1704

CIAT
COLECCION HISTORICA

Edición preliminar

CIAT
BIBLIOTECA

curso sobre producción de yuca







CIAT/1976

C O N T E N I D O

Información general sobre el curso VII

Significado global de la yuca XIX
James H. Cock, Barry L. Nestel

* Enfermedades importantes de la yuca 1
J. Carlos Lozano

Enfermedades de la yuca y su control 16
J. Carlos Lozano, Eugene R. Terry

El peligro de introducir enfermedades y plagas de la yuca (Manihot esculenta Crantz) por medio de material vegetativo de propagación 31
J. Carlos Lozano

Enfermedades de la yuca 51
J. Carlos Lozano, R. H. Booth

Insectos que atacan la yuca 111
Anthony Belloti, Aart van Schoonhoven, Jorge Peña

Fisiología de la yuca 127
James H. Cock

Adaptabilidad de la yuca 140
James H. Cock

Evaluación de germoplasma de yuca (Manihot esculenta Crantz) para productividad 142
Kazuo Kawano, Pablo Daza, Alvaro Amaya, Wania M.F. Goncalves

Hibridación en la yuca (Manihot esculenta Crantz) 144
Kazuo Kawano, Mario Ríos, Pablo Daza, Alvaro Amaya

Dcto.

Selección para la productividad en yuca (Manihot esculenta Crantz) 146 1590
Kazuo Kawano, Alvaro Amaya, Pablo Daza

La fertilización de la yuca 150 1408
Reinhardt H. Howeler

Requerimiento de elementos secundarios y elementos menores en yuca 163 1409
Reinhardt H. Howeler

Métodos de control de malezas en yuca 171 403
Jerry D. Doll, W. Piedrahita C.

* Ensayo demostrativo de herbicidas en yuca (OPAS 296763) 183 0186
Jerry D. Doll

Preparación de tierras 187 399
Alfonso Díaz D.

Selección y preparación de material para siembra de yuca 197 450
Julio C. Toro M., Abelardo Castro M., Ernesto Celis A.

Sistema rápido de propagación de yuca 205
J.H. Cock, D. Wholey, J. Carlos Lozano, J. C. Toro

* Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca (OPAS 296763) 217 0450
Abelardo Castro M., Julio C. Toro, Ernesto Celis A.

Métodos de cosecha de la yuca 225 1468
Julio C. Toro, Ernesto Celis A., Gustavo Jaramillo

Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de la yuca 233 393
Abelardo Castro M., James H. Cock, Julio C. Toro

Almacenamiento de raíces de yuca 240
R. H. Booth

Secamiento de yuca 260
Rupert Best

El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes 270
C. Patrick Moore

Utilización de yuca fresca y harina en alimentación porcina 289
Guillermo Gómez, Carlos Camacho, Jerome H. Maner

Utilización de la estadística y diseño experimental en investigaciones en yuca 306
M. Cristina Amézquita

Planeación del cultivo de la yuca 334
Julio C. Toro M., Ernesto Celis A.

* F Conceptos generales sobre los costos de producción 342
Fernando Bernal Niño (agris 296763)

* F Conceptos sobre administración de la producción del cultivo de la yuca 352
Fernando Bernal Niño (agris 296763)

* F Aspectos económicos de la producción de yuca - estudio de caso - Colombia 361
Rafael Orlando Díaz

Costos y utilización de insumos en la producción de yuca en Colombia 399
Rafael O. Díaz, Per-Pinstrup-Andersen, Rubén D. Estrada

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO POSGRADO

EN PRODUCCION DE YUCA

Octubre 2 a Noviembre 3 de 1976

El Centro Internacional de Agricultura Tropical ofrece un CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO POSGRADO EN PRODUCCION DE YUCA (Manihot esculenta, Cranstz) que se llevará a cabo del 2 de Octubre al 3 de Noviembre en las instalaciones del Centro en Palmira, en áreas producturas de yuca aledañas al CIAT y en la costa norte de Colombia.

El curso está programado para profesionales de América Latina que se dedican o se dedicarán a la asesoría técnica de los productores y al apoyo de los programas de investigación y de fomento de este cultivo en sus países. El Programa presenta en forma integrada las varias fases del cultivo y las disciplinas que contribuyen a su producción.

Un enfoque combinado de enseñanza técnica y aplicación práctica de campo permite y requiere la participación activa y la interacción profesional entre participantes encaminada al intercambio de ideas y experiencias.

El curso tiene por meta reforzar en los profesionales aptitudes de técnico, de científico y de productor, sobre el cultivo de la yuca, a fin de que el participante sea capaz de integrar los componentes del sistema de producción a nivel de finca; evaluar e introducir nuevas técnicas a los agricultores; realizar ensayos de campo para validar tecnología y demostrar los resultados de la investigación y, finalmente, evaluar alternativas de producción de yuca a la luz de los resultados económicos. En resúmen, se pretende formar un especialista capaz de fomentar el cultivo de la yuca como una alternativa ventajosa para su región de trabajo.

Objetivos

A) Del Curso. Proveer a los participantes oportunidad para:

1) Interactuar profesionalmente e intercambiar ideas entre técnicos con interés genuino en el cultivo y producción de yuca y que trabajen en esta especie.

2) Refrescar, actualizar y expander conocimientos y destrezas sobre el cultivo de yuca dentro de un enfoque multidisciplinario, dirigido hacia la solución de problemas que obstaculizan el aumento de la producción y la productividad.

3) Desarrollar estrategias de diagnóstico de campo y fomento de la producción aplicables a su medio de trabajo.

B) Del adiestramiento. Al finalizar el curso los participantes deberán ser capaces de demostrar:

1) Una amplia gama de conocimientos y habilidades básicas en las disciplinas y áreas científicas relacionadas directamente con la producción de Manihot esculenta, Crantz, dentro del marco del "Sistema de producción".

2) Comprensión del trabajo de equipo para desarrollar y poner en práctica estrategias de producción de yuca basados en resultados de la investigación.

3) Aptitud en el diagnóstico de problemas de campo (daños de insectos, enfermedades, deficiencias nutricionales, etc.) en yuca.

4) Conocimientos de métodos de propagación rápida de estacas sanas para siembra de yuca.

5) Habilidad para realizar, establecer y manejar ensayos de validación de tecnología en colaboración con investigadores, y demostrar los posibles beneficios de nuevas técnicas a los agricultores.

6) Habilidad para evaluar alternativas de producción a la luz de las relaciones económicas.

Metodología

El curso constará de una parte de enseñanza teórica de conferencias y discusiones, con similar proporción de tiempo dedicado a prácticas de campo, técnicas de diagnóstico y giras de estudio, a varias zonas ecológicas de producción de yuca según el programa adjunto.

Se incluirá la presentación de un informe final por los participantes, basado en el estudio de diagnóstico de un área productora.

Contenido

La mayor parte de la enseñanza versará sobre agronomía (énfasis en prácticas culturales), fitopatología, entomología y control de malezas en yuca. En forma más general se tratarán temas referentes a mejoramiento, fisiología, fertilización, mecanización, estadística y aspectos económicos de la producción.

Los conferencistas del personal del CIAT harán sus presentaciones en Español. Todo el material escrito sobre las conferencias será proporcionado en este idioma, con anticipación a cada conferencia.

Instrucción y Administración

El grupo de instrucción y administración del curso lo constituirán los siguientes miembros del personal científico del CIAT.

John L. Nickel, Ph. D., Director General del CIAT.
Fernando Fernández, Ph. D., Líder del Programa de Adiestramiento y Conferencias.
James H. Cock, Ph. D., Fisiólogo, Coordinador del Programa de Yuca.

Abelardo Castro, Ph. D., Agrónomo,Coordinador del curso.
María Cristina Amézquita, M. S., Estadística Matemática
Anthony Bellotti, Ph. D., Entomólogo.
Fernando Bernal, M. S., Economista de Producción Agrícola.
Rupert Best, Ph. D., Ingeniero Químico.
Ernesto Celis, I. A., Agrónomo.
Alfonso Díaz, M. S., Superintendente de granja, CIAT.
Rafael O. Díaz, M. S., Economista Agrícola.
Jerry Doll, Ph. D., Especialista en control de malezas.
Guillermo Gómez, Ph. D., Bioquímico-nutricionista.
Reinhardt Howler, Ph. D., Edafólogo.
Kazuo Kawano, Ph. D., Fitomejorador.
José Carlos Lozano, Ph. D., Fitopatólogo.
Fernando Monge, Ph. D., Comunicador.
Patrick Moore, Ph. D., Zootecnista.
Carlos Suárez, B. S., Orientación de becarios
Eugenio Tascón, I. A., Agrónomo de Adiestramiento
Julio César Toro, Ph. D., Agrónomo
Michael Thung, Ph. D., Fisiólogo

Participantes

Se admitirán hasta un máximo de 30 Ingenieros Agrónomos patrocinados por Insituciones o Empresas de los países latinoamericanos que estén trabajando en producción de yuca. Es requisito que los becarios no hayan participado en cursos de igual índole sobre este cultivo y a su regreso vayan a trabajar con él.

Transporte, Alojamiento, Alimentación y Otros

El CIAT proveerá a los becarios: a) los pasajes y gastos de viaje de venida y de regreso al país de origen; b) los viajes oficiales durante el curso; c) el transporte local; d) el alojamiento y la alimentación en las instalaciones del CIAT, a un precio de US$45/mes o fracción por persona en habitación doble y aproximadamente US$3 por día por alimentación;

e) costos complementarios de alojamiento y comida durante los viajes oficiales en Colombia; f) los materiales de instrucción y publicaciones pertenentes; g) los equipos y otros materiales que sean necesarios y h) seguro de hospitalización y gastos médicos que cubre aproximadamente las tres cuartas partes del costo de hospitalización y la mitad de los gastos médicos.

Estipendio y Gastos de Viaje

Los becarios recibirán el equivalente en pesos colombianos de US$200.oo por mes para sus gastos personales y para pagar su alimentación y vivienda en el CIAT. además, se les reembolsará a su llegada al CIAT US$50.oo para gastos de viaje de venida y regreso.

Se les otorgará un exceso de equipaje de 10 Kg en el viaje de regreso para el transporte de los materiales recibidos.

Certificado del Curso

El Centro Internacional de Agricultura Tropical expedirá un certificado de asistencia a los becarios que completen satisfactoriamente el curso.

Día de llegada

La naturaleza del curso requiere que los participantes lleguen al CIAT el día Sábado 2 de Octubre o antes.

Solicitudes y Correspondencia

Deberán enviarse al

Dr. Fernando Fernández
Líder, Programa de Adiestramiento y Conferencias

Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

Información General

El Centro Internacional se encuentra localizado en el Valle del Río Cauca, a 4 kilómetros de Palmira, ciudad de 200.000 habitantes, y a 25 kilómetros de Cali, capital del Departamento, con cerca de 1.500.000 habitantes. La temperatura media es de 24°C y su altitud sobre el nivel del mar es de 1.000 metros aproximadamente.

El CIAT concentra sus actividades de Investigación y Adiestramiento en las especies principales de yuca, fríjol y ganado de carne y lleva a cabo operaciones secundarias en arroz, porcinos, maíz.

Para mayor información véase plegable adjunto.

PROGRAMA

CURSO INTENSIVO DE ADIESTRAMIENTO POST-GRADO

EN PRODUCCION DE YUCA (Manihot esculenta, Crantz)

CIAT - Octubre 2 a Noviembre 3 de 1976

Actividad	Octubre		
	Sábado 2		
		Llegada a CIAT, Cali Registro y alojamiento	C. Suárez
	Domingo 3		
1	9:15 - 10:30	Aspectos administrativos. Entrega de estipendios.	C. Suárez
	10:30 - 10:45	Café	
1	10:45 - 12:00	Presentación sobre CIAT	F. Fernández
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
2	1:00 - 2:15	Orientación instalaciones de CIAT	C. Suárez
2	2:15 - 6:00	Gira a Cali y Palmira	C. Suárez
	6:00	Comida	
	Lunes 4		
1	8:00 - 8:15	Bienvenida (C)	J.L. Nickel
3	8:15 - 9:15	Programa de Yuca-CIAT. Situación mundial (C)	J.H. Cock
4	9:15 - 10:30	Morfología y composición de la yuca (C)	J.H. Cock
	10:30 - 11:45	Café	
5	10:45 - 12:00	Planeación del Cultivo. Foro (C)	E. Celis
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
6	1:00 - 2:15	Biblioteca y documentación (C)	F. Monge
7	2:15 - 5:00	Evaluación inicial teórico práctica (C)	A.Castro
8	5:30 - 7:00	Cocktail	Staff

C = Conferencia

P = Práctica

Actividad	Martes 5		
10	8:00 - 9:15	Selección y preparación de estacas. Tratamiento fitosanitario (C)	J.C. Toro/ J.C. Lozano
10p	9:15 - 12:00	Práctica preparación de estacas (P)	J.C. Toro/A.Castro
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
11	1:00 - 2:15	El uso de maquinaria en el cultivo de la yuca (C)	A. Díaz
11p	2:15 - 17:00	Práctica de preparación de tierra(P)	A. Díaz
	Miércoles 6		
12	8:00 - 9:15	Diseño de experimentos I (C)	M.C. Amézquita
13	9:15 - 10:30	Fertilización I - N P K (C)	R. Howeler
	10:30 - 10:45	Café	
13	10:45 - 12:00	Fertilización II - suelos ácidos(C)	R. Howeler
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
14	1:00 - 2:15	Métodos de siembra (C)	J.C. Toro/A.Castro
14p	2:15 - 5:00	Siembra -transplante-posición estacas (P)	J.C. Toro/A.Castro
	Jueves 7		
15	8:00 - 9:15	Variación de germoplasma y su importancia (C)	K. Kawano
15	9:15 - 10:30	Características genéticas relacionadas a eficiencia de hidridaciones y selècciones (C)	K. Kawano
	10:30 - 10:45	Café	
15p	10:45 - 12:00	Visita banco de germoplasma CIAT(P)	K. Kawano
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
10	1:00 - 2:15	Método de propagación rápida (C)	J.C. Toro
10p	2:15 - 5:30	Práctica de propagación (P)	J.C. Toro
	Viernes 8		
12	8:00 - 9:15	Diseño de Experimentos II (C)	M.C. Amézquita
13	9:15 - 10:30	Fertilización III -Nutrimentos menores (C)	R. Howeler
	10:30 - 10:45	Café	
13	10:45 - 12:00	Fertilización IV -Métodos (C)	R. Howeler
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
16	1:00 - 2:15	Métodos de cosecha (C)	J.C. Toro
17	2:15 - 3:30	Almacenamiento (C)	J.C. Toro/J.C.Lozano
13p	3:45 - 5:00	Fertilización V -Invernadero, deficiencias nutricionales	R. Howeler

Actividad	Sábado 9		
16p	9:15 - 10:30	Cosecha lote de demostración -P2N(P)	A. Castro
17p	10:45 - 12:00	Almacenamiento (P)	A. Castro
	Domingo 10		
	Libre		
	Lunes 11		
12	8:00 - 9:15	Diseño de experimentos III (C)	M.C. Amézquita
18	9:15 - 10:30	Pruebas regionales (C)	J.C. Toro
	10:30 - 10:45	Café	
19	10:45 - 12:00	Respuesta de la yuca a la población(C)	A. Castro
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
20	1:00 - 2:15	Principios de Control de Malezas (C)	J. Doll
20	2:15 - 3:30	Factores de competencia (C)	J. Doll
18p	3:45 - 5:30	Prueba regional CIAT, diseños sistemáticos de poblaciones, ensayo de poblaciones (P)	A. Castro
	Martes 12		
	Feriado		
	Miércoles 13		
12	8:00 - 9:15	Diseño de experimentos IV (C)	M.C. Amézquita
12	9:15 - 10:30	Problemas y ejercicios (P)	M.C. Amézquita
	10:30 - 10:45	Café	
21	10:45 - 12:00	Bombas aspersadoras -equipo y calibración (C)	J. Doll
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
21p	1:00 - 2:15	Problemas y cálculos (P)	J. Doll
21p	2:15 - 6:00	Práctica de calibración de equipos y aplicación de herbicidas post-emergentes (P)	J. Doll
	Jueves 14		
22	8:00 - 9:15	Introducción a las enfermedades de la yuca (C)	J.C. Lozano
22	9:15 - 10:30	Enfermedades bacteriales (C)	J.C. Lozano
	10:30 - 10:45	Café	
23	10:45 - 12:00	Fisiología I (C)	J.H. Cock
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
24	1:00 - 2:15	Cultivos asociados -yuca/fríjol (C)	M. Thung
24p	2:15 - 5:00	Visita ensayo asociado (P)	M. Thung

Actividad	Viernes 15		
25	8:00 - 9:15	Insectos I (C)	A. Bellotti
25	9:15 - 10:30	Insectos II (C)	A. Bellotti
	10:30 - 10:45	Café	
25	10:45 - 12:00	Insectos III (C)	A. Bellotti
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
28 (22p,25p)	1:00 - 8:00	Práctica fitopatología Santander de Quilichao, rayaderos (P)	J.C.Lozano/G.Gómez A.Bellotti*/E.Celis*
	____	Comida	
	Sábado 16		
26	9:15 - 10:30	Administración de la producción. Aspectos financieros (C)	F. Bernal
	10:30 - 10:45	Café	
26p	10:45 - 12:00	Ejercicios sobre costos (P)	F. Bernal
	Domingo 17		
	Libre		
	Lunes 18		
20	8:00 - 9:15	Principios de selectividad de los herbicidas y factores que inciden (C)	J. Doll
20	9:15 - 10:30	Recomendaciones para el control de malezas en yuca (C)	J. Doll
	10:30 - 10:45	Café	
22	10:45 - 12:00	Enfermedades viroses y fungosas de las hojas (C)	J.C. Lozano
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
	1:00 - 5:00	Insectos -CIAT (P)	A. Bellotti
	Martes 19		
22	8:00 - 9:15	Enfermedades fungosas del tallo (C)	J.C. Lozano
22	9:15 - 10:30	Enfermedades fungosas de las raíces (C)	J.C. Lozano
	10:30 - 10:45	Café	
23	10:45 - 12:00	Fisiología II (C)	J.H. Cock
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
20p	1:00 - 5:00	Identificación de malezas (CIAT-ICA) y formulación de herbicidas (P)	J. Doll

* Participación tentativa en la práctica.

Actividad	Miércoles 20		
28	6:00 - 20:00	Viaje a Caicedonia (insectos-enfermedades-prueba regional)	J.C.Toro/A.Bellotti J.C.Lozano
		Comida	
	Jueves 21		
23	8:00 - 9:15	Fisiología III (C)	J.H. Cock
26	9:15 - 10:30	Aspectos económicos (C)	R.O. Díaz
	10:30 - 10:45	Café	
26	10:45 - 12:00	Encuesta economía- Yuca CIAT (C)	R.O. Díaz
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
22p	1:00 - 5:00	Reconocimiento de enfermedades CIAT(P)	J.C. Llozano
	Viernes 22		
28 (22p, 25p)	6:00 - 20:00	Viaje a Quilcacé-Popayán -Enfermedades (P)	J.C. Lozano/ A. Bellotti
		Comida	
	Sábado 23		
20	9:15 - 10:30	Modo de acción y síntomas de daño de los herbicidas (C)	J. Doll
20p	10:30 - 12:00	Parcelas demostrativas y evaluación de los postemergentes (P)	J. Doll
	Domingo 24		
		Libre	
	Lunes 25		
22	8:00 - 9:15	Consideraciones generales sobre el control de enfermedades (C)	J.C. Lozano
27	9:15 - 10:30	Adaptabilidad (C)	J.H. Cock
	10:30 - 10:45	Café	
26	10:45 - 12:00	Bajos rendimientos económicos en Colombia. Causas (C)	R.O. Díaz
	12:00 - 1:00	Almuerzo	
29	1:00 - 2:15	Secamiento I (C)	R. Best
29p	2:15 - 5:30	Práctica de secamiento (P)	R. Best

Actividad				
	Martes 26			
30	8:00 - 9:15	Cuarentena (C)		J.C. Lozano
31	9:15 - 10:30	Utilización de la yuca como forraje (C)		P. Moore
	10:30 - 10:45	Café		
31	10:45 - 12:00	Suplemento alimenticio para cerdos (C)		G. Gómez
	12:00 - 1:00	Almuerzo		
32	1:00 - 5:00	Mesa redonda (C)		Staff
	Miércoles 27			
33	6:00	Viaje a Santa Marta		Staff
	Tarde	ICA - Caribia		Staff
	Jueves 28			
33	6:00 - 21:00	Visita a fincas, Media Luna		Staff
	Viernes 29			
33	8:00 - 12:00	Visita a fincas, Santa Marta		Staff
	Sábado 30			
34 34	A. M.	Preparación informes -consultas		Staff
	Domingo 31			
33		Regreso a Cali		
	Noviembre			
	Lunes 1			
	Libre	CIAT		
	Martes 2			
34	8:00 - 9:15	Preparación de informes		
9	9:15 - 12:00	Evaluación final teórico-práctica sobre yuca (C)		A. Castro
	12:00 - 1:00	Almuerzo		
35	1:00 - 3:30	Presentación y discusión de informes de grupo (C)		Staff
36	7:00 - 9:00	Clausura, Cocktail-cena		Staff
	Miércoles 3 y Jueves 4	Regreso a país de origen		

SIGNIFICADO GLOBAL DE LA YUCA

James H. Cock*
Barry L. Nestel**

La yuca es un cultivo exclusivamente tropical que muy rara vez se produce en plantaciones comerciales y en organizaciones industriales. Como resultado ha recibido poca atención por parte de científicos y técnicos altamente calificados.

A pesar de la poca atención que se le ha dado hasta ahora, es uno de los cultivos principales en cuanto a la producción anual de carbohidratos por hectárea. Este nivel de productividad se ha obtenido utilizando un mínimo de insumos, lo cual reviste gran importancia en esta época en que los fertilizantes, fungicidas, plaguicidas y herbicidas han alcanzado precios sumamente elevados.

Como la yuca todavía no ha sido objeto de métodos modernos de mejoramiento genético, es factible que se pueda aumentar su eficiencia mucho más fácil y rápidamente que la de otros cultivos que ya han estado sometidos a un ciclo de mejoramiento intensivo. En este sentido la yuca se encuentra en una posición similar a la del arroz y el trigo en los trópicos antes de los espectaculares aumentos en rendimiento alcanzados por la Revolución Verde. Estos aumentos en rendimiento se obtuvieron gracias al trabajo de los investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y del Centro Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) y llevaron al establecimiento de nuevos Centros Internacionales de Investigación Agrícola (IARC) los cuales se dedicaeon al estudio de cultivos tropicales importantes.

---

* Fisiólogo
** Director Asociado CIID - Colombia

CENTROS PARA LA INVESTIGACION DE CULTIVOS DE TUBERCULOS

Los primeros dos centros que se establecieron fueron el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia. Estos dos nuevos centros se modelaron con base en la filosofía del CIMMYT y del IRRI, la cual propendía por el mantenimiento de instalaciones y condiciones de trabajo excelentes para que científicos altamente calificados pudieran estudiar los problemas de producción de alimentos de vital importancia para la gente del mundo en desarrollo.

Tanto el IITA como el CIAT están llevando a cabo investigación en la especialidad relativamente olvidada de culrivos de tubérculos tropicales. El programa en Africa comprende investigación sobre batata, ñame y yuca. El trabajo sobre la yuca se orienta principalmente a la producción de material resistente al mosaico africano, la enfermedad más importante de la yuca, la cual causa pérdidas en los rendimientos de hasta un 80 por ciento.

El programa multidisciplinario del cultivo de tubérculos del CIAT cuenta con 20 científicos que trabajan de tiempo completo en yuca. El CIAT está haciendo un énfasis especial en el programa de yuca, no sólo por su importancia como producto alimenticio en América Latina, sino también por ser éste el lugar de origen de la planta y porque este continente posee la gama más amplia de germoplasma del mundo.

La yuca se produce actualmente en casi 90 países; sin embargo, el 80 por ciento de la producción mundial proviene de 10 y casi el 60 de sólo cuatro (Cuadro 1). Los mayores productores son la India, Indonesia, Nigeria y Brasil, con una población total de mil millones de habitantes.

Como las raíces contienen cianógenos tóxicos, la yuca generalmente se somete a algún tipo de procesamiento tales como hervirla y fermentarla. Su consumo es muy alto en los países donde se la produce con excep-

ción de Tailandia, que exporta la mayor parte a Europa para el mercado de alimentos animales. La yuca es la principal fuente de calorías de los habitantes de los países del oeste y del centro de Africa y en ciertas áreas de Brasil, India e Indonesia representa hasta el 80 por ciento del consumo calórico.

Desde hace mucho tiempo se ha venido utilizando la yuca para la obtención de almidón, especialmente en ciertos países de Asia que la exportan a Europa, Norteamérica y Japón. Recientemente se ha empleado en la alimentación animal como sustituto de los cereales en las raciones compuestas. Bajo el estímulo de una política de precios favorables dentro del Mercado Común Europeo, el comercio de la yuca seca, tajada y peletizada se ha transformado de una pequeña industria en una que vale más de 200 millones de dólares al año, cuyo mercado está controlado principalmente por Tailandia y en menor grado por Indonesia. Además de la gran importancia que tiene en el comercio internacional, también presenta un potencial considerable en la alimentación animal en 14 de los países de mayor producción de yuca en el mundo, los cuales poseen el 53 por ciento del ganado vacuno y el 60 por ciento del ganado porcino de los países en desarrollo. Estos países disponen tanto de los animales como de los recursos alimenticios para desarrollar una industria ganadera intensiva, siempre y cuando empleen la yuca ampliamente en las industrias de alimentación animal.

La yuca proviene y se cultivó por primera vez en el Hemisferio Occidental; llegó al Africa en los barcos de esclavos hace más o menos 300 años y se introdujo recientemente en Asia.

El cultivo de esta planta se remonta a varios miles de años y la evidencia indica que está estrechamente asociado con los comienzos de la agricultura en el Hemisferio Occidental.

Las tribus americanas de la cuenca amazónica todavía la cultivan y para ellos constituye el producto básico de donde derivan los carbohi

dratos. Estas tribus han desarrollado métodos de procesamiento altamente elaborados para eliminar las toxinas de las raíces y se conocen más de 30 formas de preparar la yuca para el consumo humano.

Desde su introducción en Africa occidental, su cultivo se ha extendido a toda la zona subsaheliana de la costa este del continente.

En los últimos años se han registrado grandes pérdidas en el cultivo de la yuca en Africa debido a enfermedades de origen bacterial y viral. En el IITA se está realizando un gran esfuerzo para controlar estas enfermedades y aumentar, por consiguiente, su productividad.

La yuca se cultiva en la mayor parte de los países tropicales densamente poblados y su producción mundial anual excede los 100 millones de toneladas de raíces crudas; de aquí se desprende su gran importancia en la producción agrícola mundial.

