



Documento presentado en la:

REUNION DE TRABAJO SOBRE
INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA
CUARENTENA Y MEJORAMIENTO
DE YUCA Y BATATA, CIAT-CIP

Cali, Junio 8-12, 1987

30599

ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN YUCA

J. Carlos Lozano*

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz) ha sido considerada una especie resistente a las condiciones adversas de clima y suelo y al ataque de patógenos y pestes. Esto es correcto al comparar la estabilidad de producción tradicional de clones nativos de yuca con la de otros cultivos en una región dada: la yuca casi nunca falla, aunque los rendimientos podrían ser bajos. Igualmente, la yuca produce satisfactoriamente en regiones en donde otros cultivos producen muy poco o nada (Cock, 1985). Sin embargo, cuando se comparan los rendimientos de los productores tradicionales o los promedios de producción de una región, país o continente, con aquellos obtenidos en centros experimentales o por productores progresistas, las diferencias son abismales. No se puede concluir que tales diferencias son el efecto de la presión ejercida por pestes y patógenos solamente, pero indudablemente un alto porcentaje de ésto se debe a la presión que los agentes bióticos ejercen sobre la especie.

Se han reportado epifitotias severas inducidas por Xanthomonas campestris pv. manihotis (Lozano, 1983), Elsinoe brasiliensis (Zeigler, et al, 1984), Colletotrichum spp. (IITA, 1982; Vyas, 1976), Uromyces spp. (Laberry, 1976) y patógenos radicales (Lozano, sin publicar), causando pérdidas (generalmente superiores al 80% de la producción) en diferentes zonas ecológicas. Igualmente, se han registrado pérdidas considerables en clones susceptibles introducidos a regiones con

* Patólogo del Programa de Yuca del CIAT; Cali, Apdo. Aéreo 6713.

características ecológicas diferentes al lugar de su selección (Lozano, et al, 1980). Lo anterior indica la vulnerabilidad de la especie a los patógenos que la afectan y la necesidad del control de los patógenos del cultivo para poder obtener rendimientos altos y estables.

El presente artículo trata de resumir las diferentes alternativas de control de enfermedades en yuca que han sido reportadas como eficientes y que podrían tenerse en cuenta al proyectar paquetes tecnológicos de producción en yuca.

Características de la especie y su cultivo

Con el fin de entender mejor sobre la razón del desarrollo y aplicación de algunas de las medidas de control que se discuten en este artículo, a continuación se enumeran ciertas características de la yuca y su cultivo que son específicas y que la distinguen de otros cultivos tradicionales.

1. La planta de yuca es leñosa perenne, susceptible a algunos patógenos que afectan a especies forestales y a cultivos perennes. La especie (M. esculenta) está compuesta sólo de clones domesticados, desarrollados en zonas ecológicas con características climáticas y edáficas específicas; la correlación clon-ecosistema determina el comportamiento del clon de acuerdo a su resistencia genética a los problemas adversos a la producción de la región (Lozano et al, 1980).
2. El ciclo vegetativo de la yuca es fisiológicamente indefinido. Como el ciclo genético es de más de un año, aproximadamente (desde el cruzamiento a la obtención de estacas para la propagación del nuevo clon), y la capacidad de multiplicación de la especie es baja, un clon mejorado promisorio sólo podrá obtenerse después de 8

ó 10 años de evaluación (Kawano, 1978). La aceptación y cultivo comercial del clon en una región puede demorar mucho más.

3. La especie es generalmente cultivada en las regiones más marginales del trópico, por agricultores con escasos recursos económicos (Cock, 1985). La posibilidad de lograr que los agricultores de yuca usen medidas costosas de control de plagas y enfermedades, es muy limitada.
4. El ciclo de producción de la yuca es largo: generalmente fluctúa entre 8 a 24 meses, según la región y demanda del producto (Cock, 1985). Durante este período pueden ocurrir ataques de diferentes patógenos a distintos niveles de severidad, afectando la producción de acuerdo al daño ocasionado y a la resistencia que el clon tenga contra las enfermedades que lo atacan.
5. La yuca se propaga comercialmente sembrando estacas de tallos más o menos lignificados. Los agricultores deben producir su propio material de siembra debido: a) la perecibilidad y susceptibilidad de las estacas a los daños mecánicos; b) a su peso (100g/estaca, aproximadamente); y c) al volumen (10.000 estacas tienen un volumen aproximado de 2 metros cúbicos). Por otro lado, la diseminación de patógenos sistémicos en estacas procedentes de plantas afectadas es altamente probable (Lozano y Nolt, 1986).
6. Los cultivos tradicionales de yuca se siembran generalmente en asociación con otros cultivos; si la yuca ha sido sembrada en monocultivo, éste es multiclonal. Sin embargo, en todo cultivo multiclonal, generalmente un clon presenta el más alto porcentaje poblacional.
7. El valor comercial de la yuca está en sus raíces; por lo tanto, el cultivador debe proteger su condición sanitaria hasta la cosecha.

Desafortunadamente, después de la cosecha las raíces son muy perecibles, sufriendo deterioraciones fisiológicas y/o microbiales.

