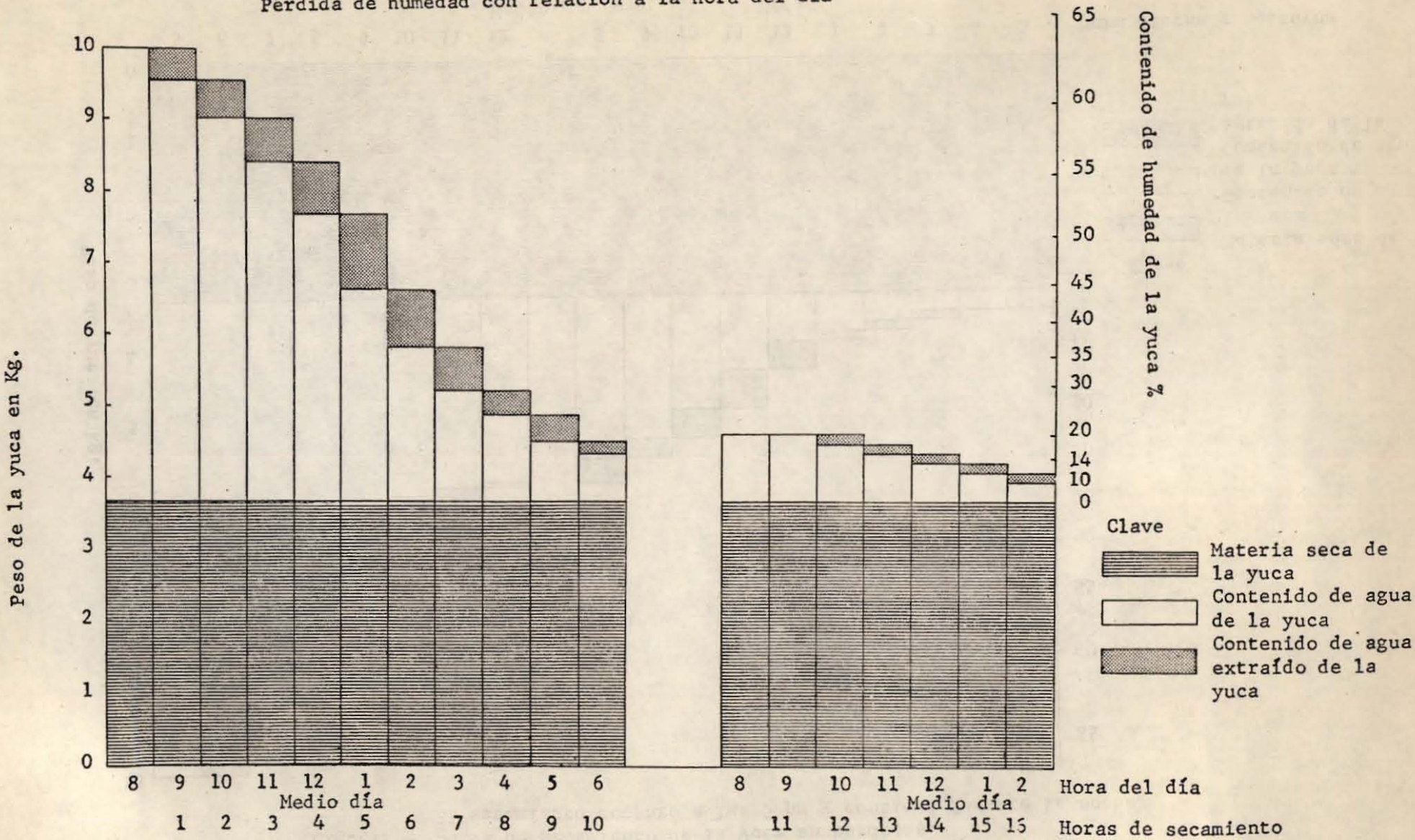


Fig. 13 - Curva típica de secamiento de la yuca en bandejas. Pérdida de humedad con relación a la hora del día



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 dia 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 permite obtener las revoluciones necesarias del eje de salida.