Con excepción de una extensión pequeña que se cultiva en el Sur de la Florida (Estados Unidos) y en Puerto Rico, la yuca sólo se siembra en países en desarrollo. El valor total anual de la producción en la finca es de aproximadamente 2.000 millones de dólares. Esta cifra excede la de cultivos más conocidos como el caucho, el té y el cacao.

CUADRO 1. Producción mundial de yuca en 1973.

	Millones de toneladas	Porcentaje de la producción mundial	
Brasil	33,0	31,0	
Indonesia	10,1	9,5	
Zaire	10,0	9,4	
Nigeria	9,6	9,0	
			58,9
Tailandia	6,4	6,0	
India	6,3	5,9	
Burundi	4,0	3,8	
Tanzania	3,4	3,2	
Ghana	2,1	2,0	
Mozambique	2,1	2,0	
			22,9
Angola	1,6	1,5	
Colombia	1,6	1,5	
Madagascar	1,3	1,2	
Paraguay	1,2	1,1	
Sudán	1,1	1,0	
República Africa Central	1,1	1,0	
Ugadda	1,0	0,9	
Camerún	1,0	0,9	
			9,1
10 países que producen 0,4 millones	5,5	5,2	
62 países que producen 0,4 millones	4,0	3,8	
	106,4		100,0

Fuente: Anuario de Producción de la FAO, 1973

ENFERMEDADES IMPORTANTES

DE LA YUCA

J.C. Lozano*

Introducción

El cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) se ha incrementado considerablemente debido al aumento mundial de la población, a la escasez de otras fuentes energéticas nutricionales y a la alta producción potencial de carbohidratos por unidad de superficie. Sinembargo, aunque en centros experimentales y en algunos cultivos comerciales se logran con relativa facilidad producciones de alrededor de 50 ton/ha, el promedio de la producción mundial de yuca es de sólo 10 ton/ha. Son muchos los factores que inciden en la producción de yuca, como en cualquier otro cultivo, pero las enfermedades y las pestes, las deficiencias nutricionales y las fitotoxicidades por errores en el uso de herbicidas, son los que más influyen.

En general, la información disponible actualmente sobre enfermedades es muy limitada. Más escasa aún es la descripción de los síntomas ocasionados por el ataque de agentes patogénicos. Muchos problemas que ocurren en áreas yuqueras pasan desapercibidos o son atribuídos a agentes patogénicos que no están presentes en tales áreas, o a condiciones climáticas o edáficas que nada tienen que ver con la causa del problema. La inadvertida introducción de un patógeno o peste y el desconocimiento de su importancia potencial, pueden causar pérdidas económicas considerables.

Este manual describe algunas enfermedades que atacan a la yuca. Se sugieren, además, algunas recomendaciones sobre su control.

---

* Fitopatólogo del Programa de yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 67-13 Cali, Colombia.

Enfermedades importantes

La yuca puede ser atacada por más de 30 agentes bacteriales, fungosos, virales o similares y micoplasmas. Las enfermedades de la yuca pueden ocasionar pérdidas en el establecimiento del cultivo, disminuir el vigor normal de las plantas, reducir su capacidad fotosintética o causar pudriciones radicales anteriores o posteriores a la cosecha. Algunos patógenos atacan sólo el tallo, que es el material de propagación normalmente usado, induciendo la muerte de sus tejidos o invadiendo el sistema vascular sin mostrar daño visible pero constituyendo fuentes primarias de infección dentro de las plantaciones. Otros patógenos atacan el tejido foliar y partes tiernas del tallo causando manchas, quemazones o añublos, defoliaciones, marchitez, muerte descendente e hipertrofias (alargamiento o proliferación de yemas y entrenudos). Otros, sólo atacan el tejido radical y la parte basal leñosa del tallo, causando pudriciones radicales anteriores a la cosecha; el daño se manifiesta en un repentino amarillamiento con marchitez y defoliación inmediata. Estos síntomas pueden ocurrir durante cualquier estado de crecimiento de la planta, generalmente en épocas de lluvias fuertes y persistentes.

Las raíces de yuca recién cosechadas pueden presentar pudriciones suaves o secas al poco tiempo de ser arrancadas. Esto, que pareciera ser un efecto fisiológico-patogénico, está frecuentemente correlacionado y es acelerado por daños mecánicos que sufren las raíces al ser cosechadas.

Prácticas culturales recomendadas para controlar las enfermedades a escala comercial.

Aunque es imposible hacer un control efectivo y absoluto de todas las enfermedades de la yuca, se sugieren las siguientes recomendaciones generales para mantener las plantaciones relativamente libres de enfermedades:

1. Seleccione bien el suelo para el cultivo de la yuca. Este debe

ser suelto, no encharcable y con un contenido no muy alto de materia orgánica. No siembre yuca en suelos en donde anteriormente había monte, cultivos forestales o perennes. En estos casos cultive un cereal (maíz, sorgo, etc.) antes de sembrar la yuca.

2. Prepare bien el suelo, instale un buen sistema de drenaje y siempre en caballones, siempre que la precipitación pluvial sea alta (mayor de 1200 mm/año, aproximadamente) o los suelos pesados.

3. Use siempre "semilla" sana. Trate de producir o seleccionar su material de siembra, tomándolo sólo de plantaciones y plantas sanas.

4. Trate con cuidado el material de propagación, evitando daños mecánicos durante su preparación y siembra. Trate este material con un fungicida desinfectante de semilla, tal como thiram, chloroneb o PCNB (pentacloronitrobenzeno), sumergiendo los cangres durante tres minutos en una suspensión acuosa del 3 por ciento del producto comercial (aproximadamente 2.000 ppm i.a.). Este tratamiento evitará daños causados por patógenos del suelo.

5. Siembre las estacas correctamente, dejando un distanciamiento adecuado entre plantas de acuerdo a la variedad usada. Siembre al comienzo de las lluvias para asegurar una buena germinación y establecimiento del cultivo. Elimine las malezas ya que pueden ser hospedantes de patógenos.

6. No utilice maquinaria o herramientas de labranza, que hayan sido usadas en otras plantaciones, sobre todo con añublo bacterial; no permita que obreros de otras fincas visiten la plantación.

7. Si en la plantación se presentan índices de pudriciones radicales mayores del 5 por ciento, rote con un cereal(maíz o sorgo) por

un período no inferior a seis meses; mejore el drenaje.

8. Queme los residuos de yuca de cultivos anteriores; no deje socas o residuos después de la preparación del terreno.

9. Trate de evitar daños a las raíces durante la cosecha; coloque las raíces con cuidado en empaques apropiados.

10. Venda o procese el producto cosechado inmediatamente; de lo contrario, coseche sólo lo que piensa vender, procesar o utilizar.

El añublo bacterial (Xanthomonas manihotis)

Es una de las enfermedades más graves del cultivo. Se reconoce por la presencia de manchas angulares acuosas, añublo o quemazones, marchitez parcial o total de las ramas, exudación de goma a lo largo del tallo y de las ramas verdes, muerte descendente y seca de algunos haces vasculares del tallo y de las raíces. Estos síntomas son evidentes durante la época de lluvia y varían de acuerdo a la susceptibilidad de la variedad afectada y al tiempo transcurrido desde que se presentó la enfermedad.

Generalmente, el patógeno se introduce a una plantación por el uso de estacas tomadas de plantas pertenecientes a plantaciones afectadas. Use sólo "semilla" sana.

La pudrición bacterial del tallo (Erwinia sp.)

Las plantas afectadas muestran marchitez en los cogollos; la enfermedad se caracteriza por la pudrición acuosa y olorosa del tallo o por la decoloración medular de la porción leñosa de la planta. En la superficie del tallo se pueden observar huecos hechos por los insectos (Anastrepha spp.), que parecen ser los agentes diseminantes de la bacteria. Estos huecos son fáciles de distinguir por las huellas de latex seco, exudado después de la perforación del tallo. Las estacas enfermas que se usen

para la siembra, no germinarán o producirán plantas raquíticas, con poco número de raíces gruesas. Use siempre "semilla" sana.

El mosaico africano (agente causal desconocido)

Esta enfermedad, diseminada por insectos del género Bemisa (moscas blancas), se presenta en Africa en donde causa pérdidas considerables. Una enfermedad similar se ha registrado también en la India. Sus síntomas son característicos de otros mosaicos. En plantas jóvenes se observan áreas amarillas y frecuentemente deformación foliar. También es muy común la reducción del tamaño de las hojas jóvenes (con presencia de áreas amarillentas) de plantas adultas. Toda estaca, procedente de plantas enfermas, genera también plantas enfermas; por lo tanto, se debe prohibir terminantemente la introducción de material africano ya que la mayoría de las plantaciones de Africa se encuentran afectadas por esta enfermedad.

El mosaico común (causado por un virus).

Enfermedad de origen americano que se ha registrado también en Africa (Costa de Márfil). Es causada por un virus que sólo se transmite mecánicamente y que se disemina por el uso de estacas procedentes de plantas enfermas. Los síntomas son los característicos de todo mosaico, y se manifiesta principalmente por áreas amarillas en la lámina foliar y enanismo de las plantas enfermas. En general, las áreas amarillentas no están tan bien demarcadas como en el mosaico africano pero los síntomas generales son muy similares. Igualmente, estos síntomas pueden confundirse con ataques severos de trips en cultivares susceptibles. Use sólo estacas sanas; arranque y queme las plantas enfermas.

El mosaico de las nervaduras (causado por un virus)

Esta enfermedad ocurre sólo en algunas áreas de Brasil y Venezuela, debido a su poca incidencia, su importancia económica es limitada. Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por el amarillamiento de las

venas y encartuchamiento de los bordes de las puntas de cada lóbulo foliar. La enfermedad puede transmitirse mecánicamente o por injertos; igualmente, toda estaca proveniente de material infectado produce plantas enfermas. Para erradicar la enfermedad se debe eliminar toda planta con síntomas sospechosos. Use siempre material sano para la siembra.

El superbrotamiento (causado por un micoplasma)

Se ha encontrado esta enfermedad en Brasil, Venezuela, México y en la región amazónica del Perú. Aunque su incidencia no es de consideración, en las plantaciones afectadas el porcentaje de superbrotamiento es mucho más alto que el de otras enfermedades causadas por virus americanos. Existen varios tipos de síntomas, posiblemente debido a razas o biotipos diferentes del agente causal. Entre ellos, los más importantes son: a) plantas que muestran enanismo y exagerada proliferación de yemas; los retoños tienen entrenudos cortos y hojas pequeñas, sin mostrar distorción o clorosis; b) proliferación de retoños a partir de la estaca; estos son generalmente raquíticos, pero crecen sin mostrar otro síntoma visible de afección; c) las estacas producen solamente unos pocos retoños enanos y raquíticos que nunca alcanzan el tamaño normal. En general, las plantas afectadas por micoplasma producen hasta un 80 por ciento menos que las sanas. Como la enfermedad se transmite mecánicamente y por el uso de estacas tomadas de plantas enfermas, la eliminación de éstas es indispensable para su control. Use siempre material sano para siembra.

La mancha parda (Cercospora henningsii)

Es una de las enfermedades más comunes de la yuca. Ocurre casi siempre en plantaciones localizadas en áreas con altas temperaturas. Cuando el cultivo tiene más de cinco meses, la enfermedad es más prevalente y severa, según la susceptibilidad del cultivar. Se caracteriza por manchas angulares de color marrón uniforme, tanto en la haz como en el envés; el borde de las manchas es definido y oscuro; en el envés, las manchas tienen un fondo gris-oliváceo debido a la presencia de los cuerpos fructíferos del agente causal. Algunas veces, según la susceptibilidad del cultivar,

alrededor de las lesiones aparece un halo amarillento indefinido. Al progresar la enfermedad, las hojas afectadas se vuelven amarillas, se secan y se caen. Los cultivos susceptibles pueden sufrir severa defoliación al final de la estación lluviosa. Trate de sembrar cultivares resistentes o tolerantes.

El añublo pardo fungoso (Cercospora vicosae)

Esta enfermedad aparece en donde la mancha parda es prevalente; a diferencia de ésta, la mancha es grande y sin bordes definidos. Cada mancha puede cubrir una quinta parte o más del lóbulo foliar. Al igual que la mancha parda, es de color marrón uniforme, pero con centro grisáceo en el envés por la presencia de los cuerpos fructíferos del hongo. La apariencia general de las manchas es similar a la de aquellas inducidas por Phoma sp. (Phyllosticta sp.); sin embargo, las lesiones por Phoma sp. tienen anillos concéntricos en la haz foliar. El patógeno puede causar defoliaciones severas en cultivares susceptibles; la severidad de la enfermedad es mayor cuando las plantas tienen más de seis meses. Trate de sembrar cultivares resistentes o tolerantes.

La mancha blanca (Cercospora caribaea)

Comúnmente se encuentra en regiones yuqueras húmedas y frías, causando defoliaciones en los cultivares susceptibles. Las lesiones son pequeñas, circulares o angulares, blancas o marrón-amarillentas. Estas están hundidas en ambos lados, reduciendo el espesor normal de la lámina foliar a la mitad. El borde de las lesiones es de color difuso en el envés y aparece como una línea irregular pardo-violeta; la lesión está generalmente rodeada de un halo amarillento. El centro de las manchas puede tener un aspecto aterciopelado-grisáceo debido a las fructificaciones del patógeno, que se presentan principalmente sobre el envés. Siembre variedades resistentes.

La mancha de anillos circulares (Phoma (Phyllosticta) sp.)

Esta enfermedad aparece durante la estación lluviosa, cuando la

temperatura es menor de 20°C; causa severas defoliaciones en cultivares susceptibles, y a veces muerte descendente o total de la planta. Las manchas son grandes y de color marrón; tienen márgenes indefinidos y están localizadas hacia las puntas, en los bordes de los lóbulos o sobre las venas centrales o secundarias. Inicialmente, las lesiones muestran anillos concéntricos sobre la haz, los cuales están formados por los cuerpos fructíferos del hongo (picnidios). Las lesiones viejas no presentan estos anillos, porque son arrastrados por el agua de lluvia, pareciéndose entonces a las lesiones producidas por C. vicosae. En el envés no se producen picnidios y las lesiones son de color marrón oscuro; las venas y venillas mueren formando hilos negros que surgen de las manchas. El hongo invade la hoja y luego el pecíolo y la parte verde del tallo, produciendo defoliación, muerte descendente o total de la planta afectada. La invasión al tallo se inicia a partir de chancros que se forman hacia la base del pecíolo de la hoja afectada. En áreas frías, siembre sólo cultivares resistentes o altamente tolerantes.

El superalargamiento (Sphaceloma manihoticola)

Es una enfermedad que sólo ha sido descrita recientemente; causa pérdidas considerables en plantaciones en donde se usan cultivares susceptibles. La enfermedad se reconoce por el alargamiento exagerado de los entrenudos del tallo. El tallo afectado es delgado y débil; las plantas enfermas son mucho más altas y/o raquíticas que las sanas; en la parte verde del tallo, en los pecíolos y en las hojas, se observan deformaciones que están asociadas con la formación de chancros. Estos, tienen forma de lente y se encuentran a lo largo de las venas principales o secundarias, o en los pecíolos y el tallo. A veces ocurre muerte descendente de la planta y muerte parcial o total de la lámina foliar, lo cual resulta en defoliación considerable. La enfermedad es más severa en la época de lluvia. Como se disemina por el uso de estacas tomadas de plantaciones afectadas, siempre se debe usar "semilla" sana. Siembre cultivares resistentes.

La ceniza de la yuca (Oidium manihotis)

Esta enfermedad ocurre durante la estación seca del año, siendo más prevalente en las hojas bajeras. Se caracteriza por la presencia de manchas foliares amarillentas. Inicialmente aparece un micelio blanco, que crece sobre la superficie foliar; las células afectadas se amarillan, formando lesiones indefinidas de color amarillo pálido. Dentro de éstas aparecen áreas de tejido muerto que forman manchas angulares, color marrón pálido y de diferentes tamaños. Los síntomas pueden confundirse con algunos daños causados por insectos y ácaros. La enfermedad es considerada de menor importancia en cuanto a la reducción del rendimiento.

La antracnosis (Colletotrichum o Glomerella manihotis)

La enfermedad aparece después de lluvias prolongadas. Se caracteriza por la presencia de manchas foliares localizadas hacia los bordes de los lóbulos de las hojas jóvenes; estos presentan distorción y muerte parcial o total del tejido afectado. El patógeno ataca también la parte verde del tallo, produciendo chancros y muerte descendente. Hacia la parte central de estas lesiones, generalmente se pueden observar áreas rosadas formadas por las fructificaciones del hongo. Los daños más severos son causados a plantaciones menores de un mes; los ataques posteriores pueden desmejorar la calidad de las estacas que se obtengan de plantas afectadas. Use "semilla" sana y no siembre cuando las lluvias son intensas y prolongadas.

La roya (Uromyces spp.)

Se han registrado seis especies de roya patogénicas a yuca que están localizadas en diferentes partes del mundo. Sinembargo, su incidencia y severidad son bajas. Parece que algunas especies de roya ocurren sólo en zonas en donde la temperatura es moderada; su mayor severidad se presenta hacia el final de la estación lluviosa. Otras especies son prevalentes durante la estación cálida y seca del año. Se caracteriza por la formación de pústulas sobre las venas, pecíolos o ramas verdes; éstas son de

color naranja o marrón claro a oscuro, según la edad de la pústula o la clase de fructificación del hongo. Las pústulas maduras muestran un alto parasitismo de hongos (Darluca spp.), algunas veces están rodeadas de un halo amarillento y generalmente inducen distorción de las partes afectadas. La enfermedad se considera de poca importancia.

Pudriciones del tallo (varios patógenos)

El tallo, que es generalmente el material de propagación de la yuca, es atacado por patógenos de árboles leñoso-perennes. Por lo general, el tejido afectado presenta coloraciones diferentes al tejido sano, especialmente hacia la zona vascular o medular. Inicialmente, la corteza puede mostrar pudriciones superficiales; luego, pueden aparecer los cuerpos fructíferos del patógeno. Estos varían en forma, coloración, tamaño, etc., según la especie patógena. La ocurrencia de estas pudriciones es más notoria al final de la estación lluviosa y en estacas que se han almacenado bajo condiciones de alta humedad relativa por períodos superiores a 15 días. Toda herida causada por insectos o durante labores culturales, predispone a la ocurrencia de estas enfermedades. Evite la siembra de "semilla" con síntomas de cualquier enfermedad.

Material de propagación infectado (varios patógenos)

Ciertos patógenos (los agentes causales del añublo bacterial, la pudrición bacterial del tallo, el superalargamiento, virus o similares y micoplasmas), se translocan sistémicamente en el sistema vascular o cortical y epidermal del tallo de las plantas enfermas, sin causar síntomas visibles en los tejidos que invaden. Cuando se usa este material para siembra, las plantas obtenidas presentan los síntomas característicos de las enfermedades que ellos causan y constituyen el foco de infecciones secundarias. Como generalmente la parte madura (lignificada) del tallo no presenta síntoma alguno de infección, los síntomas de estas enfermedades se deben buscar hacia la parte superior de la planta y generalmente durante la época lluviosa, cuando son más notorios. Nunca use material de

siembra tomado de plantaciones en donde se hayan observado estas enfermedades.

Pudriciones radicales (varios patógenos)

Phytophthora drechsleri, Pythium sp., etc. Ciertos hongos del suelo, que causan pudriciones radicales durante la época de lluvia, son prevalentes en suelos pesados, mal drenados y con alto contenido de materia orgánica. Phytophthora drechsleri es el más común e importante. Estos patógenos atacan las plantas jóvenes o maduras, especialmente cuando están cerca a zanjas de drenajes o en suelos encharcables; causan marchitez repentina, severa defoliación y pudriciones suaves en las raíces. Las raíces exudan un líquido de olor repugnante y muestran completa deterioración. Seleccione un suelo apropiado para cultivar yuca y haga buenas prácticas culturales.

Rosellinia necatris, Armillaria mellea, Fomes lignosus, etc. Algunas especies fungosas causan pudriciones radicales considerables durante los períodos lluviosos, pero sólo en plantaciones de yuca que se han instalado inmediatamente después de cultivos forestales o de eliminar especies leñoso-perennes. Entre estas, Rosellinia necatrix es el patógeno más importante. La enfermedad inducida por este patógeno se llama "pudricion negra", a causa del característico color negro de los tejidos infectados y de los chancros radicales que se forman. Para evitar este grupo de enfermedades, causadas por patógenos de especies de plantas leñoso-perennes, es necesario rotar con cultivos no susceptibles (cereales) antes de sembrar yuca. Generalmente, estas enfermedades sólo se observan poco antes de la cosecha o a la cosecha. Inicialmente las plantaciones afectadas presentan amarillamiento en forma de zonas o parches, luego marchitez y finalmente defoliación y muerte descendente. Rote con cereales y haga buenas prácticas culturales.

Pudriciones radicales posteriores a la cosecha (Efectos fisiológicos y/o patogénicos)

Las raíces de yuca se deterioran generalmente a los pocos días de ser cosechadas. Este hecho parece estar relacionado con la susceptibilidad del cultivar al deterioro y con los daños que sufren las raíces durante la cosecha. Las raíces de algunos cultivares se deterioran rápidamente, mientras que las de otros permanecen en buenas condiciones por varios días; las raíces sin daños mecánicos se conservan en buen estado por más tiempo, incluso cuando provienen de cultivares susceptibles al deterioro. Las causas del deterioro no están aún determinadas, pero éste parece ser una consecuencia de efectos fisiológicos y/o patológicos, ocurridos durante la cosecha o inmediatamente después.

Clave para la identificación de algunas enfermedades en yuca

I. Enfermedades bacteriales

A. Manchas angulares acuosas; quemazón foliar; marchitez parcial o total de los tejidos de tallos verdes; exudación gomosa en tallos jóvenes — Añublo bacterial

B. Marchitez de cogollos; perforaciones en el tallo debidas a insectos; pudrición interna del tallo — Pudrición bacterial del tallo

II. Enfermedades virosas o similares y debidas a micoplasmas

A. Hojas con parches amarillentos y distorciones
   1. Ocurre generalmente en la plantación y en el área — Mosaico africano
   2. Incidencia localizada y en bajo porcentaje — Mosaico común

B. Hojas con amarillamiento en las venas; corrugación y distorsión del ápice de cada lóbulo — Mosaico de las venas

C. Enanismo exagerado y proliferación de yemas; hojas normales pero muy pequeñas; proliferación de retoños a partir de la estaca sembrada; enanismo exagerado — Micoplasma

III. Enfermedades fungosas

A. Enfermedades foliares
   1. Manchas sobre la lámina foliar

a. Manchas amarillas indefinidas	La ceniza de la yuca
b. Manchas marrones o blancas	
i. Manchas marrones angulares	La mancha parda
ii. Manchas marrones indefinidas	El añublo pardo
iii. Manchas marrones indefinidas con anillos concéntricos	Manchas de anillos
iv. Manchas marrones indefinidas sólo en los bordes; distorsión foliar	Antracnosis
v. Manchas blancas redondas o angulares	La mancha blanca
2. Manchas sobre las nervaduras y pecíolos	
a. Chancros erupentes, con bordes marrón y centro blanco; distorsión foliar	Superalargamiento
b. Pústulas marrones o negras en el haz y en el envés; distorsión foliar y de los pecíolos	Roya
B. Enfermedades del tallo	
1. Lesiones en las partes jóvenes del tallo	
a. Chancros erupentes de diferentes tamaños; alargamiento de los entrenudos	Superalargamiento
b. Chancro con bordes negruscos y centro rosado	Antracnosis
c. Chancros marrones con anillos circulares	Mancha de anillos
d. Pústulas marrones a negras; distorsión	Roya
2. Lesiones en las partes maduras (lignificadas) del tallo, inducidas por varios patógenos de cultivos leñosos, generalmente especies de Ascomicetos o Basidiomicetos	Varios
C. Enfermedades de la raíces	

1. Pudriciones radicales anteriores a la cosecha	*Phytophthora* sp.
a. Pudriciones acuosas y olorosas	*Phythium* sp.
b. Pudriciones no olorosas	Varios
2. Pudriciones radicales posteriores a la cosecha; estriado marrón-negro de haces vasculares; pudrición acuosa a seca	Efecto fisiológico y/o patológico

CATIE
BIBLIOTECA

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 influir en el establecimiento y en el vigor de la planta, inhibir la eficiencia fotosintética, o causar deterioración antes o después de la cosecha. Algunos agentes causales están mundialmente distribuidos, 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

* Fitopatólogo del CIAT.

** Fitopatólogo del IITA.

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 establecmiento (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.

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; y 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., Sclerotium 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) a 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 basterias 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, són 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 introduccion 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 deteroriación 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 escle

rocios, 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 nó 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 almacener 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 almacenarse 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 puden proporcionar un control efectivo a corto plazo, el cual puede lograr que se disminuya al mínimo la incidencia y diseminación de las enfermedades de la yuca.

Bibliografía

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. 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 añu blo bacterial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en los tejidos del hospedero. Fitopatologia 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 *

INTRODUCCION

Manihot esculenta Crantz (cassava, manioc, mandioca, yuca o tapioca), probablemente es originaria de Sur América septentrional (Brasil, Guyana), 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 corresponde 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

---

* Fitopatólogo

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 proteico 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 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 enfermedades 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

también 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 especificas; 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 condicio-

nes 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 America; 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 aun desconocidas.

Los ácaros, parecen ser plagas universales de la yuca. La especie Tetranychus urticae causa daños económicos en Africa, Asia y América, pero Monomychellus tanajira, sólo ha sido registrado en América y Africa.Los trips, 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 gorgo-

jos, 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 mate - rial de siembra representa un serio riesgo de diseminación de enfermedades y plagas. Los más importantes agentes patógenicos en yuca, por ejemplo, aquellos que causan el añublo bacterial y la enfermedad del Mosaico Africano, patógenos vasculares, o la enfermedad del superalargamiento, un patógeno epidermal y cortical, son diseminados insospechablemente a través del uso de estacas enfermas como material de siembra (15, 16, 17).