Las anteriores características del cultivo exigen que, tanto el investigador como el productor de yuca, visualicen el control de las enfermedades del cultivo hacia la definición de paquetes tecnológicos integrales, con alternativas y métodos sencillos de prevención de plagas y enfermedades, como lo más apropiado para incrementar y estabilizar la producción.

Las siguientes medidas de control de enfermedades han sido reportadas como exitosas, en determinadas circunstancias.

Control cultural

Las prácticas culturales aplicadas para el control de patógenos en yuca, son quizás las medidas de control más eficientes para incrementar la producción a corto plazo y, a largo plazo, para ayudar a mantener la estabilidad de la producción de clones genéticamente mejorados. Las siguientes medidas se han registrado con excelente eficacia.

1. Rotación

La siembra de yuca después de cultivos perennes o forestales, con problemas patológicos radicales compatibles, o la siembra continua de yuca en un mismo terreno, trae como consecuencia el incremento de las pudriciones radicales hasta causar epifitotías. La reducción de la población microbial patógena en el suelo, se logra por la rotación con cultivos no compatibles a los microorganismos que causan pudriciones radicales en yuca (Tabla 1) (Lozano y Bellotti, 1979). Se recomienda no sembrar yuca después de cultivos perennes leñosos, forestales o cuando a la cosecha las pudriciones radicales son superiores a un 3% de la producción total de raíces. Debe tenerse en cuenta la especie a rotar, respecto a su

Tabla 1. Efecto de la siembra consecutiva de yuca sobre la producción y pudrición radical de precosecha. Efecto de la rotación (siembra de maíz) por seis meses sobre el control de la pudrición radical de precosecha.

Ciclos anuales	Producción* (ton/ha)	Pudrición de raíces/ciclo (%)
1	27.5	0.6
3	25.4	2.5
4	13.8	14.8
Rotación	24.3	0.9
Control	8.3	18.6

* Resultados tomados en una plantación de 7.7 ha (12 plazas). La rotación se hizo sobre 6.4 ha; el control representa sólo 1.3 ha de siembra consecutiva. Población: 6.666 plantas/ha.

compatibilidad o incompatibilidad con el/los patógeno(s) que se quieren controlar. En general, gramíneas tales como maíz o sorgo, son excelentes cultivos de rotación.

2. Siembra sobre caballones

Esta medida cultural ha demostrado ser muy eficiente (Tabla 2) para controlar aquellos patógenos que son favorecidos por un alto contenido de agua en el suelo (Oliveros et al, 1974). El exceso de agua predispone a una fácil penetración del patógeno en el susceptible y ayuda a la diseminación de propagulas de los organismos causales. La siembra sobre caballones, que desemboquen en canales de desagüe, facilita el drenaje después de las lluvias. En general, se sugiere que la yuca debe sembrarse sobre caballones en áreas en donde la precipitación pluvial es mayor a 1.000ml/año durante períodos de lluvias mono o bimodales de más de 6 meses. De igual manera, debe sembrarse sobre caballones en regiones en donde son frecuentes lluvias de más de 100ml, aunque la acumulación total de agua-lluvia sea inferior a los 1.000ml/año.

3. Eliminación de residuos de cosecha

Los abundantes residuos de cosecha de yuca pueden mantener a patógenos e insectos entre el período de cosecha y siembra, constituyendo fuente de inóculo potencial que inicia reinfecciones y luego epifitotias. Se ha reportado que la eliminación de residuos de cosecha incrementa los rendimientos significativamente (Tabla 3), además de que reducen las pudriciones radicales (Lozano y Bellotti, 1979). La eliminación de estos residuos podría hacerse amontonando y quemando los desechos o incorporándolos al suelo por el proceso de arada y rastrillada de los lotes. Un tiempo prudencial, que no debe ser inferior a dos meses, debe existir

Tabla 2. Efecto de la siembra sobre caballones en el control de las pudriciones radicales de yuca causadas por Phytophthora drechsleri.

Tratamiento	Número de raíces		Pudrición (%)
	Sanas	Enfermas	
Siembra sobre caballones	589*	13	2.2
Siembra sin caballones	175	407	69.9

* Estos datos representan la producción de 120 plantas/tratamiento, sembradas al azar en parcelas de 30 plantas cada una

Tabla 3. Efecto de los residuos de cosecha sobre el establecimiento, las pudriciones radicales y la producción de yuca en un suelo franco-arcilloso que mostró un 2% de pudriciones radicales en el ciclo inmediatamente anterior.

Clon	Tratamiento a parcelas	Establecimiento (% de plantas perdidas)	Pudriciones radicales (%)	Producción (ton/ha)	Reducción de la producción (%)
M Col 22*	sin residuos**	84.4***	2.1	27.5	
	con residuos	73.4	3.5	22.8	17
M Col 1468	sin residuos	70.3	4.4	28.8	
	con residuos	50.0	6.1	19.4	32

* M Col 22, es un clon resistente a las pudriciones presentes en el suelo usado; el clon 1468, es un clon susceptible.