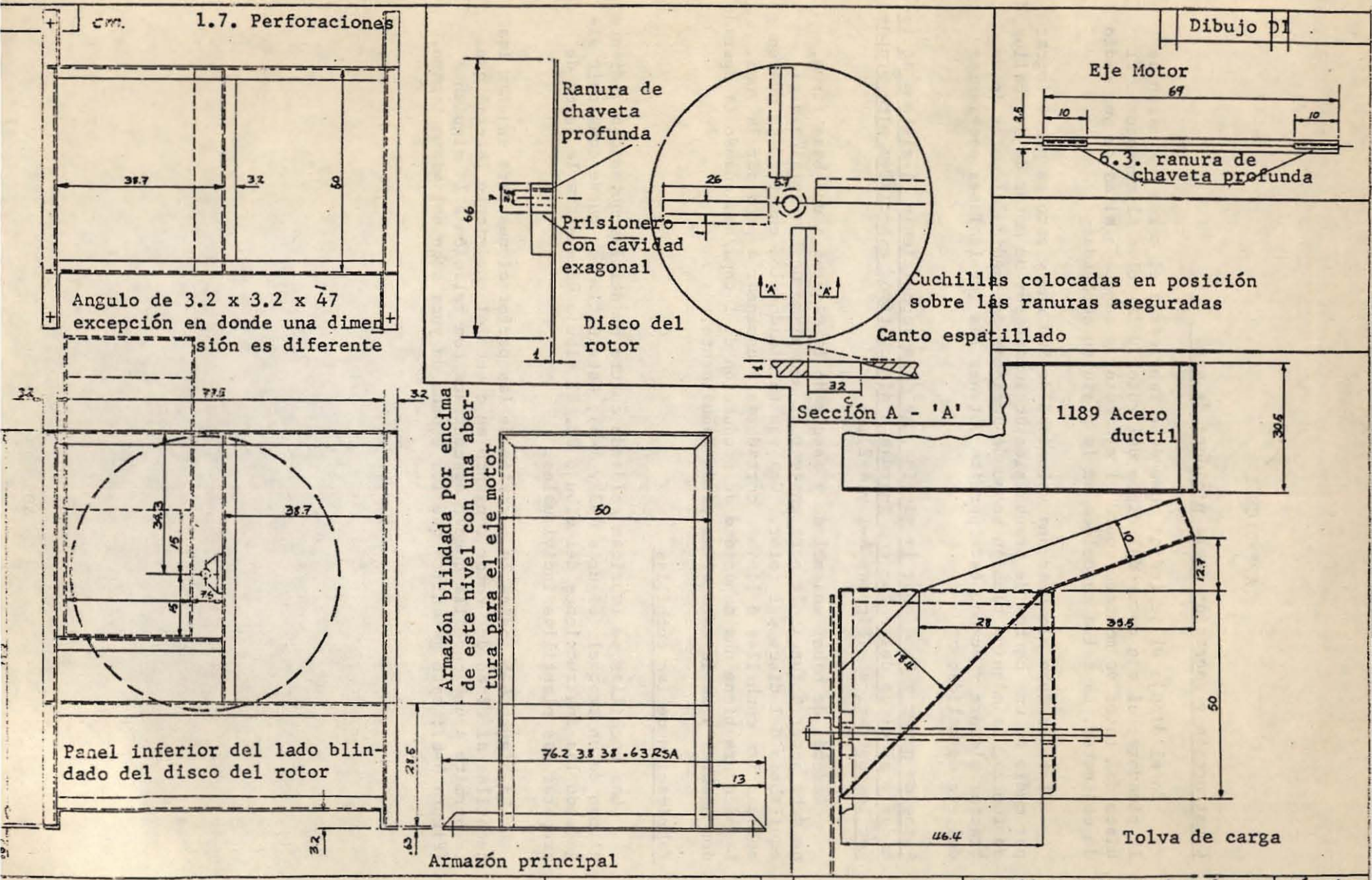
Antes de poner a funcionar la máquina, se debe acondicionar el sistema accionador y el disco del rotor con guardas o dispositivos especiales para proteger los operarios (Figuras A-1 y A-2).