Por ejemplo, el agente causal del añublo bacterial de la yuca se restringe a los tejidos del xilema de los tallos maduros del hospedero, debido a que la bacteria es incapaz de degradar los tejidos lignificados del tallo (18, 29). Por lo tanto, la presencia de esta bacteria en tallos lignificados, que son los usados normalmente para siembra, es muy difícil de detectar. Además, la severidad de la enfermedad se reduce considerablemente durante los períodos secos del año; por lo tanto, la selección visual de material sano de propagación procedente de una plantación infectada, es a veces imposible. Considerando su capacidad diseminante debida al efecto del agua lluvia, herramientas, material de siembra enfermo (18), suelo infestado e insectos (3,4), la dispersión del patógeno puede ocurrir en períodos relativamente cortos a partir de unas pocas plantas enfermas (18), causando pérdidas económicas de más del 50% (20). Si se conside

ra: a) que la yuca es originaria de las Americas; b) que Xantho-monas 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 este patógeno es originario de América y fue 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 encontrado (Bellotti, comunicación personal). De ahí que su introducción en América u otras áreas no afectados, representa una de las más serias amenzas 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 Americas invaden el sistema vascular (6) y son diseminados principalmente por material vegetativo de propagación. Su introducción dentro de áreas no infectadas de las Americas, o en otras áreas libres de tales enfermedades, representa un riesgo serio. Una enfermedad inducida por un micoplasma americano (el superbrotamiento de la yuca), ha sido recientemente reportada en Ivory Cost (Africa) (8); posiblemente esta enfermedad fue igualmente introducida al Africa por material de propagación en

fermo. 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 patógenicos fungosos en la yuca a través de las estacas, exceptuando al agente causal de la enfermedad del superalargamiento (Sphaceloma manihoticola). Este patógeno crece entre la corteza y la epidermis del tallo, produciendo esporas en chancros epidermales que son capaces de mantener suficiente inóculo para reinfecciones secundarias. Su habilidad para esporular y su facilidad de diseminación por el viento, durante la época lluviosa, parecen ser los responsables de que actualmente se le observe en muchas áreas yuqueras de América (Colombia, Venezuela, Panamá y Costa Rica) (15,16). Si este patógeno es introducido a otros países y continentes, se sospecha que una diseminación rápida, similar a la recientemente observada, podría ocurrir en un período de tiempo relativamente corto (15).

Debido a que las esporas de organismos fungosos pueden adherirse a la epidermis de las estacas, particularmente de aquellos que atacan el tallo (Glomerella sp., Fusarium sp., Sclerotium rolfsii, Botrydiplodia sp., etc), la diseminación de estos patógenos a otras regiones puede ser probable cuando el material de propagación se transporta sin recibir ningún tratamiento desinfestante previo.

Exceptuando el añublo bacterial de la yuca (20), la enfermedad del Mosaico Africano (16) y el virus del mosaico común (6), los cuales parecen ser específicos a Manihot spp., no hay información disponible sobre el rango de hospederos de otros patógenos y plagas de la yuca. Por tal causa, el movimiento de material de propagación de especies pertenecientes a la familia Euphorbiaceae

(forestales u ornamentales), también representa un riesgo serio en la diseminación de enfermedades de la yuca. Esto ha sido corroborado recientemente al encontrar que un Sphaceloma sp. patógeno de Poinsettia sp. era también un patógeno de la yuca (5).

La diseminación de los patógenos de yuca a través de semilla verdadera es desconocida, excepto para el añublo bacterial de la yuca que se encontró que no era transmitido por semilla procedente de plantas enfermas (4). No obstante que el riesgo de diseminación a través del uso de semilla verdadera parece ser limitado en yuca, hay muchos ejemplos en la literatura sobre su ocurrencia en otros cultivos, especialmente en el caso de agentes virales y bacteriales. Debido a esto, es lógico tener precausiones 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. Sinembargo, 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 pro

cedentes de plantas enfermas del mosaico Africano, parece regenerar plantas sin síntomas de la enfermedad (13); sin embargo, como aún se desconoce al 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 re

glas 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 quemarse.

2. Tratar nuevamente el material recibido con fun

gicida 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 inspeciones 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 para el caso de enfermedades virosas y del añublo bacterial de la yuca; sin embargo, esta no se recomienda específicamente para la enfermedad del mosaíco 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 medidadas carentenarias, 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.

EL PELIGRO DE INTRODUCIR ENFERMEDADES Y PLAGAS DE LA YUCA (Manihot esculenta Crantz) POR MEDIO DE MATERIAL VEGETATIVO DE PROPAGACION

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. Sinembargo, 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.

B I B L I O G R A F I A

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, Nigeria, 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 year book 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, 32 pp.

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 potential 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.



Ciertas enfermedades en yuca pueden causar defoliación total en una plantación con la consecuente reducción de los rendimientos. **Phyllosticta (Phoma)** sp. es uno de los patógenos de la yuca más severos durante los períodos fríos y lluviosos.

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

---

*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 Visitente (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).

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.

La planta de yuca es atacada por una gran variedad de enfermedades causadas por bacterias, virus, micoplasmas y hongos. Aunque existe poca información sobre la importancia y el efecto de estos agentes patógenos sobre el rendimiento, se considera que, en general, el añublo bacterial de la yuca es una de las enfermedades más devastadoras puesto que, bajo determinadas condiciones, puede causar la pérdida total del cultivo. En Africa, el mosaico de la yuca es sin duda alguna uno de los factores que más limitan la producción. También, son importantes las manchas foliares inducidas por Cercospora spp., casi siempre presentes en toda plantación de yuca. Existen otras enfermedades que se encuentran menos diseminadas o que sólo tienen importancia bajo ciertas condiciones ambientales. Por ejemplo, algunos tipos de pudrición radical pueden causar una gran baja en el rendimiento, especialmente en suelos mal drenados. Las manchas foliares causadas por Phyllosticta sp. pueden ocasionar defoliación total y muerte descendente en áreas yuqueras en las cuales prevalecen bajas temperaturas. Las pudriciones radicales, en plantas jóvenes, pueden ocasionar pérdidas después de la siembra y exigir resiembras. Igualmente, las pudriciones en el tallo pueden causar pérdidas considerables en la viabilidad de los cangres cuando se hace necesario almacenar material de propagación. Aunque aún no se ha determinado si la causa del rápido deterioro de las raíces de yuca, después de la cosecha, es un fenómeno fisiológico o patológico o una combinación de ambos factores, se ha comprobado que varios microorganismos están siempre presentes cuando ocurren estas pudriciones y fermentaciones.

ENFERMEDADES BACTERIALES

El añublo bacterial de la yuca

Es la enfermedad bacterial más importante. Se registró por primera vez en Brasil (Bondar, 1912; Costa, 1940b ; 1960b) y desde entonces, se ha encontrado en Colombia y Venezuela (Lozano, 1972a; 1973; Lozano y Sequeira, 1973a; 1973b) y se ha observado en otros países de América del Sur y de Africa.

Esta enfermedad se considera ahora como una de las más limitantes de la producción en las áreas afectadas, ocasionando a veces pérdidas totales durante la estación lluviosa (Drummond e Hipólito, 1941; Elliot, 1951; Lozano y Sequeira, 1973a). Lozano y Sequeira (1973a; 1973b) han estudiado extensamente los síntomas, la epidemiología, la naturaleza del organismo causal y el control de esta enfermedad.

Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por manchas y añublo foliares, marchitez, muerte descendente, exudación de goma y necrosamiento del sistema vascular. Los síntomas primarios, que resultan de la siembra de material infectado, consisten en la marchitez de las hojas tiernas seguida por muerte descendente (Foto 1). Los síntomas secundarios, debidos a infecciones secundarias, se caracterizan por manchas foliares, añublo y muerte descendente. Al comienzo, las manchas foliares son pequeñas y angulares, de apariencia acuosa, que luego crecen cubriendo total o parcialmente la hoja y adquiriendo un color marrón (Foto 2). Estas hojas necrosadas se secan y permanecen adheridas al tallo por un tiempo corto, pero más tarde se caen. La exudación de goma se presenta en los tallos jóvenes infectados, en los pecíolos y en las manchas foliares. También, los haces vasculares de los pecíolos y de los tallos infectados se necrosan, tomando la apariencia de bandas de color marrón. Esta decoloración vascular puede extenderse también a la raíz, pero ello está relacionado con la susceptibilidad del cultivar afectado (Lozano, 1972a; 1973). Esta enfermedad se ha encontrado sólo en especies o variedades del género



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

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 Vanconcellos (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 delxilema (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



(2)

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



(3)

Mosaico Africano de la yuca
Clorosis y deformación foliar característicos del Mosaico Africano de la yuca.

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 porporcionar 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.

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



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.

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, móvil 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 atribuido 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. Gálvez 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 dé 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 (Africanos 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 clo

róticas 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, 1972a; 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 tratamientos 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



(5)

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



(6)

La mancha parda de las hojas (Cercospora henningsii)
Lesiones angulares con bordes definidos en lóbulos de una hoja de yuca.

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 concluido 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).

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 semicurvos 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, contraidas en el septum y de 17-22 x 5.2-6.8μ 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.; Helminthosporium manihotis Rangel, H. hispaniolae 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 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 Meossi, 1971). El mejor control de la enfermedad puede efectuarse 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 cla



(7)

La mancha blanca de las hojas (Cercospora caribaea)
Lesiones medianas, angulares u ovaladas, blancas, con bordes definidos y de color marrón-violeta, y halos difusos amarillos.



(8)

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.

ramente redondeadas, 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 recomendadas para esta enfermedad son simila

res a las de la "mancha parda". No se conocen variedades resistentes específicas, pero las observaciones de campo sugieren su existencia (Lozano, inédito).

La mancha parda es muy similar a la mancha blanca de la yuca; sin embargo, la mancha parda ocurre comúnmente en zonas cálidas no muy húmedas y la mancha blanca en zonas frías-húmedas. Estas diferencias en su distribución geográfica son comunes en Africa (Chevaugeon, 1956) y en América Latina (CIAT, 1972), y son probablemente el resultado de la diferente respuesta de los respectivos agentes causales a la temperatura y a la humedad. La temperatura óptima para la germinación de conidias de C. henningsii y C. caribaea es de 39°C y 33°C, respectivamente, con temperaturas máximas de 43°C y de 33°C, respectivamente. Las conidias de C. henningsii parecen germinar con sólo 50 por ciento de humedad relativa, con óptima germinación a 90 por ciento de humedad relativa; las conidias de C. caribaea necesitan humedad a la saturación para una germinación normal. Estudios nutricionales revelaron diferencias entre estos dos hongos; C. henningsii puede utilizar acetato, citrato y varios aminoácidos pero no puede utilizar pentosas. Sin embargo, C. caribaea utiliza pentosas como fuentes de energía y carbono pero, generalmente, no utiliza triosas (Chevaugeon, 1956; Powell, 1968).

Otras manchas foliares inducidas por Cercospora spp.

C. viscosae Muller y Chupp es el agente causal de una mancha foliar parda, grande y sin bordes definidos que ocurre en áreas yuqueras cálidas de Brasil y Colombia (CIAT, 1972; Viegas, 1941). Cada mancha cubre frecuentemente una quinta parte o más del lóbulo foliar; la mancha tiene un color marrón uniforme en el haz, mientras que en el envés, el color es también marrón pero con centro de fondo grisáceo debido a la presencia de conidias y conidióforos del hongo. La apariencia general de las manchas es similar a la de las inducidas por Phyllosticta sp., sin embargo, las lesiones inducidas por Phyllosticta sp. tienen anillos concéntricos en el haz foliar.

El hongo no forma estromas pero esporula profusamente. Los conidióforos son producidos en fascículos coremoides, de color marrón rojizo oscuro y de 4-6 x 50-150μ de tamaño. Las conidias son cilindro-obclavadas y miden 4-6 x 25-100μ (Chupp, 1953). Se ha registrado C. viscosae sólo como patógeno de Manihot spp. La enfermedad ocurre durante la estación lluviosa en áreas yuqueras cálidas en donde la mancha parda es también prevalente. Como su ocurrencia en una misma planta o en una determinada plantación es muy poca y parece estar confinada a las hojas bajeras de la planta, su importancia es relativamente poca.

Se ha encontrado que C. manihobae Viegas en Brasil induce manchas foliares en M. esculenta (Chupp, 1953; Viegas, 1941; 1943b). Estas manchas foliares (Viegas, 1941; 1943b) se caracterizan por tener un color blanco-nieve, pero la descripción de la enfermedad en sí no ha sido registrada.

El hongo produce conidióforos semioscuros que miden 3-5 x 50-200μ. Las conidias son hialinas o subhialinas, obclavadas-cilíndricas, de 4-8 x 20-90μ (Chupp, 1953).

Manchas foliares inducidas por Phyllosticta sp.

Esta enfermedad aparece comúnmente en las 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 Sacc. (Saccardo 1931) y P. manihobae Viegas (1943a) han sido registrados como causantes del síndrome. Como no se ha definido ni determinado la validez taxonómica de estas especies, existe la posibilidad de que estas denominaciones sean sinónimas y correspondan sólo a un mismo patógeno. Los estudios y observaciones recientes indican que este hongo debería clasificarse como Phoma sp. (Powell, comunicación personal) y no como Phyllosticta sp. Por lo anterior, se hace necesario llevar a cabo un estudio taxonómico sobre un amplio número de aislamientos del hongo para lograr la caracterización del patógeno.

El agente causal produce numerosos picnidios superficiales de color marrón oscuro, globosos y sostenidos individualmente o en pequeños racimos sobre hojas o tallos infectados. Los picnidios tienen 100-170μ de diámetro; sus paredes están formadas por células poliédricas y tienen un ostíolo 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-fríjol lima (Lozano y Sarrazín, inédito).

La enfermedad se caracteriza por la presencia de grandes manchas foliares de color marrón, generalmente con márgenes indefinidos. Estas lesiones se encuentran comúnmente en las puntas o en los bordes de los lóbulos foliares o a lo largo de la vena central o de otras venas secundarias. Inicialmente, las lesiones presentan anillos concéntricos hacia el haz de la hoja, los cuales están formados por picnidios de color marrón (Foto 8). Estos anillos no están presentes en las lesiones viejas porque la lluvia arrastra los picnidios maduros. En estos casos, las manchas son de color marrón uniforme, muy parecidas a las causadas por C. viscosae. Hacia el envés, se producen muy pocos picnidios y por lo tanto, las lesiones presen

tan 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.

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 es

tación lluviosa podrían ser igualmente efectivos en aquellas áreas en don de 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 20-40μ 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 comúnmente 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, comunicacion privada), es el agente causal de la enfermedad. Este organismo crece bien en un medio artifical 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



⑨

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



⑩

El superelongamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior)
Los síntomas generales son: elongamiento de los cogollos y peciolos, deformación foliar y presencia de chancros.

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



(11)

El superelongamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior)
Hoja de yuca mostrando encartuchamiento, lesiones blancas irregulares y chancros sobre las venas principales y peciolo.

indican que existen muy buenas fuentes de resistencia a esta enfermedad. Estudios preliminares con varios productos químicos también parecen prometedores. En México (Normanha, comunicación personal) se ha encontrado una enfermedad similar; produce elongamiento del tallo, manchas foliares y pústulas en los tallos en los pecíolos y en las venas principales.

La antracnosis de la yuca (Wither-tip)

Aunque se le conoce desde hace mucho tiempo en muchos países (Affran, 1968; Bouriquet, 1946; CIAT, 1972; Doku, 1969; Vanderweyen, 1962), se le ha considerado de menor importancia. Se caracteriza por la presencia de manchas foliares hundidas, de 10 mm de diámetro, similares a las causadas por C. henningsii, pero éstas aparecen hacia la base de las hojas causando, posteriormente, la muerte total de las mismas. El patógeno ataca también los tallos tiernos causando marchitez, y los tallos maduros induciendo chancros (Irvine, 1969; Vanderweyen, 1962). Las hojas nuevas, producidas al comienzo de la estación lluviosa, son las más susceptibles. La enfermedad tiende a desaparecer cuando comienza la estación seca (Doku, 1969; Irvine, 1969). Esto concuerda con resultados obtenidos por inoculaciones artificiales con suspensión acuosa de esporas del patógeno. La inoculación tiene éxito si la incubación se hace a 100 por ciento de humedad relativa durante 60 horas y el hongo deja de invadir el tejido del susceptivo cuando la humedad relativa baja del 70 por ciento (CIAT, 1972; Lozano, sin publicar).

El organismo causal de esta enfermedad ha sido denominado Glomerella manihotis Chev., Colletotrichum manihotis Henn. (Vanderweyen, 1962). Gloesporium manihotis (Bouriquet, 1946) y Glomerella cingulata (Irvine, 1969). Es posible que todos estos nombres se refieran a una misma especie causal pero esta posibilidad no se ha confirmado.

Recientemente, en Nigeria (IITA, 1972) se registró una antracnosis del tallo causada por un Colletotrichum sp. La porción verde de los tallos presentaba depresiones ovales, poco profundas, de color marrón pálido, con un punto de tejido verde normal en el centro. En la porción leñosa de los tallos las lesiones eran redondas, abultadas y en bandas, formando sobre la

epidermis y corteza chancros profundos que a veces deformaban el tallo. Su importancia se desconoce pero su prevalencia, ocurrencia y diseminación es considerable.

La roya de la yuca

Registrada en Brasil y Colombia (Amaral, 1942a; Normanha, 1970; Lozano, sin publicar), aparece al final de los períodos secos causando a veces un tipo de superbrotamiento en el ápice de los tallos (Normanha, 1970). Lozano (inédito) ha observado pústulas en las hojas, en los pecíolos y en los tallos jóvenes en áreas yuqueras altas y frías de Colombia, pero Normanha (1970) afirma que la enfermedad sólo es seria en el nordeste brasilero, durante la estación cálida y seca.

B. Pudriciones del tallo

Como en muchas áreas yuqueras no existe la posibilidad de la siembra continua de yuca, es necesario el almacenamiento de tallos para propagación posterior. En tallos almacenados se han observado tres enfermedades que inducen necrosis (CIAT, 1972). En el CIAT, estas enfermedades reducen la viabilidad de la "semilla" de manera considerable, directa e indirectamente, aumentando la deshidratación de las estacas y causando necrosis (Wholey, comunicación privada). Cerca del 18 por ciento del material de propagación, que inicialmente parecía sano, se descartó por ataque de patógenos después de 50 días de almacenamiento en condiciones ambientales controladas. Con el fin de reducir la deshidratación, Wholey sumergió las estacas en parafina, pero el proceso aumentó considerablemente la incidencia de patógenos.

Aunque se han reconocido tres agentes causales diferentes, las enfermedades inducidas por éstos no se diferencian claramente en la mayoría de los casos. Macroscópicamente, estas enfermedades pueden parecer similares, particularmente durante sus primeras etapas de desarrollo. Además, es posible que se halle presente más de un organismo causante del síndrome total.

Necrosamiento del tallo debido a Glomerella sp.

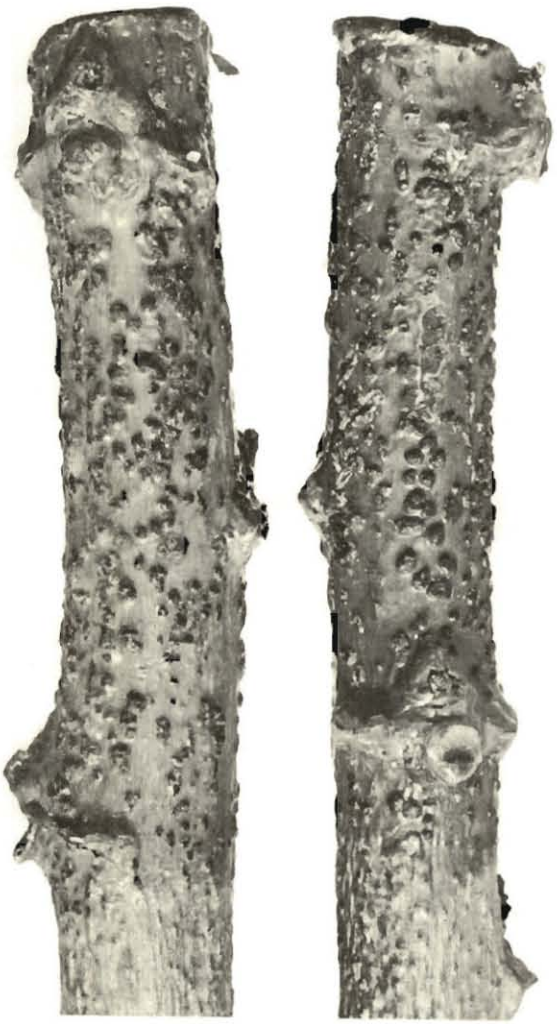
Esta enfermedad es la más común de las que inducen pudriciones o necrosamiento en las estacas de yuca almacenadas. Este agente causal ataca igualmente los desechos de tallos viejos que se dejan en las plantaciones de yuca. El necrosamiento de tallos almacenados aparece primero hacia las puntas y progresan gradualmente hacia el centro, para luego diseminarse a todas las estacas. La enfermedad se presenta como una decoloración negra de los haces vasculares; posteriormente, se desarrollan ampollas superficiales que más tarde rompen la epidermis, exponiendo grupos negros de peritecios en un estroma bien desarrollado (Foto 12).

El organismo causal parece pertenecer a Glomerella cingulata (Stonem.) Spauld. 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.

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.



(12)

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

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 y biceldadas y ligeramente elongadas al alcanzar la madures. 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



(13)

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

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 con textura suelta, rotación, cosecha precoz y la no utilización de suelos que se inunden. Los tratamiento 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 in

formado sobre la existencia de variedades resistentes (Castaño, 1953; Drummond y Goncalves, 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).

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 jó



14

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



15

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



16

Pudrición radical inducida por Rosellinia (Rosellinia necatrix). Síntomas característicos en raíces gruesas de yuca.

venes 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 (Arraudeau, 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 hom

bre 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 Gram-positiva.

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 importan

cia 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 resulte económicamente factible.

LITERATURA CONSULTADA

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 agente 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, São 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. Boletim de Agricultura, São Paulo 16: 513-24.

Booth, R.H. 1972. Cassava production systems: Fresh Root Storage. Informe Anual del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1972. pp. 74-8.

Booth, R.H. 1973a. Control of deterioration of tropical root crops. Trabajo presentado en el 2nd International Congress of Plant Pathology. Minneapolis. Septiembre 1973.

Booth, R.H. 1973b. The storage of fresh cassava roots. Proceedings of the Third International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. Ibadan, Nigeria, Diciembre 1973 (en prensa).

Bouriquet, G. 1946. Les maladies du manioc a Madagascar. Bulletin Economique de Madagascar, Tananarive 65: 198-237.

Burkholder, W. H. 1942. Three bacterial plant pathogens: Phytomonas

caryophlli sp. n., Phytomonas alliicola sp. n., y Phytomonas manihotis (Arthaud-Berthet et Bondar) Viegas. Phytopathology 32: 146-8.

Cardin, P. 1910. Insectos y enfermedades de la yuca en Cuba. Boletín Estación Experimental Agronómica de Cuba 20: 1-28.

Carneiro, J.G. 1940. Doenca bacteriana da madioca. Notas e Informacões. 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 caribea 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 root 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 nervuras 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 Biológico, 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. 1972 b. 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 da 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. Apodrecimento das hastes e raizes da mandioca. O. Biológico 23: 244-5.

Drummond, O.A. e Hipólito, O. 1941. Notas sobre a bacteriose da mandioca. Boletim da Escola Superior de Agricultura, Minas Gerais 4: 86-124.

Dubern, J. 1972. A contribution to the study of african cassava mosaic disease. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Elliot, C. 1951. Manual of bacterial plant pathogens. Chronica Botannica Co. Waltham, Mass. 2nd ed., 186 pp.

Fassi, B. 1957. Premieres observations sur une pourriture des racines du manioc causée par un Phitophthora. Bulletin d'Information INIAC 6: 313-17.

Ferdinando, G., Tokeshi, H., Carvalho, P.C.T., Balmer, E., Kimati, H., Cardoso, C.O.N. y Salgado, C.L. 1968. Manual de fitopatologia. Doencas das plantas e seu control. Biblioteca Agronomica, Ceres, São Paulo. 640 pp.

Ghesquiere, J. 1932. Sur la "Mycosphaerellose" des feuilles du manioc. Bulletin of the Institute of the Royal College of Belgium 3: 160-78.

Ghesquiere, J. y Henrard, J. 1924. Sphaeriacae nouvelle de feuilles du manioc au Congo Belge. Revue Zoologique Africaine: Supplement Botanique 12: 530-31.

Golato, C. 1963. Cercospora henningsii sulla manioca in Nigeria. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale 57: 60-6.

Golato, C. y Meossi, E. 1966. Una nuova malattis fogliare della manioca in Somalia. Rivista di Agricutura Subtropicale e Tropicale 60: 182-6.

Golato, C. y Meossi, E. 1971. Una grave infezione fogliare della manioca in Ghana. Rivista di Agricultura Subtropicale e Tropicale 65: 21-26.

Concalves, 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 University 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. Emprire 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 Agrobacterium, 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 electrónica 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. Ciência e Cultura 23: 285-91.

Kitajima, E.W., Normanha, E. S., y Costa, O. S. 1972. Corpusculos do tipo micoplasma associados a un forma de superbrotamento da mandioca, na região de Tapachula, Chiapas, México. Ciẽncia e Cultura 24: 852-4.

Kitajima, E.W., Wetter, C., Oliveira, A. R., Silva, D. W., y Costa, A. S. 1965. Morfología do virus do mosaico comun da mandioca. Bragantia 24: 247-60.

Lefevre, P. 1935. Quelques considerations sur le mosaique du manioc. Bulletin Agricole 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, University of Winsconsin, Madison. 114 pp.

Lozano, J. C. 1972b. Status of virus and mycoplasma-like diseases 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 cassa va. 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 Colom bia: 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).Boletim 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: 154-60.

Normanha, S. E. 1970. General aspects of cassava root production in Brazil. En: Proceedings Second International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, Hawaii, 1970. pp. 61-3.

Normanha, S. E., y Pereira, A. S. 1964. Cultura da mandioca. Boletim Instituto Agronômico, Campinas, Brasil 124: 1-7.

Normanha, S. E., Boock, O. J., y de Castro, J. B. 1946. Observacões de campo como contribuicão do estudo do superbrotamento ou envassouramento da mandioca. Revista de Agricultura, Piracicaba 21: 271-302.

Orjuela, J. 1965. Indice de enfermedades de plantas cultivadas en Colombia. Boletín Técnico, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia 11: 1-66.

Park, M. 1934. Report of the work of the mycological division. Ceylon Administration Reports: Reports of the Director of Agriculture, 1933. pp. 125-33.

Pereira, A. L. G., y Zagatto, A. G. 1967. Etiology of angular leaf spot of cassava (Manihot utilissima). Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, Brasil 34: 153-60.

Powell, P. W. 1968. The cercorpora leaf spots of cassava. University of Cornell, Ithaca, New York, 10 pp.

Powell, P. W. 1972. The cercospora leaf spots of cassava. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter 6: 10-14.

Reinking, O. A. 1919. Philippines plant disease. Phytopathology 9: 114-140.

Saccardo, P. A. 1931 Sylloge fungorum. Vol. 25, p. 36,773.

Saccardo, P. A. 1913. Sylloge fungorum. Vol. 22, p. 1250.

Silberschmidt, K., y Campos, A.R. 1944. Estudos relativos a doenca do superbrotamento ou envassouramento da mandioca. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, Brasil 15: 1-26.

Silva, D. M. 1962. 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). Tropenp flanzer 43: 286-306

Starr, M. P. 1946. The nutrition of phytopathogenic bacteria. I. Minimal nutritive requirements of the genus Xanthomonas. Journal of Bacterio logy 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 bra silienses. Bulletin de I'Herbier Boissier 1: 78.