** Los residuos fueron removidos antes de la siembra.

*** Los resultados representan los obtenidos con cuatro replicaciones de 36 plantas/tratamiento.

entre la incorporación de los residuos al suelo y la nueva siembra de yuca para permitir la metabolización de éstos por los microorganismos del suelo.

4. Espaciamiento entre plantas

El denso follaje de las plantas de yuca, especialmente de los clones ramificados, crea un microclima favorable a patógenos foliares y del tallo al mantener una humedad ambiental alta, la temperatura un poco más baja que la ambiental y al reducir la luminosidad bajo el follaje. Se ha registrado que patógenos foliares tales como Cercosporidium henningsii (Teri, 1978), Xanthomonas campestris pv. manihotis (Lozano, 1986), Cercospora vicosae (Teri, 1986) y Colletotrichum spp. (Lozano, sin publicar), inducen daños foliares más severos cuando el distanciamiento entre surcos y plantas es menor de 1m. Igualmente, cuando el distanciamiento entre plantas es corto, se dificultan las inspecciones a los lotes (especialmente en clones ramificados) facilitando la dispersión mecánica de patógenos. Se ha encontrado que a distanciamientos menores de .70m entre plantas, el número de chancros en los tallos (causados por Colletotrichum spp.) es generalmente mayor que a distanciamientos mayores de 1m (Lozano, sin publicar); ésto incrementa la posibilidad de que el agricultor use para siembra un mayor número de estacas enfermas, cuando éstas son tomadas de plantaciones con una población de plantas densa.

La presencia bajo el follaje de un microclima favorable a los patógenos depende del vigor del clon, de la capacidad del clon para producir follaje, del contenido nutricional del suelo y de las condiciones climáticas (especialmente lluviosas) imperantes.

Consecuentemente, cada zona ecológica podría tener un distanciamiento óptimo de siembra. En general, la siembra de 1m X 1m entre plantas ha sido registrada como satisfactoria, pero ésta se debe modificar de acuerdo al clon sembrado, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas de la región.

5. Selección del material de siembra

Al igual que toda especie multiplicada vegetativamente, la calidad sanitaria de la estaca sembrada representa en un alto porcentaje el éxito del cultivo. Al existir varios agentes patógenos sistémicos, las estacas de yuca pueden estar afectadas de bacterias, micoplasmas, virus y hongos, si éstas se toman de plantas enfermas. Su efecto en la producción es imprevisible, pero a veces reduce los rendimientos en mucho más del 50% (Tabla 4) (Lozano, et al, 1984). Se han diseñado varios sistemas para la selección de estacas para siembra de buena calidad sanitaria. Estos son:

- a. Selección de estacas de plantas procedentes de cultivo de meristemos (CIAT, 1987; Lozano, et al, 1984).
- b. selección de estacas de plantas fenotípicamente sanas (CIAT, 1987; Lozano et al, 1984); y
- c. selección de estacas de las plantas más productoras de una plantación (Tablas 5 y 6) (CIAT, 1986; 1987).

La selección de estacas de plantas procedentes de cultivo de meristemos requiere que las plantas madres o plántulas procedentes de meristemos sean probadas (serológicamente, por microscopía electrónica, bioindicadores, etc.) respecto a su sanidad aparente. El método es demorado (3 años aproximadamente) y erradica también la flora benéfica; las plantas indexadas generalmente muestran una

Tabla 4. Primer ciclo de producción (ton/ha) de varios clones, "limpiados" por cultivo de sus meristemas y termoterapia, con relación a los controles (no limpios) procedentes de cultivos tradicionales. Los resultados son de parcelas sembradas en el lugar de origen del respectivo clon.

Clon	Producción (ton/ha)		
	No limpios	Limpios	Incremento (%)
Quilcacé	8*	17	53
M Col 113	5	17	71
Secundina	18	33	45
Llanera	4	15	73
M Col 1684	27	30	10
M Col 72	16	19	10
M Col 1468	17	27	37
M Ven 77	13	14	10

* Resultados de cuatro replicaciones/tratamiento/clon. Cada parcela tenía 36 plantas.

Tabla 5. Rendimiento de dos clones tradicionales y dos híbridos nuevos al usar estacas seleccionadas visualmente de las plantas más sanas de la plantación.

Clones	Selección visual de estacas	
	Sin selección	Con selección
<u>Cultivares</u>		
M Col 22	18a*	24 b
M Col 1468	9a	13 b
<u>Híbridos</u>		
CM 523-7	26a	27 a
CM 342-170	21a	23 a

* Resultados de cuatro parcelas con 30 plantas cada una, por clon y tratamiento, a los 11-12 meses de la siembra. Las plantas bordes se eliminaron. Los rendimientos seguidos de la misma letra no son significativos a un nivel de 0.05 según la prueba múltiple de Duncan.

Tabla 6. Efecto de la selección de estacas (según la producción/planta) en tres localidades diferentes y durante dos años, en relación con la resistencia/susceptibilidad del clon a los problemas adversos a la producción de cada localidad.