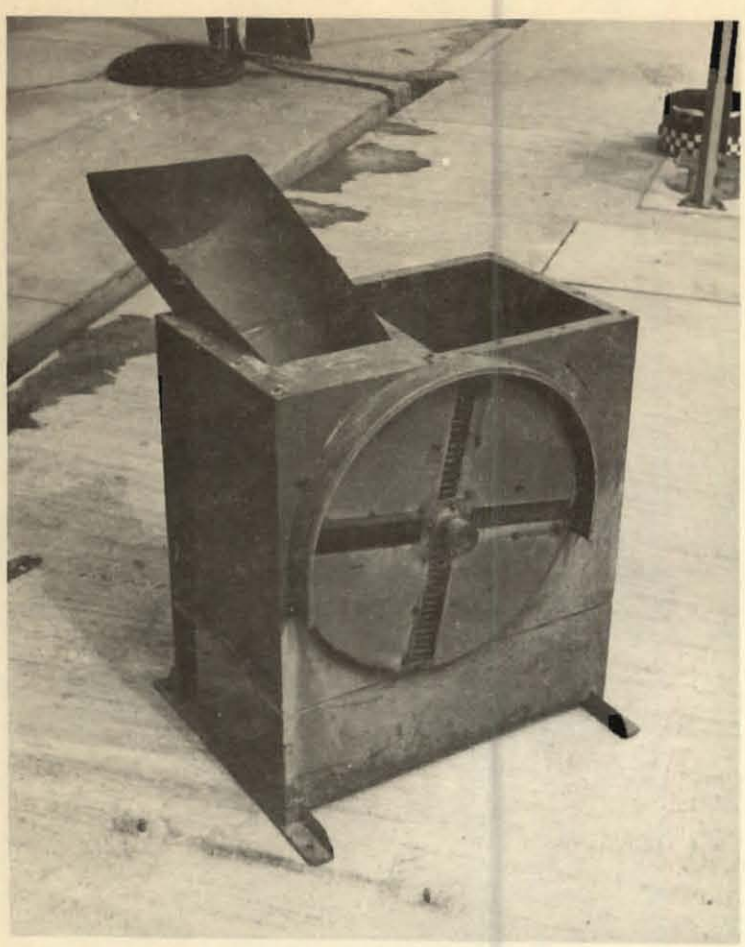
Después de haber ensamblado y asegurado la máquina a una base firme, se debe poner a funcionar para ensayar el mecanismo de transmisión y el equilibrio del disco del rotor. Una vez terminados los ensayos, se pueden colocar las cuchillas ó láminas cortadoras y comenzar a procesar la yuca. La picadora tiene una capacidad de producción de 1 ton./ha. cuando la operan dos hombres y se la está alimentando manualmente.