Sydow, H. P. 1913. Enumeration of Philippine fungi, with notes and des criptions of new species. I. Micromycetes. Philippines Journal of Science 8: 265-85.

Umanah, E. E. 1970. Identification and cultivation of currently recom mended improved cassava varieties. Memo of the Federal Department of Agricultural Research. Ibadan, Nigeria 93: 1-18.

Vanderweyen, A. 1962. Maladies cryptogamiques. En: Précis des maladies et des insecies nuisibles sur les plantes cultivées au Congo au Rwanda et au Burundi. Institut National pour I'Etude Agronomique du Congo, Brussels. Septieme partie, pp. 471-480.

Viegas, A. P. 1940. Mofo dos afideos e alerirodideos. Revista de Agricul tura, Piracicaba 15: 475-85.

Viegas, A. P. 1941. Manchas das folhas da mandioca producidas por cercos

poras. 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 Agronômica, 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.



Se ha encontrado que existe resistencia a la mayoría de las enfermedades comunes en la yuca, con grandes ventajas económicas. La resistencia al añublo bacterial de la yuca ha sido determinada en el CIAT, después de la evaluación de más de 1.500 cultivares.

INSECTOS QUE ATACAN LA YUCA

Anthony Bellotti*
A.v. Schoonhoven**
Jorge Peña***

INTRODUCCION

La yuca es atacada por una gran variedad de insectos. Muchas plagas pueden causar daños severos a las plantas en crecimiento lo que resulta generalmente en la pérdida de la cosecha. Las principales plagas son :

1. Thrips
2. Acaros
3. Gusano Cachón

Muchas otras plagas son de importancia económica cuando se localizan en número alto. Muchas de éstas no han sido estudiadas suficientemente para evaluar sus efectos en el rendimiento. Estas plagas son :

1. La mosca del cogollo - Silba pendula
2. La mosca de la Fruta - Anastrepha sp.
3. Chisas
4. Tierreros y grillos
5. Escamas
6. Piojos harinosos

---

*Entomólogo

**Entomólogo

***Ing. Agrónomo, Asistente Inv.

La mosca blanca (Bemisia sp) puede causar daños considerables bajo una densa población. Sin embargo son de mayor importancia en Africa y Asia donde están los vectores de los mosaicos africanos de la yuca.

Existen numerosas plagas que atacan la yuca ocasionalmente o son de menor importancia. En estas están incluídas :

1. Chinche de encaje - Vatiga manihotae
2. Agallas - (Iatrophobid)
3. Comejenes
4. Hormigas
5. Salta hojas

En la literatura se encuentra referencia a varias otras plagas más localizadas como por ejemplo: barrenadores del tallo en Brasil y cucarrones de hojas. Sin embargo hay muy poca información sobre la importancia de estas plagas.

THRIPS

Varias especies de thrips causan daño a las plantas de yuca. Muchas de ellas pertenecen a la Familia Thripidae. Las especies más importantes en la zona del Valle del Cauca pueden ser: Frankliniella williamsi Hood de color amarillo, se encuentra en los ápices de la planta y puede causar una excesiva ramificación en variedades susceptibles. En el envés de las hojas se encuentra el adulto de Corynothrips stenopterus de coloración blanquecina con pardo en la cabeza y parte inferior del abdomen; los estados inmaduros de esta especie se encuentran localizados en los terminales de las plantas y son los que aparentemente causan el daño principal. Otra especie comúnmente

encontrada en yuca es Caliothrips masculinus localizada tanto en el haz como en el envés de las hojas de plantas jóvenes, son fácilmente visibles por su coloración típicamente negra.

Biología

Los "thrips" durante el proceso de su alimentación causan daño por desgarramiento en el tejido de la planta y extraen la savia provocando la muerta de las células.Los tejidos jóvenes llegan por lo tanto a ser deformes cuando se desarrollan. Su desarrollo normalmente es por metamorfosis gradual modificada y en casos excepcionales por partenogénesis.

La hembra oviposita dentro del tejido de la planta, valiéndose de un ovipositor bien formado. Del huevo sale la ninfa la cual se convierte en segunda ninfa pasando luego a prepupa y a pupa. Los adultos son insectos minúsculos con largos pelos que penden de sus alas. Los daños causados por los thrips se pueden observar mas frecuente durante la estación seca.

El ciclo biológico de los thrips que atacan la yuca es desconocido por lo tanto presumimos que su ciclo biológico es similar al de los thrips de los frijoles. El período de incubación dura aproximadamente siete días. El primero y el segundo estado concluyen en diez días y la forma pupal dura cerca de cinco días. El período de preoviposición finaliza a los tres o cuatro días y el total de huevos puestos por cada hembra varía entre 20 y 40.

Daños

El daño de los thrips se ve en la deformación de las hojas,

las cuales presentan puntos amarillos irregulares. Las hojas pueden presentar deformaciones de la lámina foliar a lo largo de las venas.

Una característica de los daños causados por thrips son manchas color café con apariencia de corcho en el tejido del tallo, algunas veces cubriendo todos los entrenudos de este.

El punto de crecimiento puede morir y pueden ocurrir nuevas ramificaciones presentando síntomas similares a los descritos en la enfermedad "escoba de bruja", superbrotamiento causado por mycoplasma.

Los ácaros se diferencian con el daño de thrips por la ausencia de tejido corchoso en el tallo, puntos amarillos mas regulares en las hojas superiores y ausencia de deformaciones foliares. Los ácaros reducen el tamaño de las hojas y causan decoloraciones blancuscas en las hojas jóvenes. El daño de ácaros puede ser confundido con el daño de Vatiga manihotae, sin embargo, presenta matizados en el envés de las hojas eliminando la posible confusión.

Investigaciones realizadas en el CIAT muestran que el daño causado por thrips puede reducir significativamente el rendimiento de la yuca.

Control

Los thrips podrían ser controlados con el uso de variedades resistentes. La variabilidad de la resistencia a los thrips entre variedades clonales proviene de daños que no producen mortalidad durante un ataque. Parece que no hay correlación entre el daño de

thrips y el número de estos en los puntos de crecimiento. El punto de crecimiento de variedades resistentes es pubescente, mientras que las variedades susceptibles (Var. llanera) carecen de vellosidades. Un clon susceptible a thrips, segrega genéticamente a partir de semilla dentro de un rango de susceptibilidad y resistencia a los thrips, dando oportunidad para un mejoramiento del clon.

Los cultivos de yuca en áreas sin períodos secos podrían estar libres de problemas con thrips.

El control químico es posible a base de insecticidas sistémicos como Diostop ó Tiómeton en dosis comerciales.

A C A R O S

Se conocen algunas especies de ácaros que atacan la yuca. Hay cuatro especies importantes en las Américas que son : Mononychellus mcgregori, Fletchman y Bensi M. Tanajoa, Tetranychus urticae y Oligonychus peruvianus (Mcgregori) todos son de la familia-Tetranychidae. Según la literatura la más importante de ellas puede ser:

Mononychellus mcgregori.

El ciclo de vida de los ácaros depende de la temperatura y varía de 7 a 12 días. Las hembras adultas ponen de 2 a 6 huevos por día con un total de 70 ó más. De los huevos emergen en pocos días larvas que tienen seis patas las cuales mudan dentro de los dos estados ninfales sucesivos hasta llegar a adultos con ocho patas. Los ácaros se aparean, sin embargo, las hembras no fecundas pueden reproducirse.

Los ácaros se reproducen en mayor cantidad en zonas con al

tas temperaturas y baja humedad relativa en la estación seca. Prefieren y se multiplican más rápidamente en plantaciones que se mantienen con buena fertilización. Los ácaros son transportados por el viento suspendidos en telas de araña, se arrastran, o se transportan en la piel de los hombres o animales.

DAÑOS

Las características del daño de Mononychellus mcgregori presentan puntos amarillos en todo el área foliar. Las hojas basales se ven poco afectadas y la población de estos ácaros se concentra en las hojas adyacentes a los cogollos. Las hojas no se desarrollan bien, y tienen una coloración gris.

El ácaro Mononuchellus tanajoa se presenta de coloración verde, y se desenvuelve en la yema de la planta, picando las hojas embrionarias y las ramas tiernas. Las hojas siguen su desenvolvimiento normal, quedando salpicadas de manchas amarillas perdiendo su color normal de verde claro, y crecen generalmente deformadas. Las ramas atacadas pierden su color verde y se vuelven ásperas y pardas. La rama y las hojas mueren progresivamente de arriba para abajo.

Tetranychus urticae, Kock. A diferencia del anterior se localiza en la parte media y basal de la planta. Comienza su daño en la base de la hoja extendiéndose luego por toda la nervadura central de esta. Cuando comienza el ataque se observan puntuañones plateadas, las cuales más tarde se tornan pardas, las hojas se van enrollando y finalmente caen.

El daño del Oligonychus peruvianus (Mcgregori) se caracteriza porque la hembra forma una telaraña en el envés de la hoja, dentro de la cual coloca sus huevos y se desarrolla la colonia, la cuál está cerca de las nervaduras observándose mucho más el daño en las hojas basales.

CONTROL

Se ha observado repetidamente que algunos clones de yuca muestran menos daños o lesiones que otros durante un fuerte ataque. Estamos seleccionando clones resistentes o con algún tipo de tolerancia a los ácaros, en el programa de evaluación de resistencia en el banco de germoplasma.

Los ácaros de la yuca tienen como predatores a otros ácaros de la familia Phytoseiidae, Thyphlodromalus peregrinus a coleópteros de la familia Coccinellidae Stethorus sp., y Staphylinidae y otros insectos, todos estos agentes son importantes para reducir el número de ataques fuertes y se debe tener cuidado de no destruirlos. Durante la estación seca no se pueden prevenir fuertes ataques de ácaros.

Es posible el control químico sin embargo, aplicaciones de DDT en el pasado resultaron en un incremento de los problemas con ácaros. Esto puede haber sido causado por disminución de los enemigos naturales, o actuar directamente sobre el ácaro estimulando su reproducción o dispersión sobre la planta o influir sobre la planta provocando ciertos cambios en la constitución de los tejidos que resultan favorables para el desarrollo de la plaga.

Monocrotophos y Galecron pueden producir un buen control químico a dosis comerciales.

GUSANO CACHON

El"gusano cachón" de la yuca Erinnyis ello Familia Sphyngidae puede llegar a ser un gran enemigo de la yuca debido a su capacidad para consumir follaje especialmente en los últimos estados de la fase larval. Generalmente el parasitismo de los huevos ayuda a mantener una baja población.

Biología

Al segundo o tercer día de formarse el adulto del "gusano cachón" comienza su oviposición. Los adultos son de hábitos nocturnos. La hembra pone los huevos individualmente de 1 a 12 por hoja. La hembra adulta pone de 20 a 30 huevos en toda su vida, los cuales son originalmente de coloración verde, variando en tonalidades según avanza el desarrollo; al cabo de 4 - 5 días se produce la eclosión. Los estados larvales se completan de 12 a 15 días mientras el estado de pupa tiene una duración de 12 a 14 días. El ciclo de vida completo es de 25 a 34 días. Las larvas varían mucho de color: amarillo, verde, gris oscuro, etc.,y dentro de cada grupo existe variación dentro del tipo de coloración, próximo al estado de prepupa. El último estado larval migra al suelo y empupa en él, debajo de deshechos y residuos.

Daños

El daño económico causado por la larva de Erinnyis ello fue evaluado simulando los daños de los insectos por defoliación artificial de las plantas. La defoliación periódica da por resultado una reducción significante de la cosecha, cuando la hoja se poda (50 y 100% de defoliación) durante las primeras etapas del crecimiento de la planta. La defoliación durante las últimas etapas de crecimiento (6-10 meses) no resultaron en reducción significante de la cosecha.

Control

Normalmente, cerca del 80% de los huevos del gusano cachón son parásitados por una avispa pequeña Trichograma fasciatum, pero el número de futuras larvas no podría ser predicho por el grado de huevos parasitados. El parasitismo larval sucede pero no parece ser importante. Un predator larval, Polistes canadensis es muy activo contra el gusano cachón. La avispa mata las larvas y las conduce en pedazos a su nido.

Aunque los agentes del control biológico son importantes no pueden prevenir esporádicamente un ataque fuerte del gusano cachón. Se debe tener el cuidado de no erradicar estos benéficos con aplicaciones innecesarias de insecticidas.

El control químico puede obtenerse con varios productos: como, Arseniato de plomo (6-7 lbs/ha) a Dipel o thuricide (ambos Bacillas thuringiensis salvando así los enemigos naturales. También se pueden utilizar carbamatos como sevín y fosforados como Dipterex a dosis comerciales. Puede ser necesario también el uso de fosforados orgánicos para - controlar los últimos estados de desarrollo del insecto, estos insecticidas pueden ser, Basudin, Azodrín o Dimethoate.

La mosca del cogollo

La "mosca del cogollo " Silba pendula y Carpolonchaeae chalybea son de la familia Lonchaeidae. Muchos miembros de ésta familia atacan las frutas y los que atacan la yuca han cambiado aparentemente sus hábitos de alimentación.

Biología

El adulto, una mosca de color azul oscuro metálico brillante algo más pequeña que la mosca casera, deposita sus huevos en las yemas terminales de las plantas. La larva penetra en ellas matando el punto de crecimiento.

Estas larvas de color blancusco pueden encontrarse en cantidad variable en la parte apical del tallo. El estado de huevo dura cuatro días y el larval de 20 a 23 días. Las larvas se introducen en el suelo para empupar. Los adultos aparecen después de 25 días y el ciclo de vida es de cerca de 51 días.

Los daños que se observan son: muerte tanto del punto de crecimiento

como de las hojas superiores acompañado de un exudado de color blanco o marrón en la parte afectada. Algunas veces la mosca ataca el pecíolo de la hoja cerca de la lámica foliar (limbo). Las plantas debido a la pérdida de la yema apical detienen su crecimiento hasta formar nuevos cogollos los cuales pueden ser nuevamente atacados tomando muchas veces una apariencia de escobilla.

La importancia económica del daño del Silba pendula fué evaluado por simulación del daño, cortando los brotes a diferentes intervalos. Hay indicios que el 100% de poda de plantas jóvenes (2-5 meses) pueden causar una reducción en la cosecha. El corte de cogollos durante las etapas finales del crecimiento de la planta (6-9 meses) no tuvo efecto significativo en la cosecha.

Control

Cultural: Silba sp puede ser controlada recolectando y destruyendo semanalmente los puntos de crecimiento afectados.

Químico: Se recomienda como control químico el uso de sistémicos orgánicos fosforados como Basudin (diazinon), Diostop (dimetoate) Tamarón (amidometil-fosfato), azodrín (monocrotophos), Dimecron (posphamidon), Didrin (dicrotophos) usados en dosis comerciales, Dipterex sp 80.

Biológico: La Silba pendula tiene un parásito común: Hymenóptero Fam. Lynipidae.

LA MOSCA DE LA FRUTA

1.- Anastrepha pickeli - Lima (Familia Tephritidae)
2.- Anastrepha manihoti

Cerca de las extremidades en los tallos de la yuca existe otro tipo de daño, también causado por un diptero, la mosca de la fruta. Las plantas se ven sanas en el punto de crecimiento, pero se pueden observar pequeños puntos de color café en diferentes alturas de las extremidades (20 - 30 cm) que indican el punto de entrada o salida de las larvas.

En esta parte del tallo pueden encontrarse túneles de varios tamaños de longitud. Dentro de estos túneles se encuentran las larvas que lo ocasionan, las cuales son de color blanco en los primeros estados de desarrollo y amarillos en los últimos.

Las larvas de Silba sp. presentan coloraciones oscuras en los espiráculos, las de Anastrepha presentan espiráculos posteriores de color amarillo.

El daño causado por la larva del tallo puede actuar como una vía para enfermedades patógenas secundarias que pueden causar podredumbre en los tallos. Los tallos severamente infectados pueden ser clasificados inaceptables como material de propagación. No se conocen pérdidas en la cosecha debido a este daño. Presenta un parásito Hymenoptera: Braconidae: Opius sp.

MOSCA BLANCA - Aleyrodidae

1.- Aleurotrachelus sp.
2.- Bemisia Tuberculata
3.- Bemisia Tabaci
4.- Trialeurodes variabilis

Las moscas blancas se encuetran alimentándose de la yuca en casi todos los estados de crecimiento de esta. Una alta población puede causar severos daños. La mosca blanca es la mayor peste en Africa y Asia donde la Bemisia Tabaci es el transmisor del mosaico en la yuca. Este virus, no

se presenta en América Latina y por esa razón aquí las moscas blancas son las de menos importancia. Actualmente estamos estudiando la biología de la mosca blanca en la yuca y la posibilidad de tener resistencia con hospederos para esta plaga.

Biología

Los adultos de la mosca blanca son pequeños, blancos con cutro alas Hemiptera con cuerpos amarillentos que vienen a activarse mucho en el suelo cuando se alborotan. Las hembras incuban crisálidas ovaladas, pequeñas, planas y ligeramente transparentes y comienzan a alimentarse casi inmediatamente. Durante la etapa embrionaria ellos están casi inmóviles y causan daño por la cóntinua succión de la savia de la planta. Hay cuatro estados antes de alcanzar la etapa adulta.

Daño

Una baja población puede causar poco o casi ningún daño notable a la hoja. Cuando las poblaciones son muy grandes, producen inicialmente una coloración amarillenta del follaje, el cual toma un aspecto negruzco a medida que avanza el daño, debido al crecimiento de la fumagina que impide el desarrollo normal de la planta. Con frecuencia las hojas se encrespan y los cogollos se retuercen demorando su desarrollo.

Control

Un control químico es necesario solamente cuando hay una alta población de moscas blancas. Los insecticidas deben ser rociados directamente en la superficie inferior de las hojas. Los insecticidas son:

1.- Roxion o Diostop 50 E, 250 a 400 cc/ha
2.- Metasystox ó Bridin 25 E 400 a 600 cc/ha
3.- Dimecron 50 E, 250 a 400 cc/ha

CHINCHE DE ENCAJE

El cinche de encaje (Vatiga manihotae (Familia Tingidae) es un insecto de daño potencial de la yuca y puede causar que las hojas se tornen amarillo bronceado y eventualmente caigan. Las ninfas blancuscas y los adultos grisáceos que miden aproximadamente 3mm pueden encontrarse en gran número en el envés de las hojas, los escrementos también se pueden encontrar allí como pequeños puntos negros.

ESCAMAS

1.- Saissetia miranda
2.- Hemiberlesia diffinis
3.- Aonidomytilus albus.

Las escamas (Familia Coccidae y Margarodidae) atacan la yuca, pero no se ve la importancia que aquí puedan tener. Hay un alto grado de parasitismo, sin embargo se ha observado que muchas plantas mueren por la acción de las escamas. Estacas atacadas por escama presentan germinación de 6% solamente contra 91% en estacas no atacadas. Tratamientos quimicos de estacas afectadas no resulta en mejor germinación.

PIOJOS HARINOSOS

PHENOCOCCUS GOSSYPII TOWNSED Y COKE RELL

Estos insectos de apariencia algodonosa se encuentran en el envés de las hojas, y en las ramas formando colonias.

Las infestaciones producen una miel negruzca, espesa, si la infestación es fuerte las hojas van cayendo. Se presenta durante el verano.

AGALLAS

Producidas por Iatrophobia sp. (Diptero)

Algunas veces se pueden encontrar en gran cantidad, agallas verdes y rojas en las hojas de la yuca que pueden ser causadas por las larvas de las moscas, de la familia Cecidomyidae. La larva causa proliferación de las células de crecimiento dando como resultado una agalla dentro de la cual vive la larva. Muchos autores estiman que no posee importancia económica aún cuando el numero de agallas por hojas sea excesivo.

CHIZA O MOJOJOY

Daño

Cuando se siembra en temporada invernal, un lote en el cual ha habido pastos puede presentarse ataque de chiza, el cual se caracteriza porque ésta destruye la corteza del cangre o deja las yemas aisladas del resto de la corteza de este. Si el ataque es muy severo la estaca se pudre y muere. También puede atacar en plantas de 1 a 3 meses de edad consumiendo la corteza de la parte inferior de la planta, lo cual hace que quede aislada la parte aérea de la raíz de la planta, en consecuencia las hojas inferiores se tornan amarillentas y la planta comienza a defoliarse de arriba hacia abajo.

Control

Furadan granular en el momento de siembra a razón de 3 granos por planta. Aldrín del 2 1/2% a razón de 50 kg/ha.

HORMIGAS CORTADORAS

El daño es ocasionado por las obreras y soldados los cuales cortan las hojas. Cuando el ataque es muy severo trozan los brotes.

Este ataque regularmente se produce durante los primeros meses del cultivo.

Control

Localizar los hormigueros o nidos y aplicarles Aldrán en polvo con bomba insufladora hasta que el polvo emerja por las otras bocas del hormiguero. También se puede aplicar mirex granular en el camino a los hormigueros a fin de que las hormigas lo lleven al nido, donde hará su efecto matando al hongo que le sirve de alimento a ellas.

TIERREROS Y GRILLOS

Los tierreros (Agrotis ipsilon) atacan el cangre de yuca en el momento de siembra consumiendo la corteza del cangre. Según la severidad del ataque la germinación puede disminuir hasta el 80%. Si la plántula ha germinado los tierreros pasan a ser trozadores siendo en este caso su daño menos grave ya que aunque el ataque se produzca las yemas del cangre pueden seguir retoñando. Si el cangre tiene una longitud de 10 centímetros y el ataque continúa éste puede morir.

Control

Se prepara un cebo que contiene:

10 kg de salvado ó aserrín
8 a 10 litros de agua
500 gr de azúcar ó
1 litro de maleza,

a lo cual se agrega 100 gramos de Dipterex ingrediente activo.

Sirve para aplicar 1/4 - 1/2 ha.

COMEJENES

Atacan la yuca en las zonas tropicales, infestando y comiendo la estaca después de sembrada. También atacan las raíces e incluso las plantas maduras. El ataque puede constituir un problema más serio en zonas donde hay épocas de sequía prolongada.

El control recomendable es mediante el uso de hydrocarbamatos clorinados persistentes, como aldrin, dieldrin y clordano.

FISIOLOGIA DE LA YUCA

James H. Cock*

Casi todos los datos presentados en este artículo fueron producidos bajo las condiciones del CIAT, por lo tanto los datos son muy específicos por las condiciones del.CIAT; sinembargo las tendencias mostradas serán similares bajo condiciones diferentes.

1. Relaciones entre tasa de crecimiento e indice de área foliar:

El rendimiento de las raices depende de dos factores: La producción de materia seca de la planta y la distribución de esta materia seca entre las diferentes partes de la planta. La producción total de carbohidratos por una variedad bajo ciertas condiciones ambientales está determinada en gran parte por el índice de area foliar (IAF) y su duración. Algunos autores han mostrado una relación estrecha entre el rendimiento y el IAF (Doku 1965, Sinha y Nair 1971 , Cock 1976); Williams et al 1969 sugirieron que si las hojas fueran estrechas y verticales, la distribución de la luz en la canopia al medio día sería mejor y por lo tanto la tasa de crecimiento más grande. Sinembargo Cock 1976, mostro que el ángulo de la hoja y el ancho de la hoja no tuvieron ningún efecto sobre la tasa de crecimiento. Se sembraron dos variedades en el CIAT, M Col 1148 con un ángulo foliar de 40° y M Col 12 con un ángulo de 23° medido del horizonte al medio día. Se cambió el IAF por medio de poda de hojas y se recogieron todas las hojas caídas para determinar la producción total de materia seca durante un período de dos meses. La tasa de crecimiento se aumentó con cada incremento del IAF y dió un valor de 100 gm^{-2} semana $^{-1}$ y un IAF de 4. En la fig. 1 se observa que las diferencias entre las variedades son pequeñas, sinembargo M Col 1148 siempre dió una tasa de crecimiento 10% más alta que la M Col 12. Según datos de modelos las hojas verticales sólo son ventajosas cuando el IAF es mayor que 3. Cuando éste es menor que 2, la tasa de crecimiento para un IAF dado, es menor

---

* Fisiólogo, Lider del programa

cuando las hojas son más verticales (Duncan et al 1967), por lo tanto no creemos que las diferencias entre estas dos variedades sean debidas a las diferencias en ángulo de las hojas. En un ensayo diferente se sembró la variedad M Col 113 en un diseño sistemático y también se obtuvo una tasa de crecimiento de unos 100 gm^{-2} $semana^{-1}$ a un IAF de 4 (fig.2). Cuando el IAF fué mayor que 4 hubo una disminución en la tasa de crecimiento que se supone fué debido a una vida de hoja más corta que resultó en una proporción alta de hojas tiernas con baja tasa de fotosíntesis. En otros ensayos la tasa de crecimiento máxima obtenida ha sido de alrededor de 100 hasta 120 gm^{-2} $semana^{-1}$ (CIAT 1972). Por consiguiente el IAF es supremamente importante en la determinación de la tasa de crecimiento y otros factores, tales como ángulo de la hoja y ancho de la hoja, son de menor importancia. Además la diferencia entre variedades en la relación entre IAF y tasa de crecimiento es pequeña. En resúmen se puede decir que el desarrollo del IAF con el tiempo controlará la tasa de crecimiento del cultivo.

2. Indice de Area Foliar:

El IAF tiende a aumentarse hasta 6 meses después de la siembra y después baja (fig.3); sinembargo las variedades muestran diferentes máximos de IAF y estos índices de area foliar son en general menores que el óptimo para tasa de crecimiento máxima de mas o menos 4. Se trató de aumentar el IAF por medio de cambios en la población de plantas. Las variedades vigorosas mostraron intercepción de la luz mas o menos baja, desde 5.000 hasta 40.000 plantas por hectárea que sugiere que el IAF tampoco cambió. Con las variedades menos vigorosas tales como Mex 11 y M Col 22 se observó una tendencia a aumentar la intercepción de la luz e índice de área foliar al aumentar la población de plantas (fig.4). Estos datos nos sugirieron iniciar estudios más intensos para estudiar el desarrollo de índice de área foliar. Los factores que definen el IAF son:

1. Tamaño de la hoja.
2. Número de hojas formadas por ápice.

3. Número de ápices por unidad de área de tierra.

4. Longevidad de las hojas.

El tamaño de la hoja de CMC 84 aumentó 4 meses después de la siembra y después disminuyó (fig.5). Esta variedad es de vigor mediano con un tipo de ramificación intermedio y pensamos que la disminución en el tamaño de la hoja está relacionado con el aumento de número de ramas. Sinembargo se mostró la misma tendencia en M Col 1120 que no produce ninguna ramificación y en la variedad Llanera que tiene muchas ramas (fig.6). La disminución en el tamaño de las hojas ocurre al mismo tiempo que empieza el engrosamiento de las raíces, sugiriendo que posiblemente el tamaño de la hoja se reduce ante la alta demanda de carbohidratos por raíces.