Clon	Fuente de la estaca	Producción (ton/ha)					
		Media Luna		CIAT		Carimagua	
		1985	1986	1985	1986	1985	1986
Venezolana 1*	H**	7.1a	20.8a				
	L	7.0a(1)***	18.1b(15)				
Venezolana 2	H	10.3a	24.1				
	L	6.8b(52)	16.3b(48)				
Secundina*	H	10.2a	25.4a				
	L	6.0b(70)	19.6b(30)				
M Col 113	H			18.7a	-		
	L			17.7b(6)			
M Col 22	H			38.9a	-		
	L			33.3b(17)	-		
M Col 1468*	H			29.5a	-	9.6a	16.6a
	L			18.6b(58)	-	5.8b(66)	9.2b(80)
M Pan 19	H					9.0a	20.3a
	L					7.5b(21)	16.1b(26)
M Ven 77	H					13.5a	25.1a
	L					12.2a(11)	22.1b(14)

* Clones evaluados como susceptibles a los problemas adversos a la producción de cada localidad.

** H=plantas con rendimientos más altos que el promedio; L=plantas con rendimientos más bajos que el promedio.

*** Datos de cuatro repeticiones de 30 plantas por cada replicación; en paréntesis está el porcentaje de incremento obtenido al usar estacas con alta producción; letras diferentes corresponden a significancia al 0.05 de la prueba de Duncan.

mayor susceptibilidad a los patógenos (CIAT, 1987; Lozano, sin publicar). Por otro lado, cuando se seleccionan plantas de yuca aparentemente sanas como fuente de estacas para siembra, éstas pueden estar afectadas de virus latentes (que no muestran síntomas visibles) o haber sufrido afecciones tan recientes, que aún no muestran síntomas (Lozano y Nolt, 1986). Al seleccionar como fuente de estacas a las plantas con la mayor producción de raíces de una plantación, se asume el simple principio de que las plantas sanas son las que deben producir más raíces.

Si a las plantaciones o lotes destinados solamente a la producción de estacas se les suministra una adecuada fertilización y un manejo esmerado durante el ciclo de crecimiento, se pueden producir estacas de mejor calidad, tanto agronómica como sanitaria.

6. Control de malezas

Las malezas compiten por nutrientes y pueden ser hospederos de pestes y patógenos que afectan a los cultivos; por esto es necesario su control adecuado. Sin embargo, a veces el método de control de malezas puede acarrear más daños que las malezas mismas. Al controlar malezas con azadón y herbicidas de contacto, las pudriciones radicales fueron mayores que cuando el control se hizo por azadón (Tabla 7) (Lozano, sin publicar); al usar el azadón se hiere al sistema radical. El herbicida de contacto puede también causar heridas en la base del tallo, facilitando una mayor penetración de patógenos, lo que repercute en la mayor presencia de pudriciones radicales que en las parcelas cuyo control de malezas se hizo por machete (Tabla 7). Se recomienda controlar a las malezas con herbicidas preemergentes (Lazo+Karmex, por ejemplo) después de la siembra; en esta forma se logra un control

Tabla 7. Efecto del sistema de control de malezas en la incidencia de las pudriciones radicales en yuca.

% de pudrición por sistema de control de malezas			
Clon	Azadón	Químico	Machete
M Co. 1468	15*	11	7
CM 342-170	67	44	3
M Col 1684	16	12	6
Promedio	33	22	5

* Resultados sobre la producción total de raíces en plantaciones de ocho meses de edad, con cuatro replicaciones sembradas en el CIAT.

satisfactorio de las malas hierbas durante un período aproximado de dos meses (Doll, 1978); después de este tiempo se deben controlar las malezas con machete, hasta cuando la sombra del follaje de las plantas les inhiba su crecimiento.

7. Solarización

El uso de la irradiación solar para pasteurizar el suelo, ha sido registrado con excelente eficiencia para el control de muchos patógenos radicales de plantas (Katan et. al., 1976). En yuca, su utilización se registró recientemente indicando eficiencia para el control de Phytophthora spp. y Fusarium spp., reduciendo los costos de producción al controlar malezas e incrementando los rendimientos significativamente (Tabla 8) (CIAT, 1984). Este sistema sería recomendable para suelos utilizados intensamente, que llegan a infestarse en forma severa de patógenos del suelo. En el trópico se recomienda hacer la solarización durante el período de sequía, cuando la temperatura ambiental es generalmente más alta. Treinta días de solarización es un excelente tratamiento para regiones con alturas inferiores a 1.000 m.s.n.m.; en regiones con alturas superiores, se debe experimentar antes de hacer el tratamiento respectivo.

Control varietal

El control genético de enfermedades en yuca es el método más eficiente y barato para el productor, pero, debido a que el ciclo vegetativo de la especie es tan largo y a que la tasa de reproducción vegetativa es muy baja, el desarrollo de clones mejorados de yuca puede tomar diez o más años de evaluaciones continuas. Se ha encontrado resistencia varietal a toda enfermedad de yuca que se ha investigado.