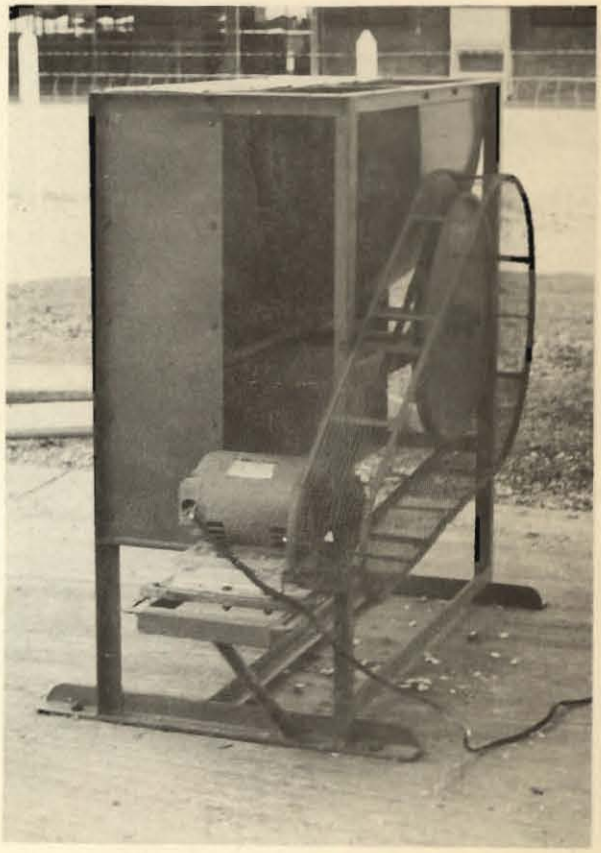
Fabricación de las cuchillas

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 D1
cm.
1.7. Perforaciones
Angulo de 3.2 x 3.2 x 47
excepción en donde una dimensión es diferente
Ranura de chaveta profunda
Prisionero con cavidad exagonal
Disco del rotor
Cuchillas colocadas en posición sobre las ranuras aseguradas
Canto espatillado
Sección A - 'A'
Eje Motor
6.3. ranura de chaveta profunda
1189 Acero ductil
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
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





Figs. A-1 y
A-2

Vista posterior y anterior de la picadora.

Fig. A-3 Cuchillas o láminas cortadoras

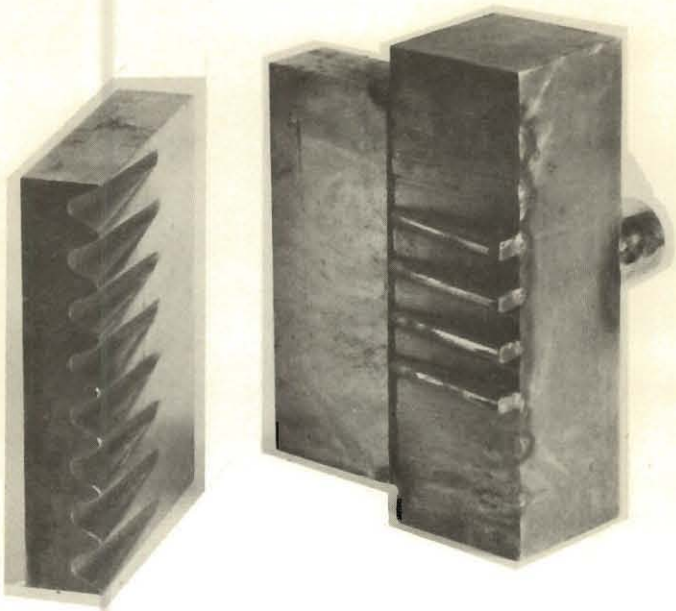
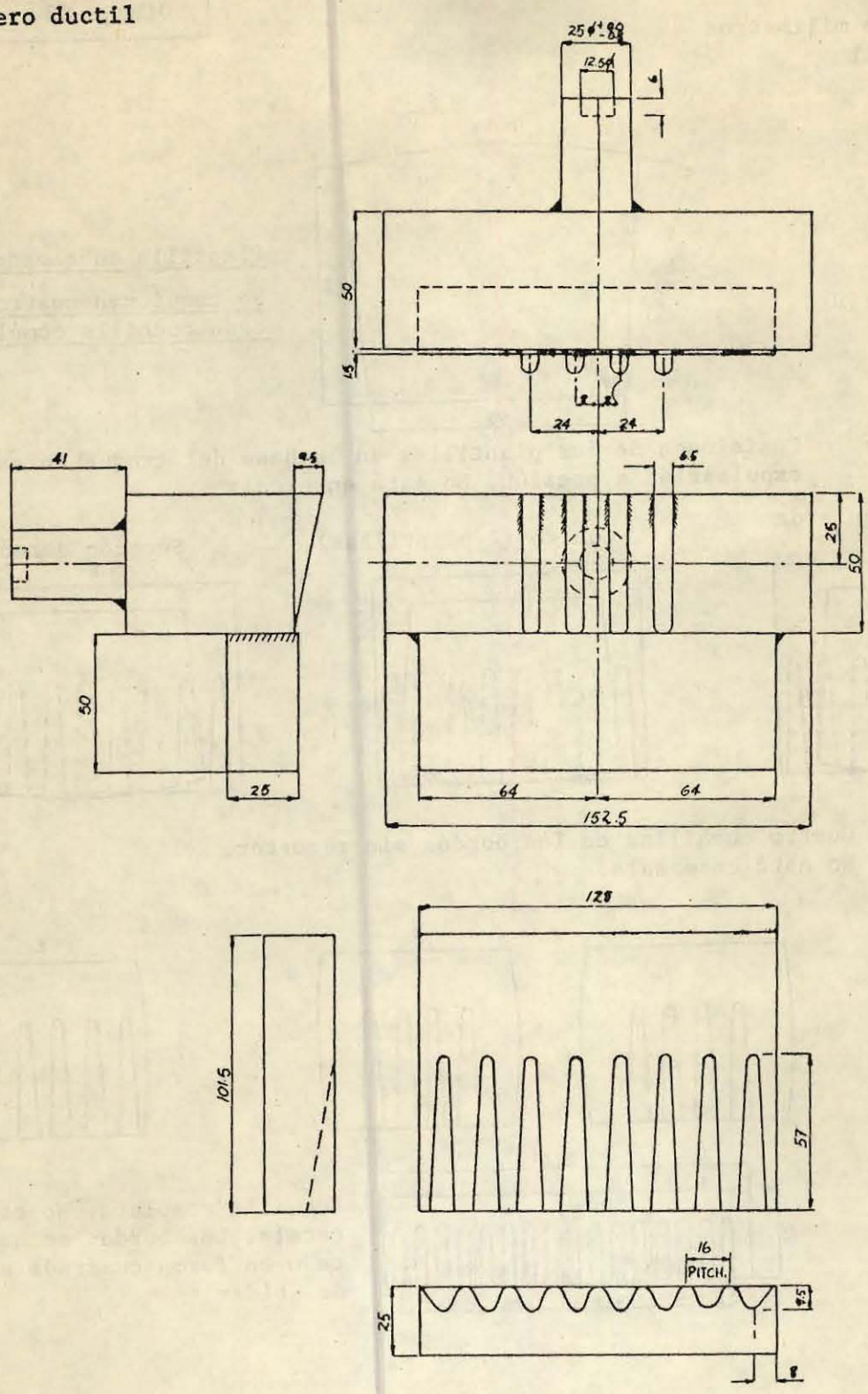