El descortezamiento de la base del tallo de M Col 22 para eliminar el efecto de la demanda de carbohidratos de las raíces no tuvo ningún efecto sobre el tamaño de hojas (72 cm^2 en testigos y 78 cm^2 en plantas tratadas) dos meses después del tratamiento. Similarmente el sombreamiento artificial de las plantas para reducir el carbohidrato disponible y expansión de las hojas no tuvo ningún efecto sobre el tamaño de las mismas. Con sombra de 50% por dos meses el tamaño de la hoja fué de 60 cm^2 y en los testigos fue de 56 cm^2. Por lo tanto se puede decir que el tamaño de la hoja aumenta hasta 4 meses de edad de la planta, después baja. Esta tendencia es independiente de la expansión de las raíces y de la forma de ramificación y el tamaño máximo obtenido por una hoja es una característica varietal. La tasa de formación de hojas por ápice de dos variedades, M Col 113 y M Col 22 disminuyó con el tiempo (fig.7) y la diferencia entre las dos variedades es mínima. En otros ensayos con 5 variedades se encontró la misma tendencia y tampoco se encuentran diferencias varietales (fig.8). Ensayos hechos por el Dr. Irikura en CIAT, muestran que la tasa de formación de hojas depende de la temperatura, pero cuando la temperatura promedio es mas que 24° hay poca diferencia entre variedades y siempre existe la tendencia de una disminución de la tasa de formación con el tiempo. La longevidad de la hoja se acorta cuando la hoja está expuesta bajo sombra (Rosas, Cock, Sandoval 1976); cuando se aumentó la

población de plantas se aumentó el IAF y por efectos de sombra se disminuyó la longevidad de la hoja (fig.9) y cuando por medio de poda de las hojas se redujo el IAF se aumentó la longevidad de hojas. Se sembraron 5 líneas bien espaciadas y se midió la longevidad de las hojas durante casi todo el ciclo de crecimiento; la variedad CMC 9 siempre tuvo mayor longevidad de hojas que las otras variedades (fig.10). Las diferencias no se deben a diferencias en sombra porque la variedad CMC 84 tiene mas o menos el mismo vigor que la CMC 9 pero mostró una vida de hoja muchísimo mas corta. Además la longevidad de la hoja no cambió con el tiempo como se esperaría si el IAF hubiera alcanzado un nivel suficientemente alto para dar sombra a las hojas mas viejas. En otro ensayo se hizo descortezamiento, para prevenir la translocación de carbohidratos y minerales de las hojas hacia las raíces, sin tener ningún efecto sobre longevidad de las hojas (Cock, Rosas y Sandoval 1976). Datos de Irikura en CIAT, mostraron que con temperaturas mas bajas la longevidad de las hojas es mayor. En resumen se puede decir que la longevidad de la hoja es una característica varietal que puede ser modificada por medio de temperatura y efectos de sombra pero que es independiente de la expansión de las raíces. El número de ápices por unidad de área de tierra es determinado por la población de plantas y la ramificación. Básicamente hay dos tipos de ramificación: 1º La ramifiación reproductiva y 2º los chupones. En el primer caso el ápice llega a ser reproductivo y 2, 3, o 4 brotes axilares directamente bajo el ápice se desarrollaron y formaron ramas de un tamaño con el cual cada uno es casi igual al otro. Los chupones tienden a alargarse con entrenudos largos y poca área de hoja por nudo y por lo tanto son ineficientes en términos de utilización de energía por la formación de hojas nuevas. Esta hipótesis se confirmó con la variedad CMC 84 al aumentarse el rendimiento cuando se hizo poda de chupones. Las ramas reproductivas no tienen que desarrollarse bajo condiciones de sombra. Hay grandes diferencias varietales en el tipo de ramificación, tal como la M Col 1120 que siempre es vegetativa y nunca produce ramas reproductivas.

3. Relación entre crecimiento de las raíces y de los tallos:

Hasta el momento hemos hablado detalladamente del desarrollo de la

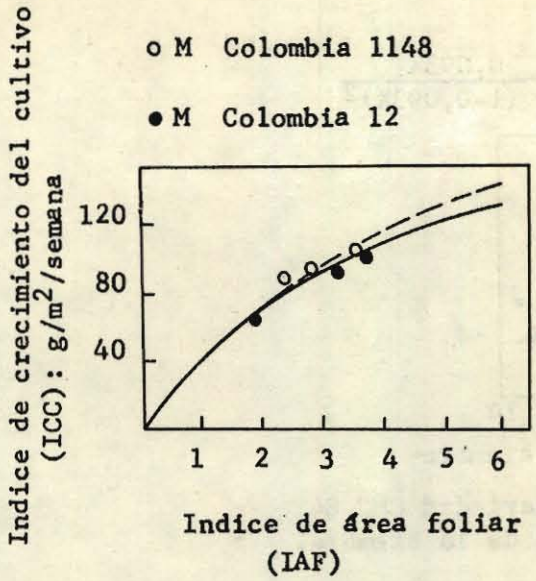


Figura 1. Indice de crecimiento del cultivo (ICC) e Indice foliar (IAF) de un tipo de planta con hojas caídas (M Colombia 1148) y de un tipo de planta con hojas que se desarrollan horizontalmente (M Colombia 22).

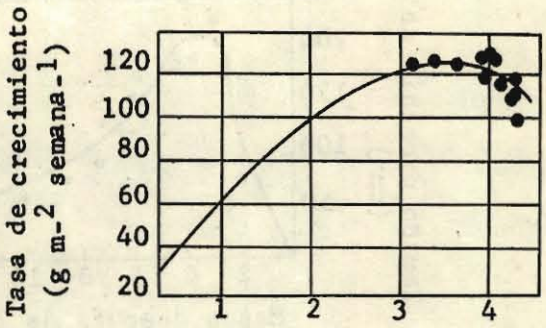


Figura 2. Indice de crecimiento de la variedad M Colombia 113 como una función del IAF.

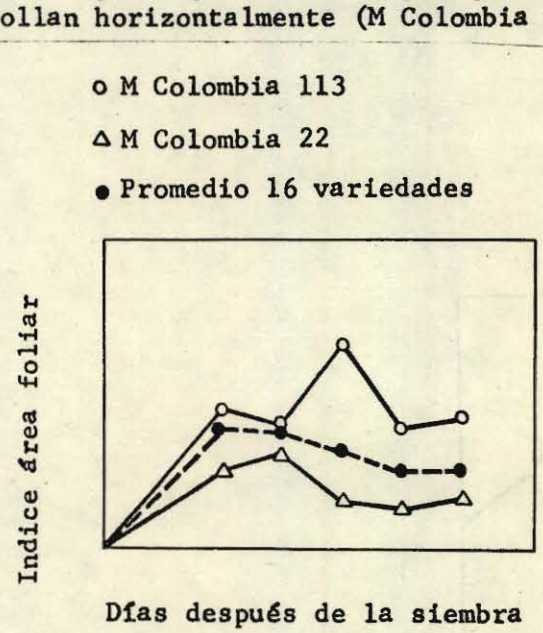


Figura 3. Indice de área foliar de M Colombia 113 y M Colombia 22, comparadas con el promedio de otras 16 variedades.

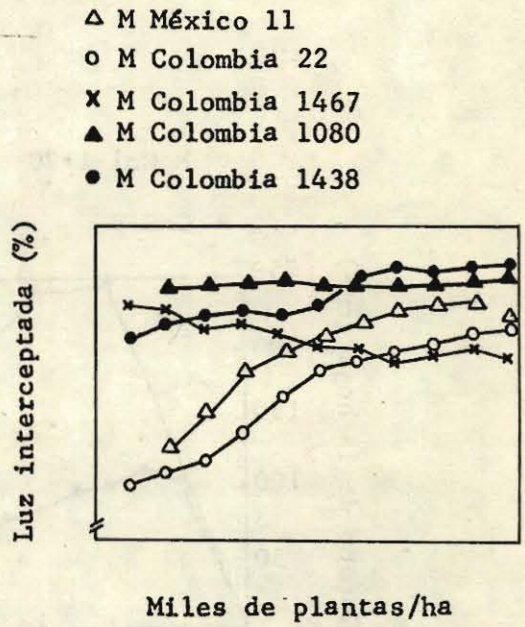


Figura 4. Relación entre intercepción de luz y población de plantas en un día nublado, a los 4 1/2 meses después de la siembra.

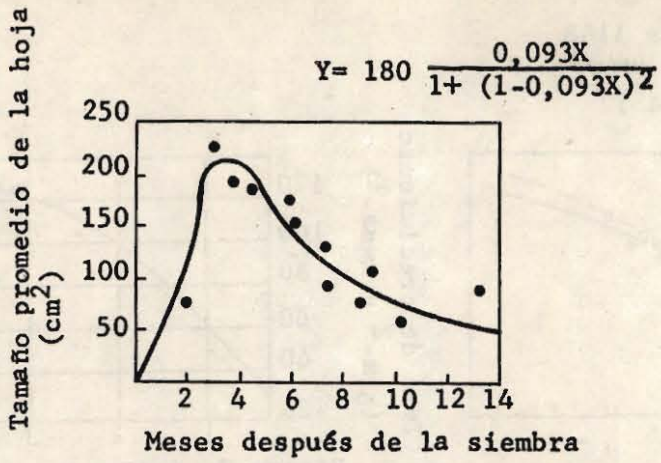


Figura 5. Tamaño de la hoja de la variedad CMC-84 medido en diferentes épocas después de la siembra. B-12

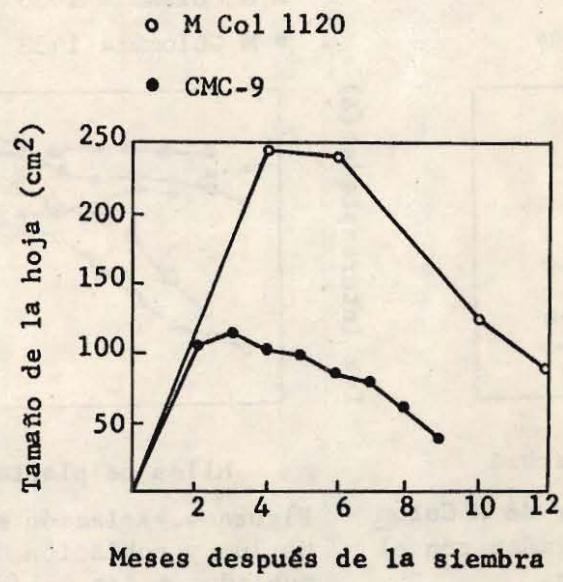


Figura 6. Area foliar por hoja de las variedades CMC-9 (muy ramificada) y M Colombia 1120 (no ramificada).

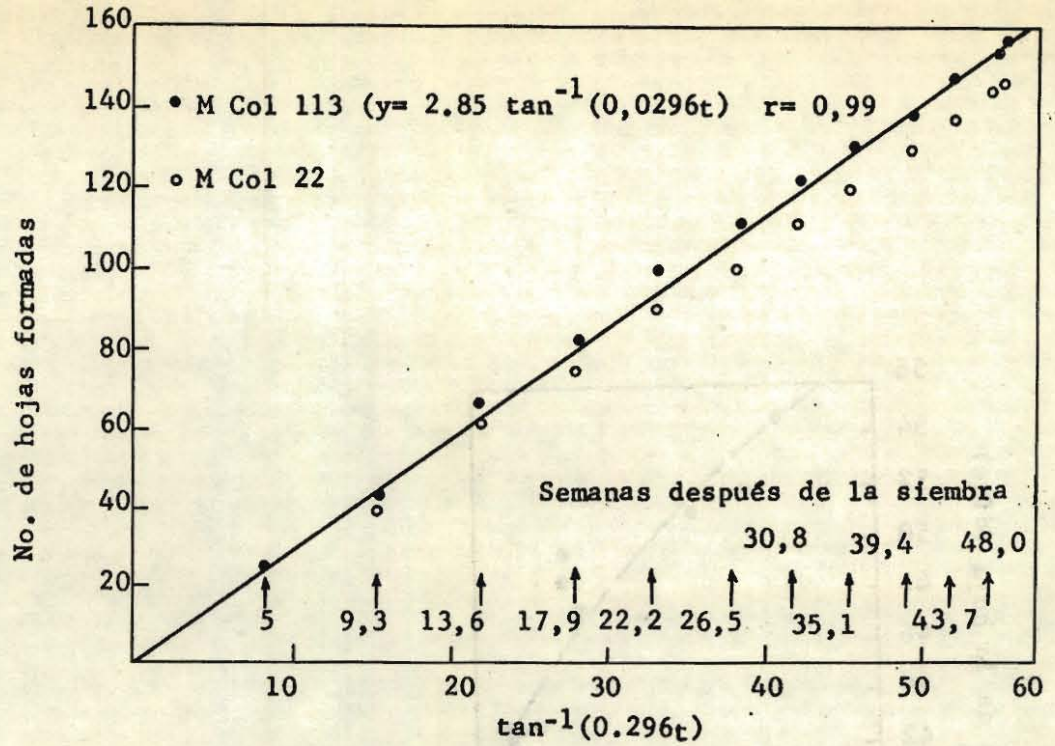


Figura 7. Número de hojas producido por ápice por las variedades M Colombia 113 y M Colombia 22.

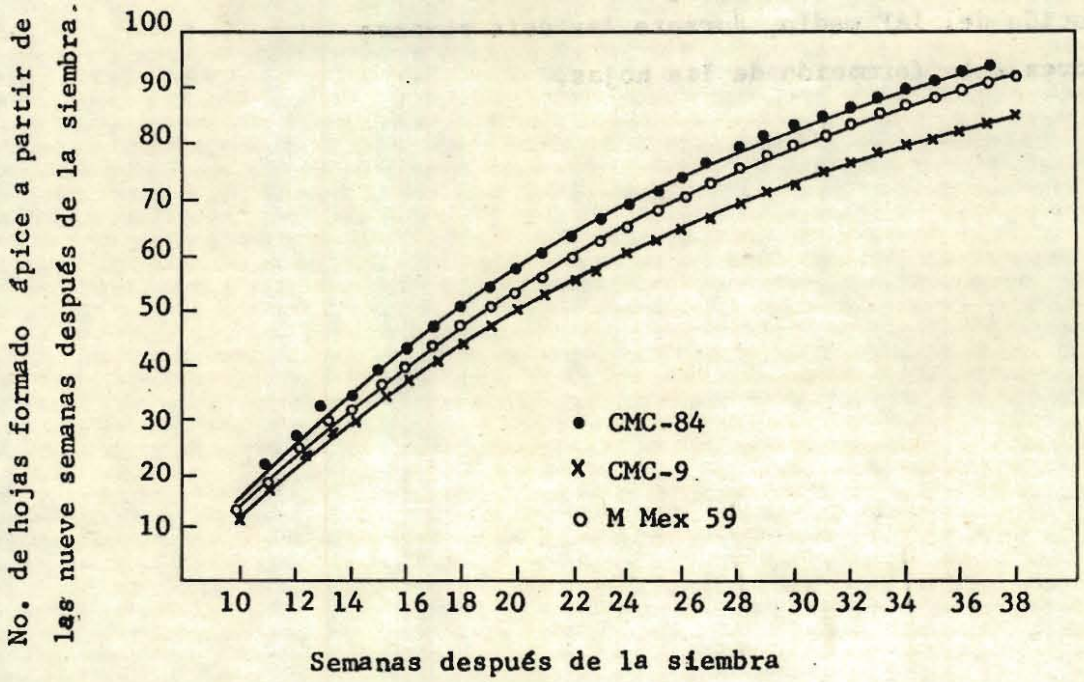


Figura 8. Número total de hojas porducidas por ápice, nueve semanas después de la siembra, con plantas espaciadas.

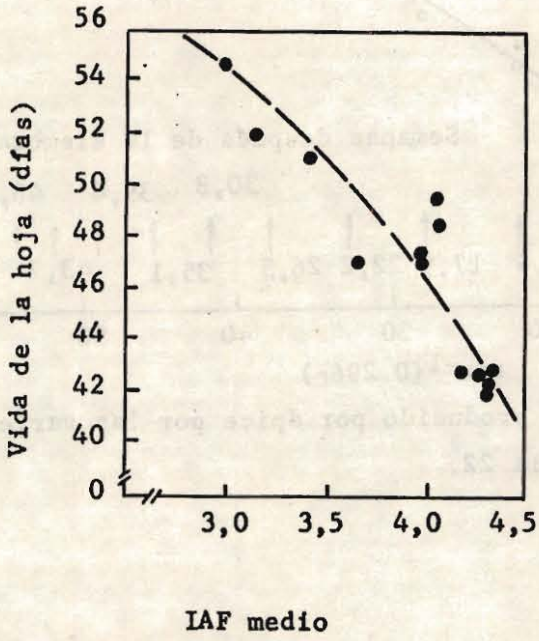


Figura 9. Vida foliar de la variedad M Colombia 113 como función del IAF medio, durante las seis semanas posteriores a la formación de las hojas.

parte aérea de la planta, sinembargo la relación entre las raíces y la parte aérea de la planta es de gran importancia.

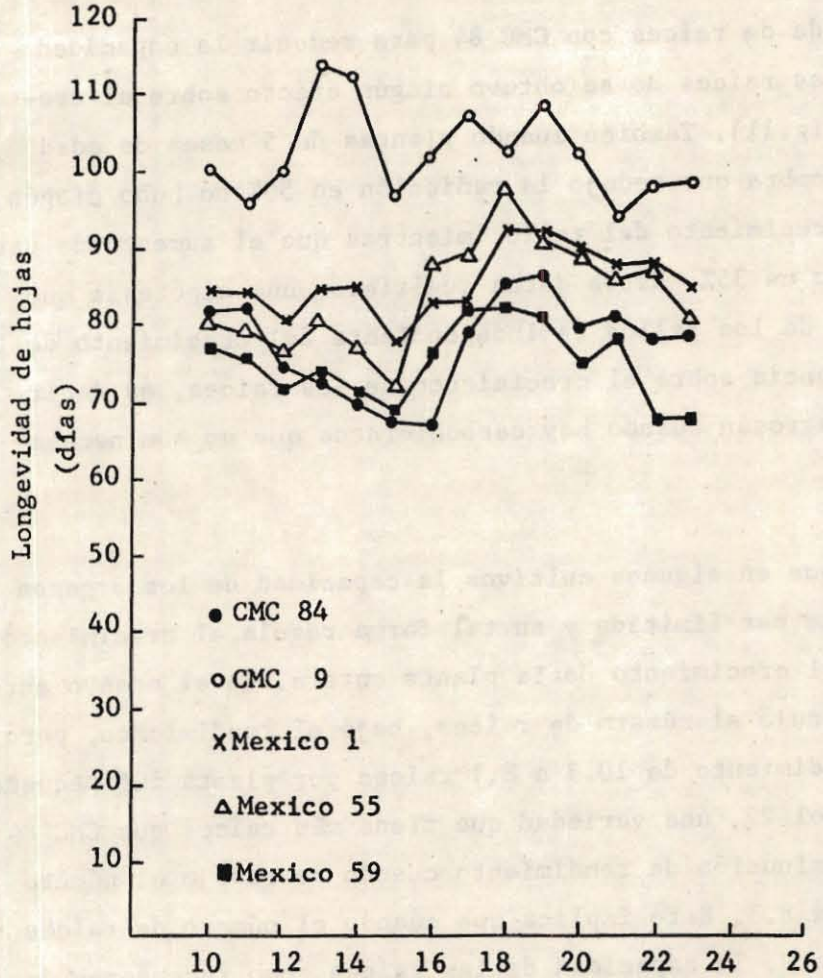
En ensayos de poda de raíces con CMC 84 para reducir la capacidad de engrosamiento de las raíces no se obtuvo ningún efecto sobre el crecimiento del tallo (fig.11). También cuando plantas de 5 meses de edad fueron puestas bajo sombra que redujo la radiación en 50% no hubo ningún efecto grande sobre crecimiento del tallo, mientras que el aumento de peso de raíces se redujo en un 35%. Estos datos sugirieron una hipótesis que es que el crecimiento de los tallos es independiente del crecimiento de las raíces y tiene preferencia sobre el crecimiento de las raíces, es decir que las ráíces solo engrosan cuando hay carbohidratos que no son necesarios a la parte aérea.

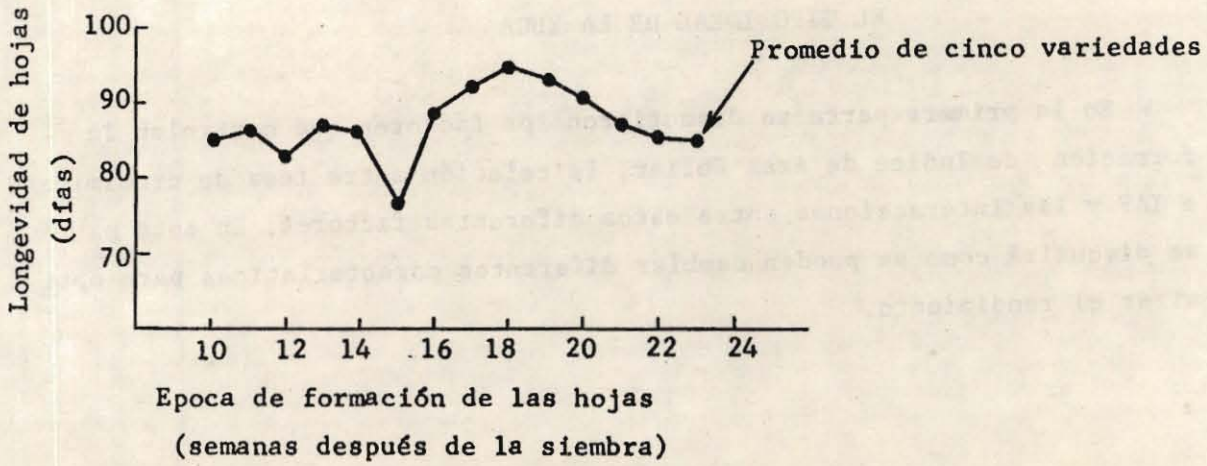
Se ha reportado que en algunos cultivos la capacidad de los órganos de almacenamiento puede ser limitada y en tal forma regula el crecimiento del órgano mismo y/o el crecimiento de la planta entera. En el ensayo antes reportado cuando se redujo el número de raíces, bajó el rendimiento, pero la disminución del rendimiento de 10.3 a 8.1 raíces por planta fué pequeña. En otro ensayo con M Col 22, una variedad que tiene más raíces que CMC 84 no se notó ningúna disminución de rendimiento cuando se redujo el número de raíces de 12.9 hasta 8.3. Esto implica que cuando el número de raíces por planta es menor que 9, la capacidad de las raíces como receptores de carbohidratos puede limitar el rendimiento de las raíces y también el crecimiento total de la planta.

EL TIPO IDEAL DE LA YUCA

En la primera parte se discutieron los factores que controlan la formación de Indice de Area Foliar, la relación entre tasa de crecimiento e IAF y las interacciones entre estos diferentes factores. En esta parte se discutirá cómo se pueden cambiar diferentes características para optimizar el rendimiento.

Figura 10. Longevidad de hojas de cinco variedades en función del tiempo después de la siembra (plantas espaciadas)





La M Col 113 fué sembrada en un diseño sistemático y durante la época de 5 hasta 6 1/2 meses la relación entre aumento de peso de raíces e IAF fué investigada (fig.12). El aumento de peso de raíces baja muy rápidamente cuando hay un IAF de mas de 4. La razón por la cual se baja cuando el IAF aumenta es bastante obvia pues la planta debe gastar mucha energía para mantener un IAF grande que no deja ningún exceso de carbohidratos para formación de raíces.

En el CIAT el Dr. Franklin y yo hemos desarrollado un modelo dinámico de la yuca que simula el crecimiento de la planta; uno ya puede visualizar cómo sería la planta ideal de yuca. Es obvio respecto a la fig.12 que una de las primeras necesidades es llegar a un IAF de aproximadamente 3- 3.5 y mantenerlo. El problema es que la tasa de formación de hojas por ápice y el tamaño de la hoja tienden a bajar con el tiempo causando una disminución en IAF. Según datos de nuestro modelo si la planta tiene ramificaciones a las 30 y 45 semanas para aumentar el número de ápices se puede mantener un IAF mas o menos constante después de la época de su formación. Si hay ramificaciones muy temprano el IAF desarrollado es demasiado grande.

Otro factor que es muy importante es tener un IAF de 3 a 3.5 debido a hojas de vida larga no corta. Así la planta puede mantener su área foliar sin gastar mayores cantidades de energía en formación de hojas. Según nuestros datos se puede pensar en una vida por hoja de mas o menos 15 semanas como el ideal. El modelo muestra que una vida mas larga aumentaría la producción aún mas pero en el campo a donde existen enfermedades y plagas es difícil visualizar las hojas que pudieran existir por mucho mas de 15 semanas.

Un factor que influye mucho en la formación de área foliar es el tamaño de la hoja. Una planta con hojas grandes cubrirá la tierra y formará un follage mas rápido que una planta con hojas pequeñas. Por lo tanto a primera vista parece como característica deseable tener hojas grandes.

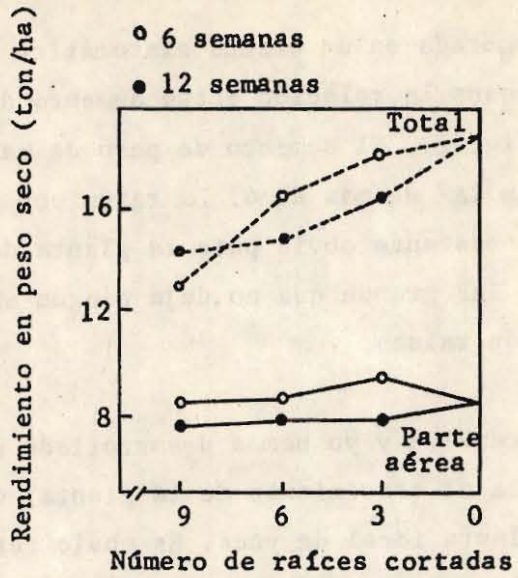


Figura 11. Rendimiento de materia seca de las raíces y del total de la planta con diferente número de raíces gruesas en M Colombia 1513, en la sede del CIAT.

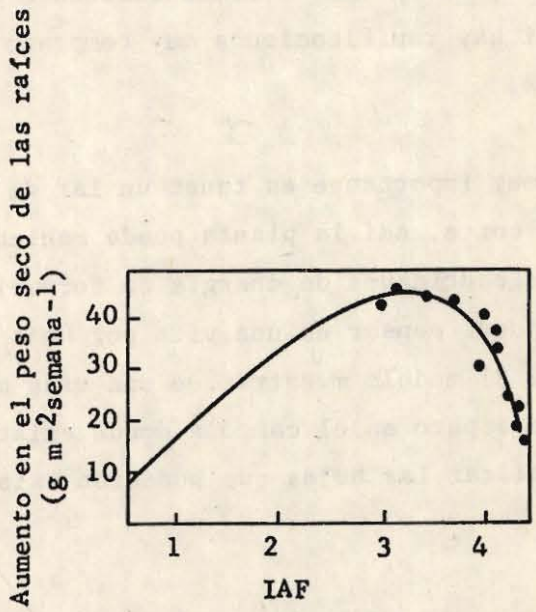


Figura 12. Aumento en el peso de las raíces de la variedad M Colombia 113 como función del IAF.