Tabla 8. Efecto de la solarización sobre campos de yuca

Días de solarización	Producción de raíces frescas	Incremento (%)	Número de desyerbas necesarias/ciclo
0	18a*	-	3
15	22b	19	1
30	30c	63	1

* Resultados tomados de tres replicaciones/parcela de 30 plantas/tratamiento. Los números seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de 0.05 en el rango múltiple de Duncan.

El tipo de resistencia parece ser multigénico, de carácter estable para enfermedades tales como el añublo bacterial (Umemura y Kawano, 1983) y el superalargamiento (Kawano et. al); quizás en otras enfermedades esta condición pueda ser similar. Sin embargo, parece existir especialización fisiológica en Elsinoe brasiliensis (superalargamiento) (Zeigler et. al, 1984), y es muy probable en Colletotrichum spp. (Antracnosis) y Fusarium spp. (causantes de pudriciones radicales), según los datos recientes al respecto (Lozano, sin publicar). Lo anterior exige una cuidadosa evaluación del material genético, con el fin de evitar seleccionar clones con resistencia inestable. Por otro lado, la microflora benéfica que se establece sobre la epidermis de las plantas de yuca ejerce una protección efectiva contra los agentes patógenos del cultivo; al hacer las respectivas evaluaciones se debe evitar confundir la resistencia genética con la adquirida, que es la que ejerce la población microbiana benéfica nativa. Esta puede mostrar inestabilidad al fluctuar la población microbiana benéfica por efectos antagonísticos, climáticos, etc. (CIAT, 1984; 1985; 1986).

Las evaluaciones de campo en yuca han demostrado ser muy eficientes en localidades con epidemias severas de complejos patológicos (Lozano et. al, 1984). Estas evaluaciones, aunque requieren generalmente de varios ciclos sucesivos de siembras, permiten identificar clones con resistencia integral a las enfermedades más severas de la región en donde se efectúan. En general, la eficiencia de un programa de evaluación de campo en yuca depende de la severidad de las enfermedades que causa la epidemia en la localidad, de la época de siembra del material a evaluar (debe ser al inicio del período más lluvioso del año) y de la presencia de material genético susceptible entre el material a probar, con el fin

de incrementar en corto tiempo el inóculo potencial en la localidad. Un análisis integral entre la reacción varietal a las enfermedades y pestes, el rendimiento de raíces y la producción de estacas de buena calidad, podría ayudar a la identificación de clones con una mejor estabilidad de resistencia y producción (Lozano et. al, 1984).

Control químico

Como el ciclo comercial de la yuca es relativamente largo (entre 8 a 24 meses), el control químico para enfermedades y pestes en yuca es antieconómico; además, como la especie es generalmente cultivada por agricultores con recursos económicos limitados, la utilización de agroquímicos en yuca es limitada. Se ha logrado un buen control químico a la mancha parda (C. henningsii) (Teri, 1978) y a las manchas foliares inducidas por Phoma spp. (CIAT, 1974), pero a costos demasiado altos.

El tratamiento químico a las estacas, antes de la siembra, es no obstante una excelente medida de control de los patógenos que afectan a las estacas (Lozano y Bellotti). Al tratar las estacas con mezclas fungidas se erradica a los patógenos que las infectan, se controla a los que las infestan y se les protege contra los patógenos del suelo durante los días críticos posteriores a la siembra. Se han incrementado significativamente los rendimientos al tratar las estacas antes de la siembra con mezclas de fungicidas sistémicos y protectantes (Tabla 10) y se han conservado en buenas condiciones sanitarias estacas largas (de más de 1m de largo), almacenadas por períodos hasta de cuatro meses (CIAT, 1978; 1987).

Control biológico

El control biológico de enfermedades en plantas es relativamente

reciente, pero los resultados obtenidos son muy halagadores (Baker and Cook, 1974; Hubbard et al, 1983; Toussoun, 1980 y Utkhade and Rahe, 1983). En yuca, la investigación al respecto es muy reciente y preliminar (Hernández et. al, 1986).

Aunque se han registrado seis especies de Uromyces afectando a la yuca, la roya es una enfermedad que se ha considerado de poca importancia económica (Laberry, 1976), exceptuando algunas epifitias esporádicas registradas en Brasil (Fukuda, S., EMBRAPA, información personal). Parece que lo anterior es debido al excelente control biológico ejercido por Darluca filum, un micoparásito que afecta al patógeno inmediatamente después de la producción de pústulas; este micoparásito limita la producción de uredosporas que causan reinfecciones posteriores (Laberry, 1976). Aspersiones con suspensiones de esporas de este micoparásito, pueden lograr un control satisfactorio de la roya en regiones en donde la enfermedad es endémica.

Las uredosporas de roya en yuca también son alimento de larvas pertenecientes a especies de Coccinellidae y Cecidomyidae; es frecuente encontrar una o más larvas de este insecto en los chancros formados por los soros de las pústulas de roya. Aunque no existe ningún estudio al respecto, sería interesante investigar el efecto del insecto sobre esta enfermedad.