Fig. A-4 Troquel empleado para preparar las plantillas.

Dimensiones en milimetros
Acero ductil

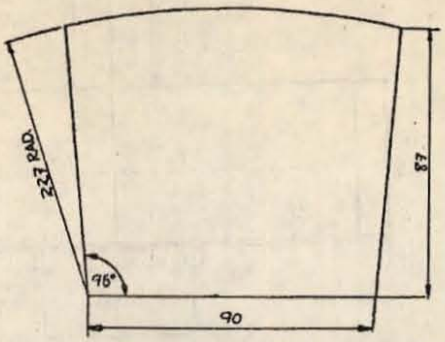
Dibujo D2



CUCHILLAS Y TROQUELES

Dibujo D3

Dimensiones en milimetros
Acero ductil

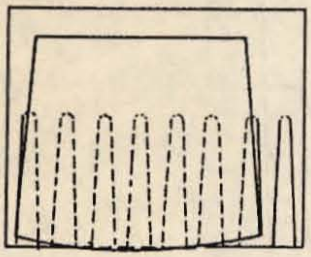


Plantilla en tamaño natural

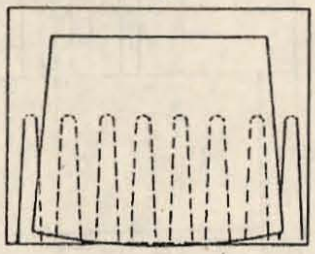
Se requieren cuatro para cada cuchilla completa

Posiciones de las plantillas en la base del troquel antes de expulsarlas a presión. No está en escala

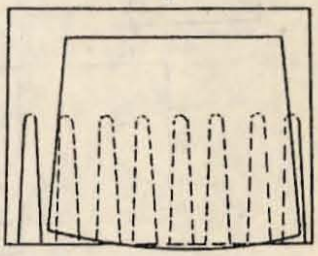
Sección izquierda
1



Centro (2 plantillas)
3

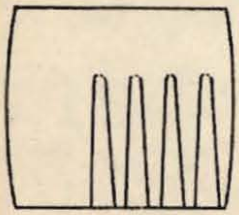


Sección derecha
2

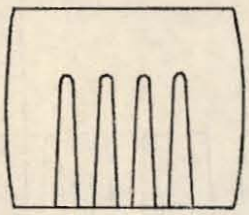


Cuatro cuchillas en los bordes sin recortar.
No está en escala.