Sinembargo se puede aumentar el número de hojas con un aumento de la densidad de siembra y llegar al mismo punto. Aunque así se puede llegar al mismo rendimiento las raíces serán muy pequeñas y por lo tanto parece deseable tener hojas grandes y utilizar poblaciones menores.

En toda esta discusión hemos tenido en cuenta el mantenimiento de IAF sin gastar mucha energía. Si fuera posible obtener una variedad que tuviera hojas grandes sostenidas por entrenudos pequeños sería ventajoso. Por lo tanto recomendamos variedades con entrenudos cortos y no muy pesados.

En resúmen de las dos partes de fisiología de la yuca se puede decir que el tipo de planta ideal tendrá:

1. Más de diez raíces gruesas por planta.
2. Ramificaciones a las 30 y 45 semanas y ningún chupón.
3. Hojas grandes (tamaño máximo de alrededor de 500 cm^2).
4. Longevidad de hojas de 15 semanas o mas.
5. Entrenudos livianos.

ADAPTABILIDAD DE LA YUCA

James H. Cock*

Para discutir adaptabilidad de la yuca nos limitaremos a los temas de (1) temperatura, (2) sequía, (3) fotoperíodo. La parte de adaptabilidad a diferentes suelos es interesante e importante pero el Dr. Howeler tratará en forma más detallada sobre este tema.

Temperatura

En la parte de fisiología discutimos el tipo de planta ideal adaptado por el CIAT. Trabajos del Dr. Irikura muestran que la forma de la planta cambia según la temperatura. Por ejemplo con temperaturas mas bajas la tasa de formación de hojas por ápice baja y también el tiempo hasta la primera ramificación es más largo. Por lo tanto un tipo de planta ideal bajo temperaturas altas no tendrá suficiente desarrollo de su follaje en un lugar más frío que permita optimizar la producción de raíces. En cambio una variedad demasiado vigorosa en condiciones cálidas puede ser ideal en una región mas fría. El Dr. Irikura sembró cuatro variedades bajo diferentes condiciones de temperatura y se encontró que la variedad Popayán fue demasiado vigorosa en Caribia y CIAT, sin embargo rindió mejor que las otras variedades en el kilómetro 27 de la vía al mar a 1,500 metros de altitud. En cambio la M Col 22 rindió mejor en Caribia y CIAT pero casi no dió nada en km 27 . El orden de las variedades fue lo mismo en CIAT y Caribia y al contrario en km 27. De estos datos se supone que se puede seleccionar la misma variedad para temperaturas de 24°C o mas pero para temperaturas mas bajas hay otras variedades mejor adaptadas.

---

*Fisiólogo, Lider del programa CIAT

Fotoperíodo

Hay pocos datos de los efectos de cambios de fotoperíodo en la yuca. Ensayos llevados a cabo en invernaderos sugieren que en días largos se suprime la formación de raíces gruesas. En CIAT con días largos se bajó el índice de cosecha de las plantas y el rendimiento. Sin embargo el efecto fue pequeño. Es difícil con los datos disponibles decir si el efecto del día largo tiene importancia bajo las condiciones del agricultor.

Sequía

La yuca probablemente tiene su orígen en un lugar con un período seco bien marcado y por lo tanto evolucionó en una forma que resiste bastante bien la sequía. Durante la época seca la yuca deja de formar nuevas hojas y las hojas presentes caen. En tal forma la planta casi entra en dormancia. Cuando empieza la lluvia la planta utiliza sus reservas de carbohidratos en el tallo y las raíces para formar nuevas hojas y seguir creciendo. Cours (1951) mostró que las raíces pierden almidón durante el período de rebrote al principio de las lluvias.

Solo hay dos informes conocidos de los efectos de riego (Smith 1968, Seru Campo 1973) y en ambos casos se nota una baja en el rendimiento cuando el riego es muy frecuente. Las razones por las cuales pasa ésto no son bien claras. Es posible que con aplicaciones mas frecuentes el crecimiento es demasiado vigoroso y así la planta utiliza toda la energía para producción de follaje, dejando muy poco para engrosamiento de las raíces.

Fertilidad

Se discutirá la parte de adaptabilidad a diferentes suelos, en otra parte de este curso.

EVALUACION DE GERMOPLASMA DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) PARA PRODUCTIVIDAD *

Kazuo Kawano, Pablo Daza, Alvaro Amaya y Wania M. F. Goncalves **

RESUMEN

Se realizó una evaluación de 1.876 cultivares de yuca (Manihot esculenta Crantz) coleccionados a través de toda la América Latina, centro de origen y diversificación de este cultivo. El trabajo se hizo, en prueba de una hilera, para rendimiento radicular, índice de cosecha, peso total de planta y otras características agronómicas. El rendimiento promedio global del peso fresco de raíz, en la prueba, fue de 29.2 tons/ha/ 10 meses. Sobre la base de índice de cosecha, rendimiento radicular y peso total de planta, se seleccionaron 232 cultivares y se evaluaron con mayor intensidad en un ensayo de rendimiento con repeticiones. Sin aplicación de fertilizantes, fungicidas o insecticidas, se obtuvieron rendimientos de 60.6 tons/ha/año peso fresco de raíces o un rendimiento de materia seca de 22.5 tons/ha/año o un rendimiento de almidón de 19.4 tons/ha/año. Once cultivares alcanzaron un peso fresco de rendimiento radicular de más de 50 tons/ha/año. Todo indica que los rendimientos actuales de 10 a 15 toneladas de peso fresco de raíz por hectarea podrían ser elevados a 30 tons/ha, mejorando las prácticas culturales, y hasta 60 tons/ha por medio de selección varietal. Rendimientos de materia seca de 22.5 tons/ha/año tal vez sean el tope, vislumbrándose la posibilidad de mejoramiento adicional por re-combinación genética.

---

* Contribución del Centro Internacional de Agricultura Tropical (A.A.6713 Cali, Colombia).

** Fitomejorador, supervisor de germoplasma, asistente de investigación y becaria post graduada, respectivamente, CIAT (A.A. 67 13, Cali, Colombia).

Genotipos de alto rendimiento están distribuídos en América Latina, sin embargo, solo alrededor de 0.5% y 2% del total de cultivares evaluados rindieron pesos frescos de raíces de más de 50 tons/ha/año y 40 tons/ha/año, respectivamente, de manera que es sumamente importante iniciar un programa de selección con una variabilidad de germoplasma amplia.

El índice de cosecha fué altamente correlacionado con rendimiento radicular. En general correlaciones de rendimiento radicular fueron encontrados con el peso total de planta y número de raíces. Más de 70 tons/ha/ de peso fresco total de planta, un índice de cosecha mayor a 0.45 y más de 9 raíces por m^2 son necesarios para obtener altos rendimientos. La altura de planta no es tan importante como en otros cultivos tales como cereales, pero el volcamiento, cuando ocurre, tiene un efecto muy negativo sobre rendimiento.

No se encontró una planta libre de HCN después de probar más de 2.200 entradas de germoplasma, 20.000 híbridos F_1 derivados del germoplasma original y alrededor de 7.000 F_1 autofecundados de 200 cultivares. La frecuencia de genes para plantas libres de HCN es muy baja, si es que existe. Una gran mayoría (93%) de los registros de germoplasma fueron clasificados como no conteniendo niveles notablemente altos de HCN, que los haría inadecuados para consumo humano, haciéndolos, por tanto, adecuados. Hasta el momento no se ha encontrado ninguna relación entre nivel de HCN con capacidad de rendimiento y resistencia a enfermedades e insectos. Por tanto el HCN no es obstáculo para el mejoramiento varietal.

Actualmente, la yuca es uno de los cultivos productores de calorías más importantes de los trópicos. Los resultados apoyan la teoría de que existe una posibilidad inmediata de aumentar la producción, por medio de mejoramiento varietal, como respuesta a la rápida creciente demanda de caloría para el ganado de carne, así como para el consumo humano directo, producción de almidón industrial y alcohol.

HIBRIDACION EN LA YUCA (Manihot esculenta Crantz)*

Kazuo Kawano, Mario Ríos, Pablo Daza y Alvaro Amaya **

RESUMEN

En poblaciones de yuca (Manihot esculenta Crantz), consistentes en líneas derivadas de semillas de polinización cruzada de un cultivar, los híbridos F_1 de dos cruces y el F_1 autofecundado de dos cultivares, todos mostraron amplia segregación en caracteres de rendimiento, confirmando que la yuca es una especie de naturaleza altamente heterocigótica. Por tanto, en todos los programas de hibridación de yuca se requiere una gran cantidad de semillas híbridas F_1 de cada cruce.

Los rendimientos promedio de poblaciones derivadas de polinización cruzada de cultivares fueron considerablemente inferiores a los rendimientos promedios de poblaciones derivadas de polinizaciones controladas de los mismos cultivares con muchos otros. Las poblaciones de fecundación cruzada incluían un número muy superior de genotipos "inferiores". Sin embargo, en cultivares con esterilidad masculina no se observaron diferencias en rendimiento entre las descendencias de libre polinización y aquellas de polinización controlada.

---

* Contribución del centro Internacional de Agricultura Tropical (A.A. 67 13, Cali, Colombia).

** Fitomejorador, becario post graduado (actualmente fitomejorador en la Estación Experimental de Caribia, ICA, Santa Marta, Colombia), supervisor de germoplasma y asistente de investigación, respectivamente, CIAT A.A. 67 13, Cali, Colombia).

El rendimiento promedio de 125 líneas F_1 autofecundadas de nueve cultivares fué aproximadamente la mitad del rendimiento promedio de los nueve cultivares paternos. Se notó una fuerte depresión por consanguinidad en rendimiento y en peso total de planta. Fué menor en índice de cosecha y altura de planta. Se observó gran diferencia varietal en el grado de susceptibilidad a la consanguinidad.

Empleando el color de la vena foliar como carácter marcador, se determinaron las frecuencias de autopolinización y polinización cruzada en dos cultivares, bajo esquemas diferentes de distribución de poblaciones. En una maleza de muchos genotipos la proporción de polinización cruzada fuè precisada en 53 y 40%, en dos cultivares. En una mezcla de dos genotipos, la máxima presencia de polinización cruzada observada fuè de solo 8%. Fuè suficiente una distancia de 30 metros entre clones de diferentes genotipos para asegurar que no ocurrirán polinizaciones cruzadas. No hubo barrera genética ni fisiológica para impedir la autofecundación. La ocurrencia de autopolinización es sorprendentemente alta en la yuca.

Los resultados muestran claramente que la depresión por consanguinidad, antes que el hábito de polinización, es el principal mecanismo biológico a traves del cual se mantiene el alto nivel de heterocigosis en la yuca. Una alta proporción de autopolinización en cultivares de floración normal y una depresión fuerte por consanguinidad explica el bajo rendimiento de las poblaciones derivadas de polinización libre, comparado con el de polinización controlada.

Como un método general de hibridación en la yuca se recomienda la polinización controlada. Si un mejorador decide usar polinizaciones libres se recomienda el uso de esterilidad masculina.

SELECCION PARA LA PRODUCTIVIDAD EN YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) *

Kazuo Kawano, Alvaro Amaya y Pablo Daza **

RESUMEN

Se observaron variaciones en rendimiento e índice de cosecha en plantas derivadas de polinizaciones cruzadas de un cultivar plantadas especialmente. La variación en plantas fué lo suficientemente grande como para asegurar la selección visual eficiente, siete meses después del transplante. Se observaron correlaciones de rendimiento e índice de cosecha entre las plantas derivadas de polinizaciones cruzadas y el mismo genotipo cuando éste se plantó en estacas. Estas correlaciones fueron suficientemente altas como para permitir una selección eficiente de plantas derivadas de polinizaciones cruzadas cuando éstas tenían siete meses.

Había ausencia total de correlación para rendimiento radicular entre una prueba de una sóla hilera y una prueba de población repetida, mientras que la correlación fué altamente significativa para índice de cosecha. Desde que el índice de cosecha era altamente correlacionado con el rendimiento radicular en la prueba de población, la correlación entre índice de cosecha en la prueba de una sola hilera y el rendimiento radicular en la prueba de población fué significativo. De donde se deduce que en la selección para rendimiento radicular en pruebas de una sóla hilera, el índide de cosecha es una característica para seleección aún mejor que el rendimiento radicular.

---

* Contribución del Centro Internacional de Agricultura Tropical (A.A. 67 13, Cali, Colombia).

** Fitomejorador, asistente de investigación y supervisor de germoplasma, respectivamente, CIAT (A.A. 67 13, Cali, Colombia).

El efecto de competencia intergenotípica fué analizado, comparando el desempeño de los cultivares control con la altura de planta de los genotipos vecinos. El efecto de competencia fué significativo en rendimiento radicular a los seis meses después de plantación, aún cuando los genotipos fueron plantados a una distancia de 1.4m. A los 10 meses después de plantación el efecto de la competencia ocasionó diferencias en rendimiento de más de 100%. En cambio, el efecto de competencia no fué significativo para índie de cosecha. Este factor explica la ineficacia de la selección por rendimiento radicular y la efectividad de la selección por índice de cosecha en pruebas de una sola hilera. Se enfatiza la importancia de plantas derivadas de polinización cruzada plantadas a densidades bajas de población.

Empleando 67 cruces preparados al azar, se analizaron las regresiones del promedio de genitores sobre el promedio de hidridos F_1. Esta regresión era significativa para rendimiento radicular, índice de cosecha y peso total de la planta, lo que indica que el papel de los efectos de genes aditivos es significativo en los caracteres de rendimiento de la yuca. La regresión fué especialmente significativa para índice de cosecha, confirmando así que el índice de cosecha es un carácter excelente de selección.

CONCLUSIONES

Incluyendo los resultados de las evaluaciones de germoplasma de yuca, informados anteriormente (Kawano et al, en impresión) y los estudios sobre hibridación (Kawano et al, en impresión), se han llegado a las siguientes conclusiones, definiendo así el método más práctico y eficiente para el mejoramiento para productividad de la yuca.

1. El actual nivel de rendimiento normal de 10 a 15 tons/ha puede elevarse a 60 tons/ha por medio de mejoramiento genotípico y practicas culturales.

2. Genotipos de alto rendimiento están ampliamente distribuidos en toda las regiones de origen y diversificación del cultivo, sin embargo, es muy importante iniciar un programa de mejoramiento con una amplia variación de germoplasma.

3. El factor HCN no es obstáculo al mejoramiento del cultivo.

4. La yuca es un cultivo de naturaleza altamente heterocigótico.

5. No se encuentra, por lo general, incompatibilidad de cruzamiento y no existen barreras genéticas ni fisiológicas que impidan la autopolinización.

6. La autopolinización es muy frecuente y la proporción de polinización cruzada en una población específica depende del hábito de floración de los genotipos y de la distribución de esta población.

7. La depresión por cosanguinidad es fuerte y este es el mecanismo biológico principal por el cual se mantiene el alto nivel heterocigótico del cultivo.

8. Se recomienda la polinización controlada como método general de hidridación. Si un mejorador decide emplear polinización libre se recomienda el uso de esterilidad masculina.

9. Las variaciones genéticas en poblaciones de plantas derivadas de polinización cruzada y la eficiencia de la selección de plantas derivadas de polinización cruzada son suficientemente grande y altas, siete a nueve meses después del transplante.

10. Las plantas derivadas de polinización cruzada deben plantarse a densidades bajas de población tales como distanciamientos de 1 x 2 m, para brindar a todas las plantas una misma oportunidad de expresar el valor total de cada genotipo y de reducir, al mínimo, el efecto de dis-

torsión de la competencia intergenotípica.

11. En la selección por rendimiento radicular, el índice de cosecha es la característica más eficiente en poblaciones de plantas derivadas de polinización cruzada y en pruebas de una sola hilera, aún cuando se compara con el mismo rendimiento radicular.

12. El índice de cosecha está altamente correlacionado con el rendimiento radicular en pruebas de rendimiento de población.

13. El índice de cosecha es controlado principalmente por efectos de genes aditivos y es altamente heredable.

LA FERTILIZACION DE LA YUCA

R. H. Howeler *

La yuca en general se considera como una planta rústica que crece bien en suelos pobres sin necesidad de aplicar muchos fertilizantes. Por otra parte muchos agricultores piensan que la yuca es una planta que agota la fertilidad del suelo, y la siembran como el último cultivo en la rotación, en sistemas de agricultura migratorios.

La literatura indica que la yuca es un buen extractor de nutrientes del suelo y el cultivo no responde a fertilización en muchos suelos donde otros cultivos si responden. Un buen ejemplo es el suelo de la Zapata: La yuca aparentemente no responde a aplicaciones de N P K, mientras que el frijol responde mucho a aplicaciones de P y N. Pero, hay otros suelos, por ejemplo los de Los Llanos Orientales de Colombia, en que la yuca si responde a aplicaciones de N, P, K, Ca y Mg y posiblemente a elementos menores. Sin fertilización los rendimientos son casi nulos en estos suelos, por lo cual se acostumbre la siembra de yuca únicamente en las vegas ó en corrales viejos en esta zona.

Para mantener la fertilidad del suelo es indispensable fertilizar el suelo por lo menos con la misma cantidad de nutrimentos que se remuevan en la cosecha. La literatura indica que la yuca extrae grandes cantidades de nutrimentos, especialmente el K. Entre los cultivos tropicales la yuca probablemente extrae más K que cualquier otro cultivo. Según los datos de Prevott (22) la yuca tiene la más alta relación K/N de extracción entre todos los cultivos (Fig. 1). Otros cultivos con una alta

---

* Asistente científico de Suelos, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT).

relación K/N son : bananos, palma de aceite, piña, coco y caña de Azúcar, mientras que el maiz, arroz y algodón tienen una relación K/N más baja.

Lambourne (14) calculó que la cosecha de raices de yuca extrae por ha : 27.6 Kg N, 6.0 Kg P_2O_5, 35.2 Kg K_2O, 8.6 Kg CaO y 15.5 Kg Mg.

La extracción de nutrimentos en kilos por tonelada de raices de yuca cosechada según diferentes autores se indica en la siguiente tabla:

	N	P	K	Ca	Mg	Ref.
raíces	0.7	0.43	2.8	0.71	0.05	Bonnefoy (2)
tallos	11.9	1.59	4.9	3.9	2.0	Bonnefoy
hojas	7.5	0.34	1.3	2.4	0.15	Bonnefoy
raíces	2.02	0.43	3.02			Kanapathy (11)
tallos	2.11	1.30	2.60			Kanapathy
hojas	2.15	0.16	0.91			Kanapathy
raices	3	0.5	3.5	0.6	0.1	Cours (6)
tallos	2	0.3	1.5	0.6	0.4	Cours
raíces	1.82	0.36	1.77	0.34	1.08	Velley (25)
raíces	2.0	0.71	7.05			De Geus (8)
raices	2.12	0.66	5.74	1.32		De Geus

Existe bastante variación entre los datos que se encuentran en la literatura pero es claro que la cosecha de yuca extrae más K que cualquier otro elemento, y que la remoción de nutrimentos del suelo es mucho menor si se devuelven las hojas y tallos al suelo. Nyholt (19) calculó que tres cosechas buenas de yuca pueden agotar todo el K en la superficie (50 cm) del suelo. Además del K, la yuca extrae cantidades considerables de N, mientras que la extracción de P, Ca y Mg es relati

vamente baja.

Fig. 2 (Nyholt (10)), muestra la acumulación de N, P, K, Ca y Mg en varias partes de la planta durante el ciclo de crecimiento. Esto indica que la absorción de nutrimentos, y especialmente de N, es rápido en las hojas durante los primeros 4 - 6 meses. Después de los seis meses la cantidad de N absorbido en las hojas disminuye a causa de la caída de las hojas inferiores, mientras que el N en los tallos y las raíces sigue aumentando. La cantidad total de N en la planta es más o menos estable después de seis meses ó puede disminuirse en algunos casos. Al contrario, las cantidades de P, K, Ca y Mg absorbido por la planta siguen aumentando durante todo el ciclo.

La gráfica también indica que al tiempo de la cosecha las cantidades de K y P son mayores en las raíces que en los tallos, mientras que las cantidades de N, Ca y Mg son mayores en los tallos que en las raíces. Por lo tanto, la extracción de nutrimentos por la cosecha de raíces es principalmente de K, seguido por P, N, Ca y Mg.

Cours (6) determinó que los contenidos de nutrimentos N P K en general aumentan desde las hojas inferiores hacia las hojas superiores, mientras que los contenidos de Ca y Mg disminuyen. El considera que los contenidos óptimos de estos elementos son los siguientes (en % de materia seca):

	N	P	K	Ca	Mg
	←		%		→
Hojas jovenes	5.5	0.4	1.2	0.7	0.3
Hojas viejas	5.0	0.3	0.7	1.4	0.4

Estos niveles son muy parecidos a los obtenidos en el CIAT en un ensayo de soluciones nutritivas con arena (Fig. 3). Aplicando cinco niveles de N, P y K se observó que los niveles óptimos de los nutrimentos

en la solución nutritiva son : >80 ppm N, 5 ppm P y 40 ppm K. Estos niveles corresponden a contenidos en las hojas (de 4 meses) de>4.6% N, 0.18% P y 1.14% K. Parece que el nivel de P en las hojas que corresponde con la máxima producción de materia seca en este ensayo, es un poco bajo, y que el contenido óptimo sería entre 0.2 y 0.3 % P.

Para mantener el suelo en buen estado de fertilidad, investigadores en Madagascar (7, 17) recomiendan la incorporación de estiercol ó abonos verdes como Mucana utilis, Vigna y Crotolaria. De Geus (8) también indica que la yuca responde bien a aplicaciones de estiercol. En cuanto a fertilización con abonos químicos, el mismo autor recomienda una relación de N-P_2O_5- K_2O de 1:1:2. Vijayan (26) recomienda una relación N-P_2O_5 de 3:2, Chadha (3) una relación N-K_2O de 1:1.75, y Chew (5) una relación N-P_2O_5- K_2O de 3:1:2 para suelos de turba.

La Fertilización de N

Si se incorporan los tallos y las hojas en el suelo después de la cosecha, la yuca extrae más o menos 2 Kg de N por cada tonelada de raíces cosechadas, de manera que una buena cosecha de 30 toneladas de yuca requiere por lo menos 60 Kg N/ha. Teniendo en cuenta que la eficiencia de absorción de N es, en general, menos de 50%, sería necesario aplicar aproximadamente 120 Kg N/ha.

Chadha (3) reportó respuestas en Kerala, India de 20-54% con la aplicación de 44 Kg de N y respuestas de 23-79% con aplicaciones de 88 Kg N/ha. En la misma región, Vijayan (26) indica que se obtuvieron los mejores rendimientos con 150 Kg N/ha. En Malasia, Chan (4) obtuvo respuestas significativas únicamente con aplicaciones de N y Chew (5) obtuvo una respuesta lineal de 23% para cada 66 Kg N/ha aplicado. En ensayos demostrativos de fertilización de yuca en Colombia, ICA (9) obtuvo respuestas positivas a aplicaciones de 50 o 60 Kg N/ha en 16 de 23 pruebas. Las respuestas más altas se obtuvieron en los suelos volcánicos (con alto contenido de materia orgánica) cerca de Popayán.

En un ensayo de niveles x fuentes x tiempo de aplicación de N en Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, Calvo (información personal) obtuvo una respuesta a aplicaciones de urea de 100 Kg N/ha, y una pequeña respuesta adicional a 200 Kg N/ha. De las dos fuentes ensayadas la urea fué mejor que la urea revestida con azufre (para reducir la solubilidad). La aplicación fraccionada (25% a los 50, 25% a los 85 y 50% a los 20 días) fué mejor que la aplicación total a los 50 días. Es muy probable que con una aplicación al tiempo de la siembra se aumenten aún mas los rendimientos.

Samuels (21) obtuvo los mejores resultados con una aplicación fraccionada de N, con la mitad aplicada a la siembra y la otra mitad a los 2 1/2 meses. El no observó diferencias significativas entre urea, sulfato de amonia y nitrato de calcio-amonia en Puerto Rico.

Mandal (16) tuvo mejores resultados en la India con nitrato de calcio-amonia, seguido por fosfato de amonia y urea. La ventaja del nitrato de calcio-amonía podría ser que suministra Ca en suelos ácidos que en general son deficientes de este elemento. El mismo autor obtuvo mejores cosechas con la mitad del N aplicado en la siembra y la otra mitad a los dos meses. Si se aplica todo el N en una sola aplicación, él recomienda aplicarlo en el momento de la siembra.

Normanha (18) reporta que el mejor método de aplicación de fertilizantes es al lado de la estaca; si se aplica en el mismo surco de la siembra se reduce la germinación y la población de plantas, dato que concuerda con las observaciones de Silva (23) en Brazil.

Varios investigadores, De Geus (8), Krochmal (12), Malavolta (15) indican que en general la yuca responde positivamente a aplicaciones de N, en cuanto a la altura de planta, peso de raíces y contenido de proteínas. También se indica que la aplicación de N aumenta el contenido de HCN y reduce el número de tuberosas y su contenido de almidón.

La Fertilización de Fosforo

Muchos investigadores han indicado respuestas de la yuca a la fertilización de P, especialmente en suelos con bajo contenido de este elemento. El P es esencial para el proceso de la fosforilación en la síntesis enzimatica del almidón. Por esto, un buen suministro de P aumenta la producción de raíces.

Malavolta (15) reportó una reducción en el contenido de almidón de 32 a 25% por falta de P. El considera que la yuca tiene un alto requerimiento de P, y que en Brazil el P es inicialmente el nutrimento más limitante.

La respuesta al P, depende mucho del tipo de suelo y su contenido de P.

Almeida (1) no observó ninguna respuesta al P en varios ensayos en Brazil, mientras Silva (24) obtuvo solamente aumentos no significativos a aplicaciones de P en el Estado de Sao Paulo.

Chadha (3) obtuvo aumentos en producción de hasta 25% con la aplicación de 88 Kg de P_2O_5 / ha y observó que tal aplicación (conjunta con 150 Kg de N/ha) aumentó el contenido de proteinas y disminuyó el contenido de HCN en las raices.

Aunque existe poca información sobre el mejor tiempo y método de aplicación del P, parece que sería indicada la aplicación en banda al lado de la estaca al sembrarla. Aplicaciones en el mismo surco ó hueco con la estaca reducen la germinación y la población según Silva (23).

Los estudios del ICA (9), en Colombia indican respuestas positivas a aplicaciones de 300 Kg P_2O_5/ ha en 13 de las 14 fincas de demostración, localizadas principalmente en suelos ácidos y deficientes en P en los departamentos de Cauca y Meta. No hubo mucha correlación entre

respuestas y contenido de P en el suelo, determinado por extracción con la solución Bray II.