La severidad de daño causado por el añublo bacterial de la yuca y el superalargamiento, se reduce considerablemente al asperjar con suspensiones de Pseudomonas fluorescens y P. putida (Tabla 9). Los rendimientos también se incrementaron significativamente (Tabla 10) (CIAT, 1985). Igualmente, se ha logrado un control significativo de pudriciones radicales (Tabla 11) y reducir las infecciones de Diplodia manihotis (Tabla 12) al bacterizar las estacas de yuca antes de la

Tabla 9. Control del Añublo Bacterial (AB) y el Superalargamiento (S) por aspersiones foliares de Pseudomonas putida.

Enfermedad	Sistema de evaluación	Tratamiento	Clon		
			M Col 22 (susceptible)	CM 523-7 (resistencia intermedia)	M Ven 77 (resistente)
AB	Manchas angulares/hoja*	Aspersión****	1a*****	0a	0a
		Control	7b	4b	4b
	Número de hojas con añublo/planta**	Aspersión	1a	2a	0a
		Control	7b	8b	3b
S	Número de plantas elongadas/parcela***	Aspersión	4a	2a	0
		Control	14b	5b	0

* Número promedio de manchas/hoja en 15 hojas (3 hojas de cada una de cinco plantas diferentes. Las parcelas tenían 36 plantas con tres replicaciones.

** Número promedio de hojas con añublo/planta de cinco plantas/parcela.

*** Número de plantas elongadas/parcela.

**** Las plantas asperjadas recibieron seis aplicaciones foliares de 1×10^9 células/ml de suspensiones de P putida. Las plantas control se asperjaron con agua destilada estéril.

***** Números seguidos por la misma letra no difieren significativamente a niveles del 0.05 del rango múltiple de Duncan.

Tabla 10. Producción de clones resistentes (M Col 22), con resistencia intermedia (CM 523-7) y susceptible (M Ven 77) al Añublo Bacterial después de aspersiones foliares con Pseudomonas putida (cepa F-44).

Clon	Producción (ton de raíces frescas/ha)*	
	Parcelas asperjadas	Parcelas control
M Col 22	6.8a**	2.5b
CM 523-7	14.7a	14.0a
M Ven 77	9.6a	9.1a

* Producción de parcelas replicadas tres veces con 30 plantas cada una. Las plantas del borde se eliminaron.

** Números seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes a niveles de 0.05 del rango múltiple de Dunca.

Tabla 11. Porcentaje de pudriciones radicales en parcelas sembradas con estacas tratadas con mezclas fungicidas/insecticidas o con suspensiones bacteriales de Pseudomonas putida (cepa 88, 1×10^9 células/ml) antes de la siembra en el CIAT-Palmira.

<u>Porcentaje de pudriciones radicales a la cosecha tratamiento</u>			
<u>Clon</u>	<u>Bacterización</u>	<u>Tratamiento químico</u>	<u>Controles</u>
M Col 113	7*	18	41
CM 342-170	1	0	12
CM 523-7	0	0	5

* Resultados de parcelas de 30 plantas replicadas cuatro veces/tratamiento; las plantas bordes se eliminaron. La bacterización se hizo por inmersión en la suspensión bacteriana durante 20 min; el tratamiento químico se hizo por inmersión por 5 min en una solución de Benomyl (3g/l i.a.), Maneb (3g/l i.a.) y Malathion 57 (2ml/l).

Tabla 12. Efecto de Pseudomonas fluorescens (cepa Pf. c5a) en la germinación de yemas de estacas (clon M Col 1684) inoculadas con Diplodia manihotis (Dm.)

Tratamientos	Germinación de yemas (%)	Infección de la estaca (% de tejido invadido)
10 min en Pf. c5a*	100**	16b***
20 min en Dm		
10 min en H ₂ O estéril	10	97a
20 min en Dm		
18 h en Dm	100	36b
20 min en Pf. c5a		
18 h en Dm.	40	85a
20 min en H ₂ O estéril		
20 min en Dm.	0	100a
20 min en H ₂ O o Pf. c5a	100	0c

* Tratamientos por inmersión en suspensiones de 1.1×10^9 células/ml de P. fluorescens (cepa Pf. c5a) o suspensiones con 5.8×10^4 picniosporas/ml de D. manihotis (Dm.) o viceversa.

** Resultados de 20 estacas/tratamiento a un mes después de la siembra en potes con suelo estéril mantenidos en un invernadero a 25°C (+8°C), 80% HR y 12h fotoperíodo. Se encontraron diferencias significativas por el sistema Logit (X^2).

*** Los datos sobre infección de estacas seguidos por la misma letra no son significativos a nivel de 0.05 del rango múltiple de Duncan.

siembra (CIAT, 1985). Estas especies bacteriales benéficas, también pueden prevenir las pudriciones fisiológicas y microbiales que sufren las raíces de yuca después de la cosecha. Resultados satisfactorios se han obtenido al almacenar raíces de yuca bacterizadas durante 15 días (CIAT, 1985).