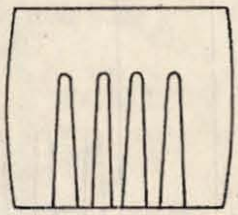
1



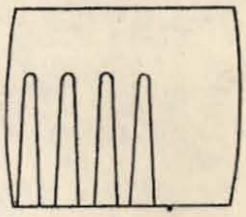
3

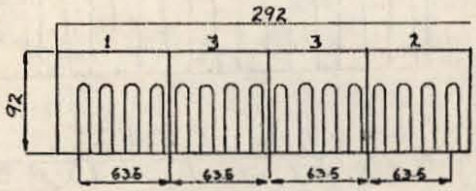


3



2





Cuchilla completa. No está a escala. Los bordes se han cortado en forma cuadrada antes de soldar

CUCHILLAS Y TROQUELES

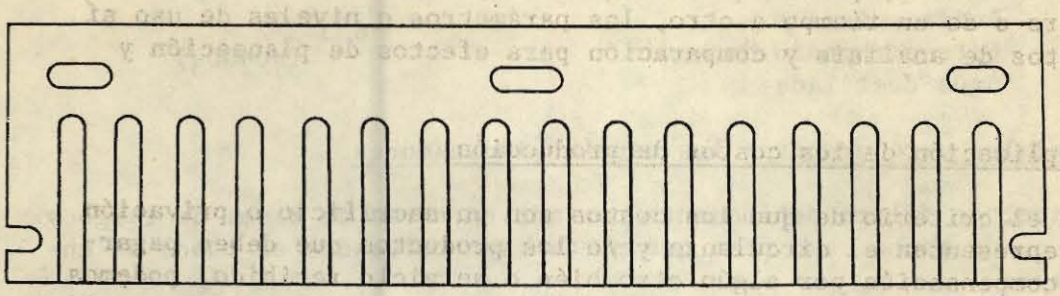


Fig. A5 - Posición de las perforaciones para ajustar las cuchillas al disco del rotor permitiendo el movimiento actual

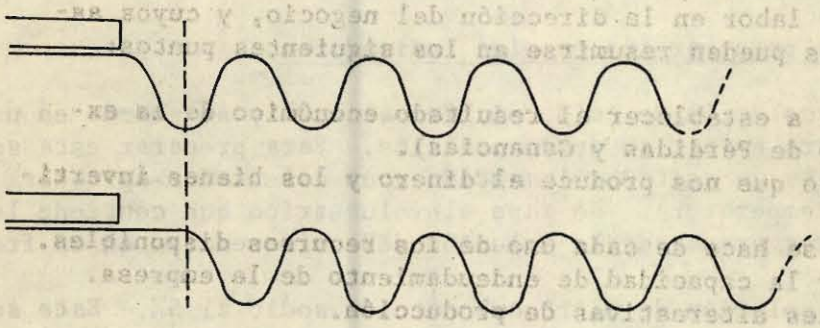


Fig. A6 - Descentramiento de una cuchilla con relación a la siguiente a fin de obtener trozos del mismo tamaño.

APENDICE II

METODO PARA DETERMINAR

CONTENIDO DE HCN EN PLANTAS DE YUCA POR COLORIMETRIA

1. Reactivos:

Acido picrico = $C_6H_3N_3O_2$
Nitrocarbonato de sodio (NO_2CO_3)
Agua destilada

2. Materiales para preparar los papeles indicadores

a) Papel de filtro debidamente cortado en tiras de 8 cm. de largo y 2 cm de ancho como para que puedan ser colocados en tubos de ensayo.
b) Bandeja anticorrosiva de 24 cm de largo por 15 cm de ancho y 8 cm de profundidad.
c) Pinzas de material anticorrosivo.
d) Frascos oscuros y corrientes.
e) Volumético de 100 ml.
f) Agitador inmantado.
g) Calentador-agitador.
h) Bolsas grandes de papel cubiertas con plástico.