Hace dos años el CIAT hizo un estudio de la interacción de P por cal en suelos Oxisoles de Carimagua en los Llanos Orientales. El ensayo sufrió mucho de enfermedades dando como resultado rendimientos muy bajos. Sin embargo, se obtuvo una interacción muy marcada entre las aplicaciones de cal y P. Máximos rendimientos se obtuvieron con 0.4 toneladas de cal/ha. Con aplicaciones más altas los rendimientos bajaron, significativamente, probablemente por deficiencia de K y de elementos menores, especialmente Zn y Cu. Con los niveles de cal de 0, 0.4 y 4 ton/ha hubo respuestas muy marcadas a aplicaciones de 50 y 100 Kg P_2O_5 /ha aplicado en banda al tiempo de sembrar. Es probable que no se alcanzó el máximo con 100 Kg P_2O_5/ha (Fig. 5).

En un ensayo de potes con suelo de Carimagua se obtuvo respuestas muy marcadas a aplicaciones de 25, 50, 100 y 200 Kg P_2O_5/ha en términos de peso de raíces y de la parte aérea a los seis meses de edad. Utilizando superfosfato triple hubo una respuesta al P a niveles de 100 Kg P_2O_5/ha y con Escorias Thojas, 200 Kg P_2O_5/ha. El SFT fué ligeramente superior a las Escorias Thomas (Fig. 6).

En otro ensayo de potes, recién cosechado, se observó una respuesta al P hasta niveles de 50-100 Kg P_2O_5/ha. Además hubo una respuesta al P-residual, aplicado como SFT ó Escorias Thomas el semestre anterior. El efecto residual de una aplicación de 200 Kg/ha P_2O_5- correspondió a más o menos 25 Kg P_2O_5 recién aplicado (Fig. 7).

La Fertilización Potasica

Según Malavolta (15) el K es necesario para la translocación de carbohidratos desde las hojas hasta las raíces. La deficiencia de K aumenta el peso de la parte aérea, reduce el peso de las raíces y su contenido de almidón, y aumenta el contenido de HCN (Jacob (10)).

Los ensayos demostrativos del ICA (9) en Colombia dieron como resultado respuestas positivas a aplicaciones de 50-60 Kg K_2O/ha en 11 de las 14 pruebas. No hubo ninguna correlación entre el K extraída del suelo y la respuesta de la yuca a aplicaciones de K. Sin embargo, en Madagascar se considera el suelo deficiente en K si contiene menos de 0.06% de K-intercambiable ó si el contenido de K en las hojas es inferior al 0.7%. Cours (6) recomienda la aplicación de K si el contenido de este elemento en las hojas es inferior al 1.2%.

Kumar recomienda la aplicación de la mitad del K al sembrar y la otra mitad después de un mes. Oke (20) indica que la yuca responde mejor a K_2SO_4 que a KCl, y que la última fuente reduce la acumulación de almidón.

En un ensayo al sur de Cali, D. Wholey (información personal) obtuvo una respuesta muy marcada a aplicaciones de K, y ninguna respuesta a N ni a P aplicados solos. Con aplicaciones de 300 Kg K_2O/ha, los rendimientos se aumentaron en un 60%. Unicamente en presencia de K se obtuvo una respuesta positiva a aplicaciones de P y N (Fig. 8). Las plantas que recibieron aplicaciones de K tuvieron un contenido de 1.2%K, mientras que aquellas sin aplicaciones de K tuvieron un contenido de 0.7% K.

Como se mencionó anteriormente, la yuca extrae más K del suelo que casi cualquier otro cultivo tropical, Lambourne (14) calculó que se extrae más o menos 75 Kg K_2O/ha en cada cosecha. Kimar (13) y Samuels (21) consideran como óptima una aplicación de 100 Kg K_2O/ha. Este nivel corresponde más o menos al nivel de 125-150 Kg KCl/ha recomendado en Madagascar (7) (17). Almeido (1) no obtuvo respuestas significativas a aplicaciones de K.

En un ensayo de interacción de NxK en Carimagua se obtuvo una respuesta significativa a niveles de tales elementos de hasta 200 Kg de N y 300 Kg de K_2O/ha en la variedad Llanera. Con 0 N esta variedad respon

dió solo hasta 150 Kg K_2O/ha indicando una interacción significativa entre N y K. (Fig.9). En el mismo sitio se observó que la aplicación de cal de 0.5 ton/ha aumentó el contenido de K en las hojas, pero que aplicaciones más altas redujeron significativamente el contenido de K en las hojas (Fig.10), lo cual podría ser la razón que se observe frecuentemente un efecto negativo de cal con altas aplicaciones.

En un ensayo de potes con suelo de Carimagua se obtuvo la máxima respuesta al K con 200 Kg K_2O/ha en cuanto a producción de raíces a los seis meses. El K_2SO_4 dió ligeramente mejores resultados que el KCl. El contenido en las hojas fué de 1.1%K, en los tratamientos de mayor rendimiento.

En otro ensayo de potes se observó una respuesta al K a niveles de hasta 200 Kg K_2O/ha. El K aplicado en el semestre anterior tuvo muy poco efecto residual, aún al nivel de 400 Kg K_2O/ha.

Resumen

En general, la yuca no responde a fertilización en suelos fértiles, o medianamente fértiles, pero si responde mucho a fertilización en suelos de baja fertilidad como los suelos oxisoles y suelos volcánicos. En muchos suelos el elemento más limitante es el K debido a la gran exigencia de la yuca por este elemento. En general se recomienda una relación de N-P_2O_5-K_2O de 1:1:2 hasta 3:1:2, con fertilizantes aplicados a la siembra y al lado de la estaca, pero no en contacto directo con ella.

Se puede hacer una aplicación adicional de N y K a los dos meses. El K_2SO_4 parece ser una mejor fuente de K que el KCl.

References

1.- ALMEIDA, F. C. G. DE. Pesquisas em mandioca (Cassava research). In Reuniao da Comissao Nacional da Mandioca. 5a. Sete Lagoas,Minas Gerais. 1971. Actas. Sete Lagoas Instituto de Pesquisas Agropecuarias do Centro-Oeste. n.d. pp. 33-40. Mimeo. Port.

2.- BONNEFOY, J. V. 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. 1933 Fr.

3.- CHADHA, T.R. Fertilizer experiments on tapioca in the Kerala State. Journal of the Indian Society of Soil Science 6 (I):53-63. 1958. Engl., Sum. Engl. 4 refs. Illus.

4.- CHAN, SEAK KHEN. 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, 1970. pp.139-148. Engl., Sum.Engl., 5 Bibl.

5.- CHEW, W. Y. Varieties and NPK fertilizers for tapioca (Manihot utilissima Pohl.) on peat. Malaysian Agricultural Journal 47(4): 483-491. 1970. Engl., Sum. Engl.

6.- COURS, G. Le manioc. (Cassava). In Recherche Agronomique de Madagascar. Inspection Generales des Services Agrícolas. Compte rendu no. 2:78-88 1953. Fr. 3 Refs.

7.- ESSAIS DE fumure du manioc. (Fertilizer trials with cassava). Recherche Agronomique de Madagascar, Compte Rendu no. 2:85:88. 1953. Fr. 3 Refs.

8.- DE GEUS, J. G. Root crops; Cassava. In : De Geus, J.G. Fertilizer

guide for tropical and subtropical farming farming. Zurich, Centre d'Etude de l' Azote, 1967. pp. 181-185. Engl.

9.- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Respuesta de la yuca a la fertilización en parcelas demostrativas. (Cassava response to fertilization in demonstrative plots). Tibaitatá, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1971. 22p. Span., Sum.Span. 14 Refs.

10.- JACOB, A. and VON UEXKULL. Fertilización de los cultivos tropicales y subtropicales; yuca o mandioca. (Fertilization of tropical crops; Cassava or Mandioc). In: Jacob, A. and H. Von Uexkull. Fertilización. 3 ed. Hannover, Kali und salz. 1966. pp. 153-159. Esp. 14 Bibl.

11.- KANAPATHY, K. and KEAT, G.A. Growing maize, sorghum and tapioca on peat soil. In Blencowe, E. K. and J.W. Blencowe. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters, 1970. pp.25-35. Engl., Sum. Engl. 6 Refs.

12.- KROCHMAL, ARNOLD and GEORGE SAMUELS. The influence of NPK levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. Ceiba. 16 (2): 35-43, 1970. Engl. Sum. Engl. 8 Bibl. Illus.

13.- KUMAR, B. MOHAM, R.C. MANDAL and M. MAGOON. Influence of potash on cassava. Indian Journal of Agronomy. 16 (1): 82-84, 1971. Engl., Sum. Engl. 6 Bibl.

14.- LAMBOURNE, J. A preliminary report on tapioca as a catch-crop with oil palms. Malayan Agricultural Journal 15:104-113. 1927. Engl., Sum. Engl.

15.- MALAVOLTA, E; E. A. GRANER, T. COURY; M.O.C. Brasil sobr and J.A. C. PACHECO. Studies on the mineral nutrition of cassava (Manihot

Utilissima Pohl). Plant Physiology. 30 (1): 81-82, 1952. Engl., Sum. Engl. 5 Bibl.

16.- MANDAL, R.C., SINGH, K.D. and MAGOON, M.L. Relative efficacy of different sources, levels and split application of nitrogen in - tapioca. Indian Journal of Agronomy 16 (4):449-452.1971. Engl., Sum. Engl. 4 Refs.

17.- LE MANIOC. (Cassava). Recherche Agronomique de Madagascar No.1:49-52. 1952. Fr. Illus.

18.- NORMANHA, E.S., PEREIRA, A.S. and FREIRE, E.S. Modo e época de aplicao de abudos minerais em cultura de mandioca. Bragantia 27 (12) : 143-154. 1968. Port., Sum. Port. Engl.

19.- NIJHOLT, J.A. Opname van voedingsstoffen uit den boden bij cassave. (Absorption of nutrients from the soil by a cassava-crop). Algemeen Proefstation voor den Landbouw. Korte Mededeeligingen No. 15. 1935. 25p. Dutch., Sum. Engl. 13 Refs. Illus.

20.- OKE. Cassava as Food in Nigeria. World Rev. Nutr. Diet. 9:227-248 1968.

21.- DAMUELS, G. The influence of fertilizer levels and source on cassa va production on a lares clay in Puerto Rico. In Annual Meeting C.F.C.S., 7 th, Martinique, Guadeloupe. 1969. Proceeding. 1970. pp. 33-36. Engl., Sum Eng., Fr.

22.- PREVOT, P. and OLLAGNIER, M. La fumure potassique dans les regions tropicales et subtropicales. (The potassic fertilization in tropical and subtropical regions). In Potassium Symposium, Berne 1958. n.p. n.d. pp. 277-318. Fr., Sum Span., Germ., Engl., Fr. 78 Refs. Illus.

23.- SILVA, JAIRO RIBEIRO DA e E.S. FREIRE. Influencia da aplicao de

adubos minerais nos sulcos de plantio, sobre os "standas" de culturas de mandioca. (Effects of application of some fertilizers - in the furrows, on the stands of cassava fields). Bragantia. 27 (26): 291-300, 1968. Port. Sum. Port., Engl. 5 Bibl.

24.- SILVA, RIBEIRO DA e E.S. FREIRE. Efeito de doses crescsntes de - nitrogenio, fósforo e potassio sobre a producao de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. (Rsponses of cassava to increasing doses of nitrogen, phosphorus and potassium). Bragantia. 27 (29): 357 - 364, 1968. Port., Sum. Port., Engl. 5 Bibl.

25.- VELLY, J. Contribution a la determination de la fumure d'entretien; les exportations en elements mineraux de principales cultures. (Contributions to the determination of soil maintenance fertilization; the extractions of mineral elements by main crops). Bulletin de Madagascar 19 (282): 872-890. 1969. Fr.

26.- VIJAYAN, M.R. and AIYER, R.S. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield and quality of cassava. Agricultural Research Journal of Kerala 7 (2): 84-90. 1969. Engl., Sum. Engl. 6 Refs.

REQUERIMIENTO DE ELEMENTOS SECUNDARIOS Y ELEMENTOS MENORES EN YUCA

R. H. Howeler *

Existe muy poca información en la literatura sobre los requerimientos de la yuca por Ca, Mg, S y elementos menores. Aunque es bien conocido que la yuca es bastante tolerante a la acidez del suelo, en muchos suelos la yuca si responde al encalamiento moderado. El efecto de este encalamiento tal vez no es principalmente el aumento en pH ó neutralización del aluminio, sino el suministro de Ca y Mg para la planta.

Nyholt (6) (Fig.1), demostró que la absorción de Ca y Mg es lenta durante los primeros 1-2 meses; la taza de absorción aumenta en el segundo mes y se mantiene más o menos constante hasta la cosecha.

Oioli (7), observó que la acumulación de Ca en las raíces y hojas termina en el tercer mes mientras que este continúa en los tallos.

Cours (2) y Krochmal (4), demuestran que los peciólos tienen el más alto contenido de Ca y Mg, seguidos por las hojas y los tallos:

	Peciólos	Hojas	Tallos	Ref.
% Ca	5.86	2.23	0.88	Krochmal (4)
% Mg	1.23	0.55	0.17	Krochmal
% Ca	1.13	0.45	0.36	Cours (2)

* Especialista en Suelos. CIAT.

Según Cours (1) (2), las hojas viejas presentan contenidos de Ca y Mg mas altos que las hojas jóvenes. Al contrario, los contenidos de N P K son más altos en las hojas jóvenes. El considera que los siguientes son niveles óptimos de Ca y Mg :

	% Ca	% Mg
Hojas recién abiertas	0.7	0.3
Hojas viejas	1.4	0.4

Estos datos corresponden a los obtenidos en el CIAT en un ensayo en arena con soluciones nutritivas (Fig.2). En este ensayo se obtuvo el crecimiento máximo con 40 ppm de Ca y 40 ppm de Mg en la solución nutritiva que correspondieron a contenidos de 1.1% Ca y 0.45% Mg en las hojas a los cuatro meses.

En el mismo ensayo, se obtuvo el crecimiento máximo con 10 ppm S en la solución, que correspondió a 0.16 ppm S en las hojas.

Efecto del encalamiento en la producción de yuca

Samuels (8), obtuvo una respuesta a aplicaciones de 2T cal/ha en Puerto Rico (pH 4.5). Mandal (5) indica que el efecto benéfico del $CaNH_4 (NO_3)_3$ como fuente de N se debe a su contenido de Ca y su capacidad de aumentar el pH del suelo.

El CIAT ha hecho algunos ensayos de encalamiento en Carimagua. El suelo en que se realizan estas pruebas es representativo de los suelos oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia, y parecidos a los suelos bien drenados de los Llanos de Venezuela y del Campo Cerrado de Brazil.

El suelo es muy ácido e infértil como lo indican los siguientes datos químicos :

pH	4.3	Al^{3+}-meq/100 gm	3.5
M.O.-% (0-20 cm)	5	Ca^{2+}-meq/100 gm	0.5
P-ppm (Bray II)	3	Mg^{2+}-meq/100 gm	0.3
Carga Permanente meq/100 gm	4.5	K^{+}- meq/100 gm	0.08

La figura 3 muestra el efecto del encalamiento sobre el pH y el Al intercambiable de este suelo con aplicaciones de hasta 6 ton cal/ha (Ca/Mg=10). Es claro que la aplicación de 1/2 ton cal/ha tuvo poco efecto sobre el pH y el Al, mientras que la aplicación de 6 ton/ha aumentó el pH hasta 5.3 y redujo el Al hasta 0.8 me/100 gm. En este suelo casi todos los cultivos alimenticios como maíz, sorgo, arrozyfríjol responden favorablemente a aplicaciones de 6 toneladas de cal. Sin embargo, la yuca muestra un aumento con 1/2 toneladas de cal y una disminución en el rendimiento con aplicaciones más altas. Fig.4 muestra el efecto de aplicaciones de cal sobre el rendimiento promedio de 134 variedades de yuca.

Fig. 5 muestra el efecto de encalamiento sobre rendimientos de la variedad Chirosa Grande en un ensayo de P x cal en Carimagua. Aunque en ambos ensayos los rendimientos fueron muy bajos, es claro que la yuca responde positivamente sólo a aplicaciones bajas de cal, como de 400-500 Kg/ha.

Fig. 6 muestra el efecto del encalamiento sobre los niveles de Ca, Mg, K, Zn, Cu y Mn en las hojas ($\bar{X}$ de 4 variedades) a los cuatro meses.

Parece que el efecto positivo de 1/2 ton cal/ha no es solo de-aumentar la absorción de Ca y Mg sino también de K, Zn, Cu y Mn.Parece que el efecto negativo de aplicaciones altas de cal se debe

a la disminución de la absorción de K, Zn, Cu y Mn. Es bien conocido que la disponibilidad de Zn, Cu y Mn disminuye con aumentos en el pH. Aunque el pH no aumentó sino hasta 5.5, en suelos con bajo contenido de elementos menores, este puede ser suficiente para producir deficiencias de estos elementos. En otros cultivos como arroz y caupi los contenidos de Zn, Cu, Mn y B también se disminuyen con encalamiento, pero los niveles en general no alcanzan a ser deficientes. Parece que la yuca es más exigente en cuanto a elementos menores que tales cultivos, o' no tiene la misma capacidad de extraerlos. No se encontraron datos en la literatura sobre niveles críticos de elementos menores en la yuca.

Deficiencia de Elementos Menores

Según los trabajos de Krochmal (4) y Bates (información personal), se puede distinguir los siguientes síntomas de deficiencia o toxicidad en la yuca :

Def. de N: Color verde claro y crecimiento pobre.

Def. de K: Bronceamiento inicial de las hojas seguido por una quemazón en los bordes .

Def. de P: Color verde oscuro y crecimiento reducido.

Def. de Ca: Quemazón de los ápices de las hojas y de las hojas nuevas.

Def. de Mg: Clorosis, comenzando en las hojas viejas como amarillamiento de los márgenes y de los ápices.

Def. de S: Verde claro, semejante a la deficiencia de N.

Def. de Fe: Clorosis intervenal de las hojas jóvenes a una edad temprana.
No se reduce el crecimiento de la planta.

Def. de Mn: Clorosis intervenal de todas las hojas, casi como deficiencias de Fe, pero más pálida.

Def. de B: Un poco de colorosis en las hojas jóvenes; las hojas y plantas son pequeñas.

Def. de Zn: Clorosis intervenal muy pálida, deformación de las hojas y del cogollo.

Def. de Cu: Clorosis intervenal muy pálida, deformación de las hojas.

Tox. de B: Manchas necróticas y quemazón en los bordes de las hojas inferiores.

En las siembras recientes en Carimagua se ha observado que aún con 1/2 ton cal/ha algunas plantas muestran síntomas de deficiencia de Zn en las hojas superiores. Una aplicación al suelo de más o menos 10 Kg Zn/ha como sulfato de zinc alivió el problema. Los análisis de las hojas afectadas dieron 15-19 ppm de Zn, mientras que las hojas sanas de los mismos lotes tenían 20-42 ppm Zn en la variedad Llanera.

Los síntomas de deficiencia de Zn son muy parecidas a las de deficiencia de Cu. El análisis de hojas afectadas dieron 5 ppm Cu mientras que las hojas sanas tenían 7-9 ppm Cu. Entonces, es posible que además de deficiencia de Zn, las plantas sufrieron de deficiencia de Cu.

En la granja del CIAT , en Palmira, con suelos alcalinos, también se observó síntomas de deficiencia de Zn con 17 ppm de Zn en las hojas, mientras que las plantas sanas tenían 22 ppm Zn. Además, parece que la yuca sufre de deficiencia de B con contenidos de 3-5 ppm B en las hojas, mientras que los niveles normales están por encima de 15 ppm B.

Para corregir las deficiencias de Zn y B se recomienda la aplicación al suelo de 5-10 Kg/ha de Zn como sulfato de zinc y 1 Kg/ha de B como borax incorporado en el suelo al tiempo de la siembra. Si se presenta el problema en el cultivo se recomienda una o mas apli

caciones foliares de 0,5%, sulfato de zinc y 0,25% de Solubor mezclado con un adherente.

Existen parches en el CIAT en los cuales la yuca tiene no solamente problemas de deficiencias de elementos menores, sino también problemas de exceso de sales, especialmente Na. En estos parches la yuca toma un color amarillo uniforme (parecido a la deficiencia de Fe). Las plantas no crecen, y las hojas contienen más que del 10% de cenizas, indicando absorción excesiva de sales. Este problema de salinidad no se ha podido resolver con aplicaciones de elementos menores. En este caso es recomendable aplicar yeso ó azufre y lavar el suelo durante uno ó mas semestres con agua de buena calidad. El uso de caballones y labranza mínima reduce la compactación y aumenta el drenaje en el suelo; así, se reduce el problema de exceso de humedad que muchas veces es asociado al problema de salinidad.

Resumen

La yuca es muy tolerante a la acidez del suelo, pero sí responde a aplicaciones pequeñas de cal en suelos muy ácidos. En suelos alcalinos ó en suelos ácidos sobre-encalados, la yuca puede sufrir de deficiencia de elementos menores y posiblemente de K.

Parece que la yuca es muy exigente en cuanto al suministro de Zn.

Rangos normales de concentraciones de elementos menores en las hojas jóvenes son aproximadamente de 20-40 ppm Zn, 8-15 ppm Cu, 15-40 ppm B, 100-200 ppm Fe, 50-150 ppm Mn.

References

1.- COURS, G. Le manioc (Cassava). In Recherche Agronomique de Madagascar. Inspection Generales des Services Agricoles.

Compte rendu no. 2:78-88. 1953. Fr. 3 Refs.

2.- COURS, G., FRITZ, J. and RAMAHADIMBY, G. El diagnóstico felo dermico de la mandioca. (Phellodermic diagnosis of the nu tritional status of cassava). Fertilité No. 12: 3-20. 1961. Span. Illus.

3.- DULONG, R. Le manioc a Madagascar (Manioc in Madagascar). Agronomie Tropicale. 26 (8) : 791-829, 1971. French., Ingl., Span., 41 Bibl., Illus.

4.- KROCHMAL, ARNOLD and GEORGE SAMUELS. Deficiency symptoms in nutrient pot experiments with cassava. Ceiba. 14:1-9, 1968. Engl., Sum.Engl., Span. 11 Bibl., Illus.

5.- MANDAL, R. C., SINGH, K.D. and MAGOON, M.L. Relative effica cy of different sources, levels and split application of ni trogen in tapioca. Indian Journal of Agronomy 16 (4) : 449-452. 1971.
Engl., Sum. Engl. 4 Refs.

6.- NIJHOLT, J.A. 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. 1935. 25 P. Dutch., Sum. Engl. 13 Refs. Illus.

7.- ORIOLI, G.A. et al. 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.

Span., Sum. Span., Engl. 2 Refs. Illus.

8.- SAMUELS, G. The influence of fertilizer levels and sources on cassava production on a lares clay in Puerto Rico. In Annual Meeting C.F.C.S., 7 th, Martinique, Guadeloupe.1969 Proceeding. 1970 pp.33-36. Engl., Sum. Eng., Fr.

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 en estos paquetes 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

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

de su desarrollo (Kasasian y Seeyave, 1969). Si se mantienen los cultivos libres de malezas durante este período, se obtienen rendimientos máximos. Para determinar la época crítica en yuca se realizó un estudio en el cual se incluyeron desyerbas manuales, con diferentes épocas y frecuencias Se sembró la variedad CMC-39 en caballones a una densidad de 10.000 plantas/ha en un lote donde las malezas principales fueron: Cyperus rotundus (coquito), Rottboellia exaltata (caminadora), Sorghum halepense (pasto Johnson) e Ipomoea spp. (batatilla).

Los resultados (Cuadro 1) indican que se deben comenzar las labores de control de malezas entre los 15 y 30 días después de la siembra y continuarlas hasta 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 pobla

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.

ciones 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 creci

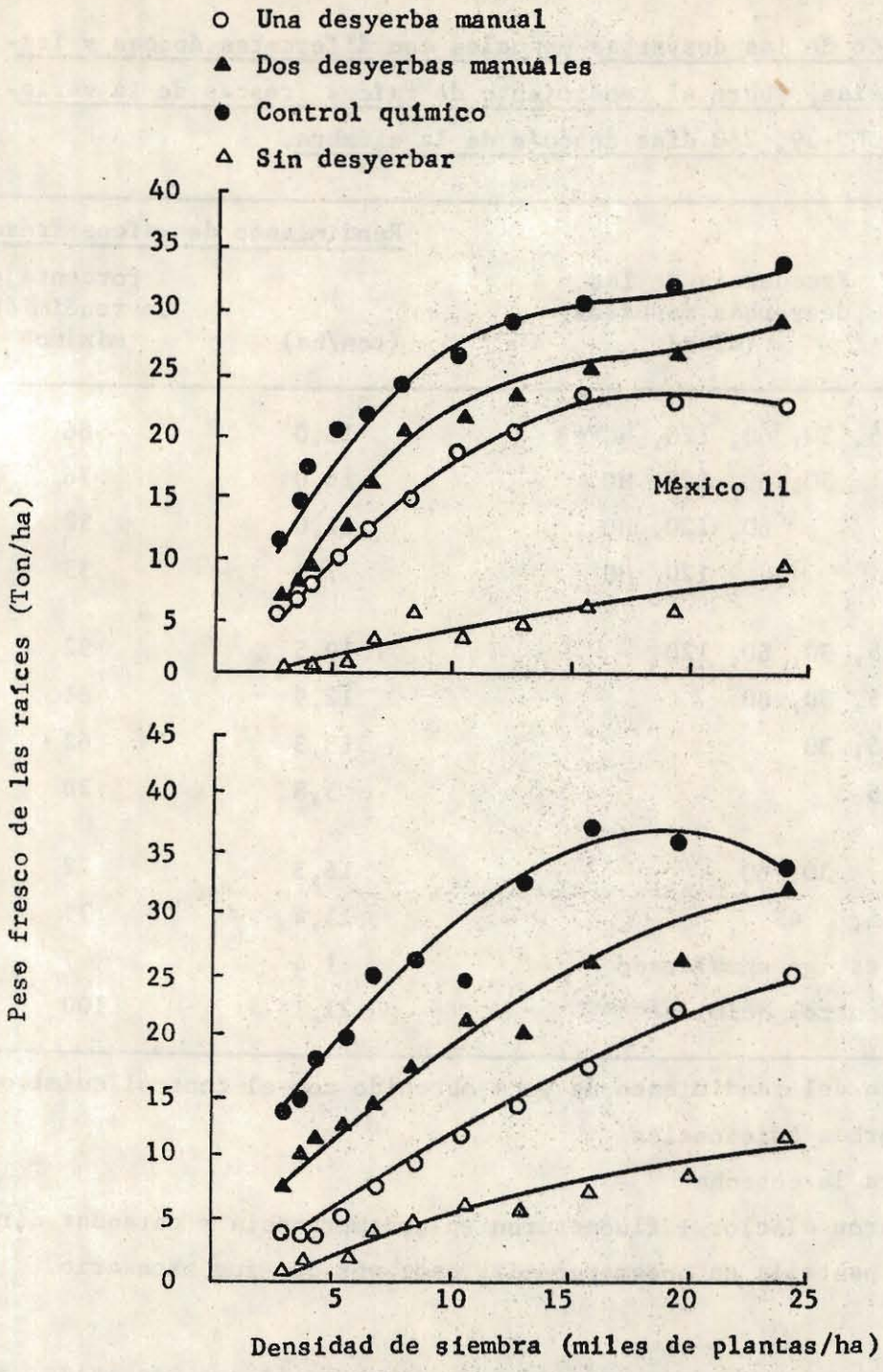


FIGURA 1. Efecto de la densidad de siembra de la yuca y del sistema de control de malezas sobre el peso fresco de las raíces de las variedades CMC-9 y México 11, a los 10 meses de sembradas.

miento 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.