Erradicación

La erradicación de patógenos en yuca se ha investigado por medios físicos de calor y microondas. La erradicación del superbrotamiento se registró al someter estacas afectadas de este micoplasma a 39°C por dos semanas (Costa y Kitajima, 1972). Al someter al calor (40°C) a plantas afectadas de virus tales como el mosaico común, el mosaico caribeño y el cuero de sapo, se logran erradicar en un alto porcentaje a estos virus después de cultivar los meristemos de las plantas tratadas (Roca, 1985). Se han erradicado hongos y bacterias que afectan semillas de yuca por tratamientos con microondas (Lozano, et. al, 1986) y calor (CIAT, 1981); estos tratamientos también rompen la dormancia natural de las semillas, acelerando su germinación después de la siembra.

El cultivo de meristemos ha permitido la erradicación de virus eficientemente, cuando a las plantas madres se les somete previamente al calor (Roca, 1985). Xanthomonas campestris pv. manihotis, también se ha erradicado al enraizar retoños de yuca producidos por estacas lignificadas (Lozano and Wholey, 1974). Igualmente, esta bacteria también se ha erradicado al eliminar las plantaciones afectadas de una región para luego usar sólo estacas sanas de yuca para la siembra (Lozano, 1986). La eliminación de plantas afectadas del añublo bacterial (Lozano, 1986) o del virus del mosaico africano (Bock and Guthrie, 1976), ha reducido la afección causada por estos dos patógenos.

es posible que la eliminación durante el período de rotación de hospedantes alternos de patógenos tales como Elsinoe brasiliensis (plantas Euphorbiaceae) (Zeigler et al., 1984), D. manihotis y Fusarium spp. (Crotalaria spectabilis) (CIAT, 1986) y malezas que crecen en plantaciones de yuca afectadas del añublo bacterial (Lozano, 1986), ayuden a la erradicación de estos patógenos o por lo menos a reducir su incidencia.

Medidas cuarentenarias

Aunque son relativamente pocos los países que actualmente tienen reglamentaciones cuarentenarias que regulen el movimiento de material de propagación de yuca, estas reglamentaciones son indudablemente beneficiosas y deben establecerse. En general, se ha considerado que la semilla botánica de yuca tiene menos riesgos de estar afectada de agentes patógenos; sin embargo, estudios recientes han mostrado que pueden llevar hongos y bacterias patógenos (Lozano et al., 1986). El tratamiento con microondas erradica estos causales y el tratamiento al calor erradica los agentes bacteriales (Lozano et al., 1986; CIAT, 1981); un tratamiento químico, reduce los riesgos de reinfecciones considerablemente al igual que la selección de las plantas, los frutos y las semillas que se usen para propagación (Lozano y Nolt, 1986). Las estacas de yuca, por otro lado, tienen un alto riesgo de estar afectadas de patógenos (Lozano y Nolt, 1986); su introducción a cualquier país o región debe prohibirse. El material vegetativo procedente de cultivo de meristemas tiene muy bajo riesgo de estar afectado. Este riesgo se puede minimizar si a las plantas madres o al material de meristemo cultivado se le hacen pruebas indicadoras para virus específicos (Lozano y Nolt, 1986). Lo anterior debe tenerse en cuenta al determinar las

medidas cuarentenarias que regulen el movimiento de material de propagación de yuca entre los países y, aún entre regiones geográficas distintas de cada país.

Conclusiones

Como es indudable la vulnerabilidad de la yuca a diferentes patógenos virales, micoplasmiales, bacteriales y fungosos, su consecuente control es indispensable para incrementar y estabilizar los rendimientos.

El control de enfermedades en yuca debe dirigirse a prevenir su ocurrencia. Esto se logra mediante la aplicación integral de todas aquellas medidas de control de enfermedades y pestes que han mostrado eficacia. Es obvio que en algunas circunstancias, especialmente determinadas por características ecológicas y sociológicas específicas, las medidas culturales de control que se deben aplicar en una región no pueden ser similares a las que se deben aplicar en otra(s) región(es); ésto implica que se deben determinar paquetes tecnológicos para el control integral de enfermedades en yuca y que éstos deben ser determinados y revisados periódica y regionalmente, ajustándolos de acuerdo a las circunstancias y, a veces, variándolos según lo exijan las condiciones ecológicas cambiantes.

Bibliografía

- Baker, K.F. and Cook, R.J. 1974. Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman, San Francisco, 433 p.
- Bock, K.R. and Guthrie, E.J. 1976. Recent advances in research on cassava viruses in East Africa. En: IDRC (ed.). Proceedings of the African Cassava Mosaic Workshop. IDRC, Ottawa, Canada, p. 11.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1975. Programa de