3. Procedimiento para preparar los papeles indicadores.

a) Se prepara una solución de ácido picrico al 1.2% y se guarda en un frasco oscuro para evitar su descomposición. Para preparar esta solución se necesita un agitador inmantado y un calentador-agitador - operado a baja temperatura. No tape el volumétrico que contiene la solución. Una vez preparada la solución debe almacenarse en un frasco oscuro.
b) Se prepara una solución de nitrocarbonato de sodio al 5%. Este se puede almacenar en cualquier frasco.
c) Se miden 100 ml. de ácido picrico y 100 ml. de nitrocarbonato de sodio y se mezclan en la bandeja de acero inoxidable agitando la bandeja.
d) En esta solución se depositan tiras de papel filtro de 2 cm de ancho por 7 cm de largo por espacio de 10 minutos.
e) Luego se sacan papel por papel y se colocan sobre una bolsa de papel grande teniendo siempre el cuidado de colocar un plástico entre cada - tendido de papeles, en esta forma se transfieren a un horno a 0°C por espacio de una a 1.1/2 hora.
f) Una vez secas las tiras de papel filtro se pueden almacenar en un lugar donde estén protegidos de la luz.

Metodo para determinar contenido de HCN en raices y hojas materiales

a) Tiras de papel filtro debidamente preparados como se indicó anteriormente.
b) Tubos de ensayo

c) Agitador de vidrio
d) Cuchillo o navaja

Procedimiento para determinar contenido de HCN en raíces

a) Se corta 1 cm^2 de la corteza de la raíz fresca que se va a analizar y se tritura bien con un montero.
b) Este triturado se pone en un tubo de ensayo y se mezcla bien con un agitador de vidrio.
c) Se agregan luego 2 cc. de cloroformo y se tapa el tubo de ensayo con un tapón de caucho colocando dentro de él el papel filtro de tal manera que quede soportado por el tapón, pero evitando que el papel se impregne con el cloroformo.
d) Al cabo de 24 horas se hará la lectura de acuerdo al cambio de coloración del papel filtro en una escala de 1 a 5.

1 = amarillo	=	nada
2 =	=	muy poco
3 =	=	medio
4 =	=	alto
5 =	=	muy alto

El procedimiento para determinar HCN en las hojas es el mismo pero la lectura se hace después de 4 horas.

APENDICE III

METODOS USADOS EN EL CIAT PARA LA DETERMINACION DE CARBOHIDRATOS

ALMIDONES Y AZUCARES EN YUCA

Reactivos:

1) Etanol al 80%.

2) Acido perclorico al 9.2 ($HCLO_4$) $\longrightarrow$ Diluir 793 ml de $Hclo_4$ al 70% en 1 litro de H_2O.

3) Acido perclorico al 4.6 ($HCLO_4$) $\longrightarrow$ Diluir 397 ml. de $Hclo_4$ al 70% en 1 litro de H_2O.

4) Antrona. (Indicador de Carbohidratos). $\longrightarrow$ Diluir 2 gr. de antrona, en 1 litro de H_2SO_4 concentrado, guardar en refrirador, preparar cada día.

5) Glucosa $\longrightarrow$ Diluir 100 gr. de glucosa seca en 1.000 ml. de H_2O.

Procedimientos

Moler la muestra seca hasta obtener consistencia de polvo; tomar 100 mgr. en un tubo de centrifuga (15 ml) añada 10 ml de Etanol al 80%.

Tape el tubo (s) con una bola de vidrio y coloque en un baño maria por 30 minutos a una temperatura de 80°C - 85°C; centrifuge y decante el tubo, repita esta extracción por 3 veces.

Al finalizar las 3 extracciones se obtendrán dos productos: los sobrenadantes y el residuo; con los sobrenadantes realizaremos las determinaciones de azucares y con el residuo las determinaciones de almidones.