- Yuca: Informe Anual 1974. CIAT, Cali, Colombia p. 73.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Programa de Yuca: Informe Anual 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. A110.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Programa de Yuca: Informe Anual 1980. CIAT, Cali, Colombia. p. 93.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Cassava Program: Annual Report 1984. CIAT, Cali, Colombia. p. 270.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1986. Programa de Yuca: Informe Anual 1985. CIAT, Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Programa de Yuca: Informe Anual 1986. CIAT, Cali, Colombia (sin publicar).
- Cock, H.J. 1985. Cassava. New potential for a neglected crop. Westview Press, Inc., Boulder, Co. 191 p.
- Costa, A.S. and Kitajima, E.W. 1972. Studies on virus and mycoplasma diseases of the cassava plant in Brasil. En: IITA (ed.) Proceedings of cassava mosaic workshop. IITA, Ibadan, Nigeria, p. 18.
- Doll, J.D. 1978. Weeds: an economic problem in cassava. En: CIAT (ed.), Proceedings of the cassava protection workshop. CIAT, Cali, Colombia. p. 65-69.
- Hernández, J.M.; Laberry, R.; y Lozano, J.C. 1986. Observations on the effect of inoculating cassava (Manihot esculenta) plantlets with fluorescent pseudomonads. Phytopath. Z. 117: 17-25.
- Hubbard, J.P.; Horman, G.E.; y Hadon, Y. 1983. Effect of soilborne Pseudomonas spp. on the biological control agent, Tricoderma hamatum, on pea seed. Phytopathology 73: 655-659.
- IITA (International Institute of Tropical Agriculture). 1982. Role of

- insects in the etiology of CAD (cassava anthracnose disease).
Roots and tubers improvement program. IITA Annual Report 1981.
IITA, Ibadan, Nigeria p. 19-60.
- Katan, J.; Greenberger, A.; Alon, H.; y Grinstein, A. 1976. Solar
heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused
by soilborne pathogens. *Phytopathology* 66: 683-688.
- Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (Manihot esculenta
Crantz) for productivity. *Trop. Agric. Res. Ser. 11. Trop. Agric.
Res. Cent. Min. Agric. for Jpn.* 21 p.
- Kawano, K.; Umemura, Y.; y Kano, Y. 1983. Field assessment and
inheritance of cassava resistance to superelongation disease. *Crop
Science* 23: 201-205.
- Laberry, R. 1976. Estudio etiológico de la roya (Uromyces spp.) en yuca
(Manihot esculenta Crantz) en Colombia. Tesis de Maestría,
Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario (ICA),
Bogotá. 84 p.
- Lozano, J.C. 1986. Cassava bacterial blight: A manageable disease.
Plant Disease 70(12): 1089-1093.
- Lozano, J.C. y Bellotti, A. 1979. Control integrado de enfermedades y
pestes de la yuca (Manihot esculenta Crantz). *Fitopatología
Colombiana* 8 (2): 97-104.
- Lozano, J.C. y Nolt, B.L. 1986. Cassava (Manihot esculenta Crantz).
En: *Plant Quarantine. Vol. 2. Problems, solutions and special
topics.* CRC Press, Inc., Boca Ratón, Fl. (in press).
- Lozano, J.C. y Wholey, D.W. 1974. The production of bacteria-free
planting stock of cassava. *World Crops.* 26: 115-117.
- Lozano, J.C.; Byrne, D.; y Bellotti, A. 1980. Cassava/ecosystem

- relationships and their influence on breeding strategy. *Tropical Pest Management*. 26:180.
- Lozano, J.C.; Laberry, R.; y Bermúdez, A. 1986. Microwave treatment to eradicate seed-borne pathogens in cassava true seed. *Phytopath. Z.* 117: 1-8.
- Lozano, J.C.; Pineda, B.; y Jayasinghe, U. 1984. Effect of cutting quality on cassava. En: CIP (ed.), *Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. CIP, Lima, Perú. p. 433-439.
- Lozano, J.C.; Hershey, C.H.; Bellotti, A.; y Zeigler, R. 1984. A comprehensive breeding approach to pest and disease problems of cassava. En: CIP (ed.), *Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. CIP, Lima, Perú. p. 315-320.
- Oliveros, B.; Lozano, J.C.; y Booth, R.H. 1974. A *Phytophthora* root rot of cassava in Colombia. *Plant Disease Reporter* 58: 703-705.
- Roca, W. 1985. In vitro clonal propagation to eliminate crop diseases. En: IRRI (ed.). *Proceedings of Biotechnology in International Agricultural Research*. IRRI, Manila. p. 3-10.
- Teri, J.M. 1978. Brown leaf spot and *Cercospora* leaf blight of cassava: Epidemiology and importance. PhD. Tesis, Cornell University, Ithaca, New York. 101 p.
- Toussoun, T.A. 1980. Fusarium suppressive soil. *Phytopathology* 70:412.
- Umemura, Y. y Kawano, K. 1983. Field assessment and inheritance of resistance to cassava bacterial blight. *Crop Science* 23: 1127-1132.
- Utkhede, R.S. y Rahe, J.E. 1983. Effect of Bacillus subtilis on growth

and protection of onion against white rot. *Phytopath.* 2. 106: 199-203.

Vyas, S.C. y Joshi, L.K. 1976. Die-back of cassava (*Manihot utilissima* Pohl.; *Manihot esculenta* Crantz). A new disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. *Science and Culture* 42(3): 171-172.

Zeigler, R.S.; Lozano, J.C.; y Alvarez, E. 1984. Summary of recent research on the superelongation disease of cassava. En: CIP(ed.), *Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. CIP, Lima, Perú. 363-370.