Determinación de Azúcar:

Si se realizarón 3 extracciones de 10 ml. de alcohol 80% cada una, obtuvimos 30 ml. de extracción los cuales se pondrán a evaporar en un baño maria a 80°C hasta dejar un volumen de 3 ml. para luego ser llevados a 25 ml. con H_2O.

Transfiera 5 ml (de este último extracto) a un volimétrico de 100 ml. y envase a su marca.

Tome 5 ml. de esta solución a un tubo (s) Pyrex ponga este junto con los respectivos standars en un baño con hielo.

Ya en el baño con hielo derrame y agite lentamente en los tubos (muestra y standars) 10 ml. de la solución de antrona; ya agregados estos 10 ml. a cada tubo, sin sacarlos del baño con hielo transfieralos a un baño de H_2O hirviendo por 7.5 minutos; luego saquelos inmediatamente y recibalos en hielo nuevamente; deje un tiempo prudente para que estos se enfrien.

Ya frios los tubos proceda a leer en el Spectophtometro a una longitud de onda de 630 u.

Standars: (nota)

Es de anotar que estos standars se utilizan para realizar las lecturas de azucares, como de almidones.

Preparación de Standars:

Standar # 0. Consiste en tomar 5 ml. de H_2O destilada en un tubo Pyrex.

Standar # I. Consiste en tomar 1 ml. de glucosa (antes mencionada) y completar a un volumen de 5 ml. es decir agregando 4 ml. de H_2O destilada.

1 ml. glucosa + 4 ml. H_2O

Standar #II. Consiste en tomar 2 ml. de glucosa y completar a un volúmen de 5 ml. es decir agregando 3 ml. de H_2O destilada.

2 ml. glucosa + 3 ml. H_2O

Determinación de Almidón:

Anteriormente se hablo de un residuo, este lo secamos, en el horno, ya completamente seco, lo dejamos enfriar, le agregamos a cada tubo 2 ml. de H_2O destilada y lo colocamos en un baño de agua hirviendo por 15 minutos; agitando continuamente c/u. de los tubos (con agitadores de vidrio).

Después de cumplidos los 15 minutos deje enfriar los tubos. Agregue a c/u. 2 ml. de ácido perclorico al 9.2 n. (antes mencionado) agite constantemente por 15 minutos y enrase cada tubo, a su volumen (15 ml.), coloque en la centrífuga por 20 minutos, terminado el tiempo decante el sobrenadante en un volumetrico de 50 ml.

El residuo sometalo a otra extracción con ácido perclorico al 4.6 (similar a la anterior extracción) agite rápidamente por 15 minutos y enrase a su volumen, coloque en la centrífuga por 20 minutos.
Proceda a decantar el sobrenadante en el mismo volumetrico usado anteriormente.

Ya con estos dos sobrenadantes, enrase al volumen indicado que son 50 ml. (volumetrico) con H_2O destilada. Agite muy bien.
De esta solución tome 5 ml. y transfieralas a un volumetrico de 100 ml., llevando luego a su volumen H_2O destilada. Agite muy bien y de aqui tome 5 ml. en un tubo Pyrex; (ésta será la muestra).

Nota: A) En este caso tratandose de tallos, y estacas hemos utilizado un factor de dilución asi:
Extracciones recibidas en un volumetrico de 50 ml., tomamos de aqui 5 ml.; los llevamos a 100 ml. de H_2O destilada, y de aqui, nuevamente tomamos 5 ml. que serán la muestra.

50 ml. de solución
↓ 10
5 ml. ⟶ 100 ml. de H_2O destilada
↓ 20
5 ml.

10 x 20= 200 FD

B) En caso de raices el factor de dilucción sería: Extracciones recibidas en un volumétrico de 50 ml. tomamos de aqui 5 ml. los llevamos a 250 ml. de H_2O destilada y de aqui nuevamente tomamos 5 ml. que serán la muestra.

50 ml. de solución

↓

10

5 ml. ⟶ 250 ml. H_2O destilada

↓

50

10 x 50 = <u>500 FD</u>

↓

5 ml.

Listas las muestras, procedemos a preparar los standars (en la misma forma que para los azucares) realizando luego el proceso de antrona para ser leidas en el espectophometro a 630 u.