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 redomendada, 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 aun 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 incorpodados: butilate, EPTC y trifluralina. De cada producto se aplicó e incorporó la dosis recomendada y la doble de ésta. La mitad de cada parcela se sembó 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 mas 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.

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
Trifluralina (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

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 desyerbada a mano. Los productos no selectivos con este método de aplicación fueron amitrol, bentazon, paraquat, dalapon, MSMA, glifosato y DNBP. Sin embargo, la aplicación dirigida con los mismos productos, aumentó su selectividad; por ejemplo diuron, dalapon y MSMA aplicados a la mitad inferior de la planta no disminuyeron los rendimientos, pero paraquat y glifosato presentaron bastante daño, sobre todo en plantas jóvenes (40 a 65 días después de sembradas). Por lo tanto, solamente se recomiendan estos productos con el uso de pantalla protectora evitando todo contacto con la planta.

Recomendaciones

Con base en lo anterior y en otros experimentos a continuación se presentan las recomendaciones para el control químico de las malezas en yuca (Cuadro 4). En cada caso se ha tomado en cuenta la efectividad, selectividad, disponibilidad y el costo del producto. Como previamente se ha indicado, casi siempre el control químico es insuficiente hasta que el follaje haya cerrado; por lo tanto se debe estar pendiente del momento oportuno para complementar el control con desyerbas posteriores.

Control integrado

Para desarrollar un programa efectivo de control de malezas a nivel de finca no es suficiente conocer los herbicidas selectivos, ni conside

CUADRO 4. Recomendaciones para el control químico de malezas en el cultivo de la yuca.

Herbicida[1]	Dosis (Prod.com./ha)[2]	Epoca de aplicación	Observaciones
Fluometuron (Cotoran)	4-5 kg	PRE[3]	La mayoría de las malezas anuales
Diuron (Karmex)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
Alaclor (Lazo)	4-6 lts	PRE	Excelente para gramíneas
Linuron (Afalon o Lorox)	2-3 kg	PRE	La mayoría de las malezas anuales
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 dosis más baja es para suelos livianos y la alta para suelos pesados

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

4 PSI = presiembra incorporado; la formación de caballones después de la incorporación puede reducir el control de malezas

5 POS = posemergencia; se debe agregar un surfactante.

rar la yuca como un cultivo de ciclo corto tal como el maíz y la soya. Esto se debe a que el lento crecimiento inicial de la yuca permite el desarrollo vigoroso de las malezas y a que los herbicidas preemergentes en general sólo las controlan por un período máximo de 60 días, en el cual el follaje de la yuca todavía no ha cerrado. Dada esta situación, se estudiaron sistemas de integración: a) herbicidas preemergentes y posemergentes, b) preemergentes y luego desyerbas a mano y c) posemergentes seguidos por desyerbas. Estos métodos fueron comparados con el sistema tradicional de tres desyerbas manuales.

Se encontró que tres desyerbas realizadas oportunamente dieron el mejor rendimiento (31 ton/ha a los 10 meses) seguido por el uso de diuron aplicado en preemergencia mas una desyerba manual (27 ton/ha). Los rendimientos mas bajos se presentaron cuando a la aplicación de un herbicida preemergente no se adicionó ningún sistema de control, lo cual hace evidente la necesidad de integrar el uso de productos químicos con medidas complementarias.

La desyerba manual posterior a la aplicación preemergente debería hacerse dos o tres semanas antes del cierre del follaje (60 a 75 días después de la siembra en las condiciones de Palmira), pero si la infestación de malezas se presenta antes de esta época, se debe desyerbar cada vez que sea necesario para eliminar la competencia.

Bibliografía

1. CONTROL DE malezas. In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 1972. Cali, Colombia, 1973. pp. 75-80.

2._____ In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 1973. Cali, Colombia, 1974. pp. 117-124.

3. KASASIAN, L. y SEEYAVE, J. Critical periods for weed competition. Pans 15:208-212. 1969.

ENSAYO DEMOSTRATIVO DE HERBICIDAS EN YUCA

(CURSO INTENSIVO, OCTUBRE DE 1976)

J. Doll *

A. Metodología

1. 60 días antes de la demostración (agosto 16 al 20) se sembrará yuca en camas de 1 m a una población de 10.000 cangres/ha (1 m x 1m).

2. las parcelas serán de 8 x 10 m, sin repeticiones, en dos franjas.

3. se sembrarán semillas de las malezas, bledo, guardarrocío y pata de gallina en toda el área.

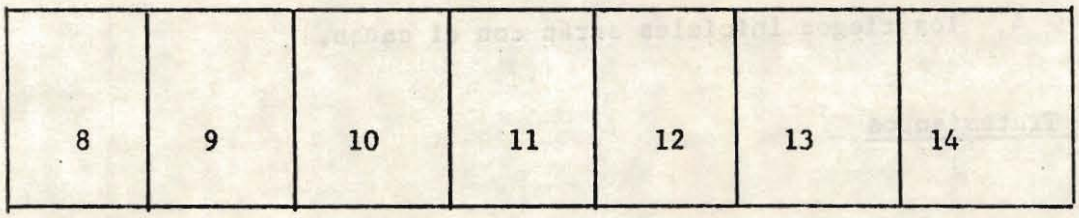
4. los riegos iniciales serán con el cañon.

B. Tratamientos

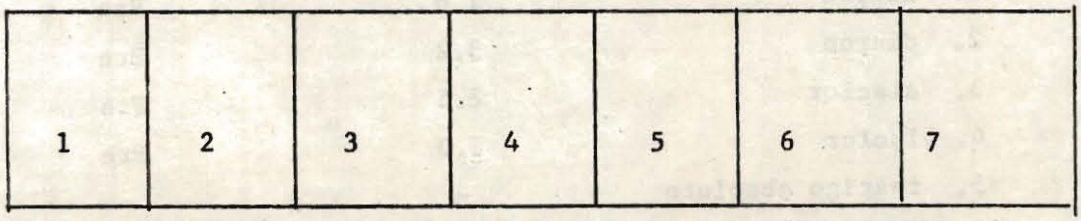
	Herbicida	Dosis (kgia/ha)	Epoca
1.	diuron	1.6	Pre
2.	diuron	3.2	Pre
3.	alaclor	2.5	Pre
4.	alaclor	5.0	Pre
5.	testigo absoluto	-	-
6.	fluometuron	2.5	Pre
7.	fluometuron	5.0	Pre
8.	diuron + alaclor	1.0 + 1.5	Pre
9.	fluometuron + alaclor	1.5 + 1.5	Pre
10.	testigo mecánico	-	-
11.	trifluralina	1.5	PSI

* Especialista en control de malezas

Herbicida	Dosis (kgia/ha)	Epoca
12. atrazina	2.0	Pre
13. atrazina	4.0	Pre
14. paraquat + diuron	0.5 + 1.2	Post dirig.



1300 m^2
en total



ENSAYOS DEMOSTRATIVOS DE APLICACIONES POST-EMERGENTES EN YUCA

(hechas por los participantes)

J. Doll *

A. Metodología

1. 60 días antes de la aplicación (agosto 16 al 20) se sembrará yuca en camas de 1 m a una población de 20.000 cangres/ha (1m x 50 cm).

2. las parcelas serán de 5 m de ancho por 6 m de largo y habrán tres repeticiones

3. no será necesario sembrar malezas.

B. Tratamientos

Herbicida	Dosis (kgia ha ó %)	Forma de aplicación
1. paraquat	0.5	50%
2. paraquat	0.5	total
3. diuron	1.6 kg - 1%	50%
4. diuron	1.6 kg - 1%	total
5. glifosato	1.0	50%
6. glifosato	1.0	total
7. testigo	-	-
8. 2,4-D	0.5	50%
9. picloram + 2,4-D	0.5	50%
10. dalapon	8 kg - 3%	50%

* Especialista en control de malezas

Las aplicaciones se harán con las siguientes aspersoras:

Replicación	Aspersora
I	AZ
II	Espalda con TK-5
III	Espalda con TK-5 en base de porcentaje

Después de aplicar tres tratamientos se rotarán los grupos de una repetición a otra.

PREPARACION DE TIERRAS

Alfonso Díaz D.*

I.- Preparación de tierras

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 al 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.

---

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

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.

c.- Permitir la circulación del aire en el suelo.

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

e.- Destruir malezas, insectos, así como sus huevos y larvas.

f.- Favorecer el crecimiento 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 volúmen 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.

II.- Operaciones para la preparación 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, suavizadoras 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 incluir eliminación de vegetación arbórea, destronque, picada de materiales menores como malezas y ramas, picada de raíces y limpieza de rocas y piedras. El aparato mas 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 (rastro-arados) 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 esta condicionada por el suelo mismo, siendo de menor profundidad en suelos sueltos. Otros factores que condicionan la 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 vol tean con la vertedera. Hay diferentes tipos de vertederas, cuyos usos dependen del tipo de suelo.

b. Arados de discos: Estos surgieron para disminuir la fuerza de tracción necesaria para los de vertederas, ya que al girar los discos dismuyen 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 to mafuerzas 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 disminuir los pasos de equipos por el terreno que está en preparación. Son también muy recomendados para la bor de acabado cuando se requiere una superficie de materiales muy finos.

d. Arados de cincel: Compuestos por un conjunto de cuchillas rígidas o fle xibles 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. Su 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 púas: 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 estos. Los mayores son denominados rastro-arados y prestan 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. Estan 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. Cónsiste 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 microrrelieve, y en este caso se respetan las pendientes naturales, empa

rejando la superficie.

III.- Sistemas de preparación 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.

IV.- Preparación 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 riesgo 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 surcadoras, que dejen caballones a un me

tro de distancia.

2.- Aranda 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 caballon 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 fectuará 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 mas 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 fue sembrada en plano.

PREPARACION DE TIERRAS PARA SIEMBRA DE 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) (2300 m^2)
Arado de discos	1	1.00
Rastra de dientes flexibles	1	0.20
Conformador de 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) (2300 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) (2300 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) (2300 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

Bibliografía consultada

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.

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 ó "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 comer

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

cial. 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 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 un látex 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 relacionado 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 rapidamente 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 un 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 ventajas 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 agri-

cultores 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 utilizar 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 esté 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 están listas para ser sembradas.

Bibliografia

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 Agronomía, 1969. 7 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.

SISTEMA RAPIDO DE PROPAGACION DE YUCA[1]

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; sin embargo, 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.

---

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.

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 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 folmol).

Metodología

Producción de retoños

Si el suelo de la cámara de propagación es de baja fertilidad, se debe

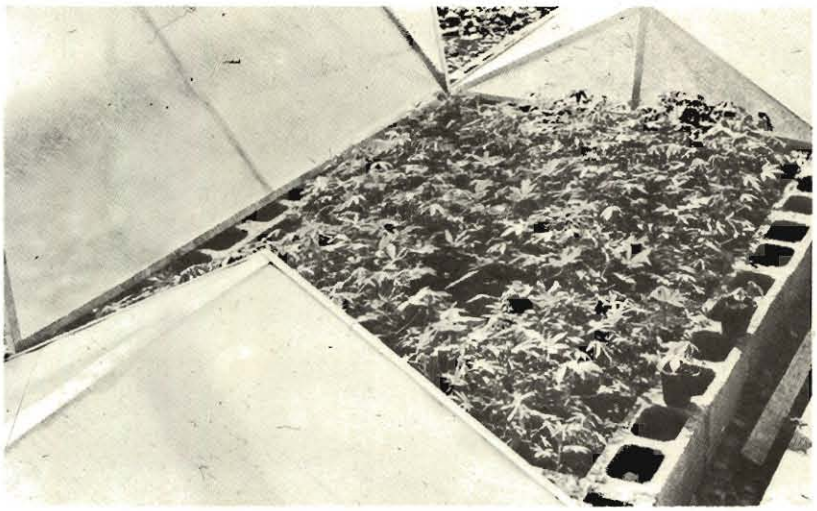


Figura 1. **Cámara de propagación en que se aprecia gran cantidad de retoños listos para cortar.**

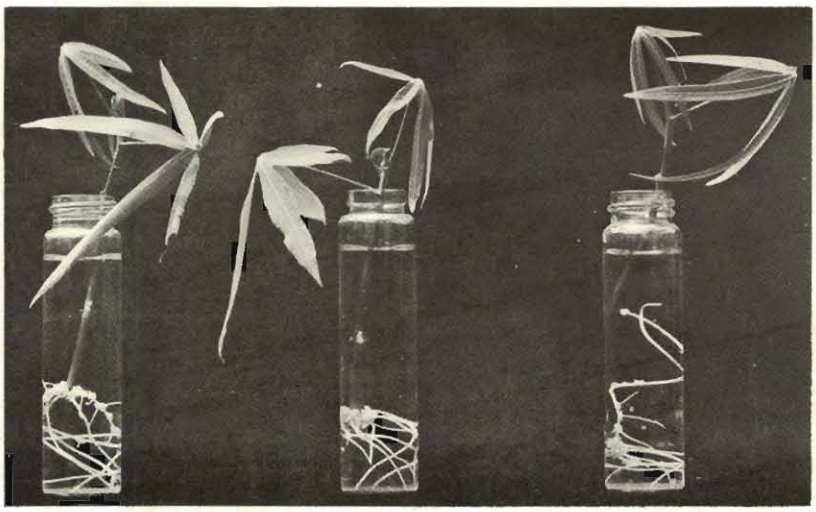


Figura 2. **Retoños enraizados en agua, los cuales han pasado el momento de ser sembrados.**



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



Figura 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.**

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 huecos 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 de la hoja más



Figura 5. **Retoño enraizado, listo para sembrar.**

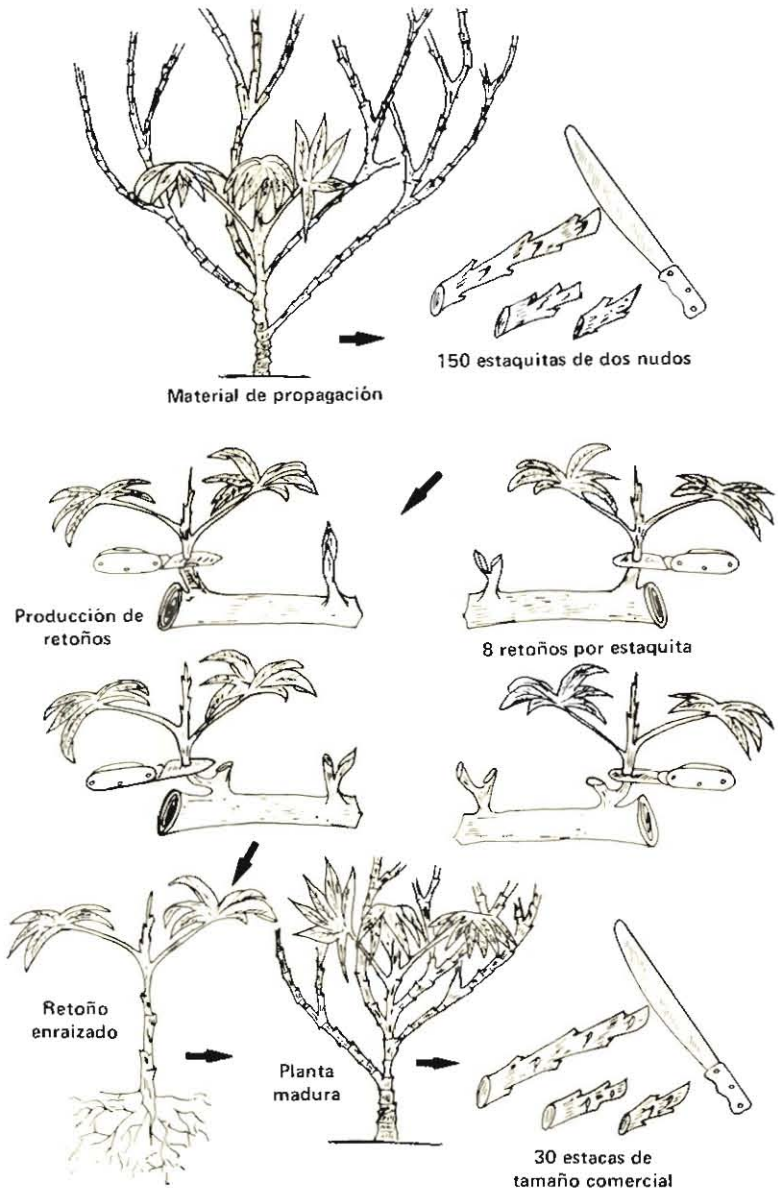


Figura 6. Sistema de propagación rápida.

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 da 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 (30 x 30) = 900 estacas de tamaño comercial en un año	150 estaquitas de dos nudos en 4 meses (150 x 8) = 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*.

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 siembra 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

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

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 peligro 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.

OTRAS PUBLICACIONES DEL CIAT SOBRE YUCA

DS-5 Enfermedades de la yuca (Manihot esculenta Crantz). J. Carlos Lozano y R. H. Booth. 1974.

EE-5 Costs and use of inputs in cassava production in Colombia: a brief description. Rafael O. Díaz. Per Pinstrup-Andersen and Rubén Darío Estrada. 1975.

ES-7 La yuca en alimentación de cerdos. Análisis económico de dos experimentos. Néstor Gutiérrez. 1974

EE-8 Cassava bacterial blight (CBB). J. Carlos Lozano. 1975.

ES-9 Tendencias de la producción mundial y rendimiento de la yuca. 1960-1968. (Available in English). Rafael O. Díaz. 1972.

EE-14 A guide for cassava field trails R.L. Thompson and D.W. Wholey. 1972.

EE-15 Cassava in swine feeding. Jerome H. Maner. 1972.

EE-17 Cassava storage. R. H. Booth. 1975.

FS-1 Programa de sistemas de producción de yuca. 1974.

HE-26 2.000 abstracts on cassava (Manihot esculenta Crantz). v.I. 1975.

PUBLICACIONES RECIENTES DEL CIID

010e Chronic cassava toxixity: proceedings of an interdisciplinary workshop. London, England 29-30 January 1973. Barry Nestel and Reginald MacIntyre, ed. 1973.

020e Cassava utilization and potential markets. Truman P. Phillips. 1974.

031e Cassava processing and storage: proceedings of an interdisciplinary workshop. Pattaya. Thailand. 17-19 April 1974. E.V. Araullo, Barry Nestel and Marilyn Campbell, ed. 1974.

036e Current trends in cassava research. Barry Nestel. 1974.

049e The international exchange and testing of cassava germ plasm: proceedings of an interdisciplinary workshop held at CIAT, Palmira, Colombia. 4-6 February 1975. Barry Nestel and Reginald MacIntyre, ed. 1975.

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 métoco de siembra empleado.

A. Métodos de siembra.

Hay varios métodos, algunos de ellos con muchas variaciones según clima, suelo 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.

---

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

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.

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 con 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).

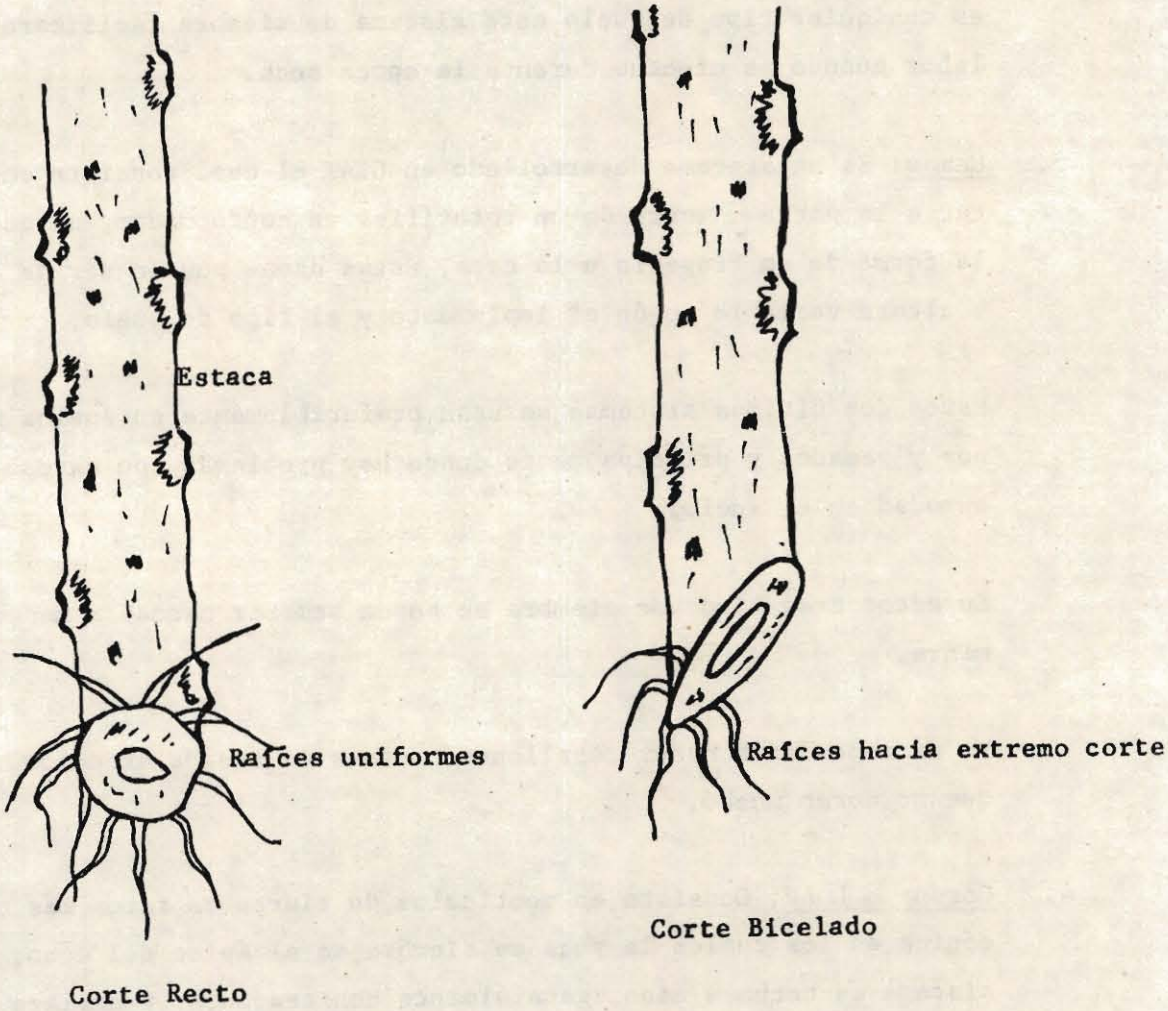


FIGURA 1.

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 o 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.

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 cosiste 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.

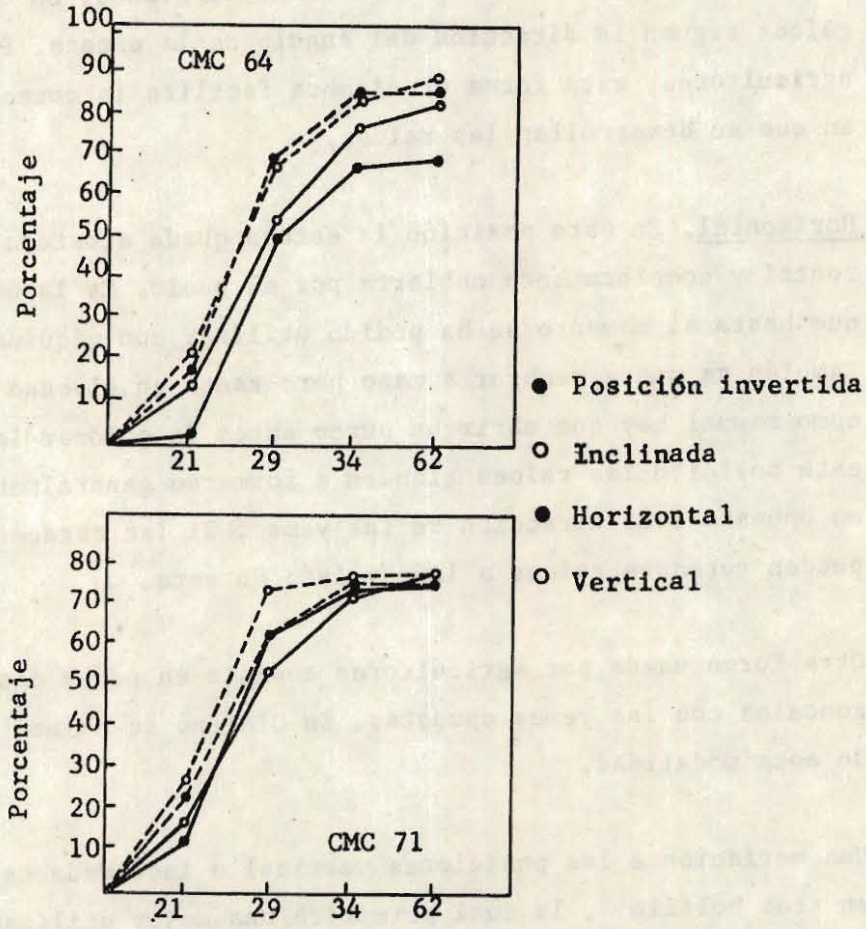


Figura 2. Germinación de cangres de yuca sembrados en cuatro sistemas diferentes. Se usaron los cultivares CMC 64 y CMC 71.

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 sí 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 aldrin (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 fué 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 y 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 malezas.

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.

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 raíces enterradas. Es necesario combinar la vibración

---

* Agrónomo

** Ing. Agrónomo, Asistente de Inv.

*** Ing. Agrónomo, Asistente de Inv.

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.

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 al tallo puede ser un lazo fuerte o una cadena dependiento mucho de la preferencia del agricultor. De esta menera 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 facil de arrancar a mano. Con este sistema se puede redurcir 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 importante 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 validez 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 com-

pleta 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 aclopado con una reja de arado o partidor, cuya vibración reduce la tracción y hace la labor manejable por un tractor mediano o grande, pues 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 húmedo.

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.

Bibliografía

(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.

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, 1.967) 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).

---

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

Tipo de planta versus población

A la luz de los resultados experimentales se puede decir que en el cultivo de la 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 valiosa 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).

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, es

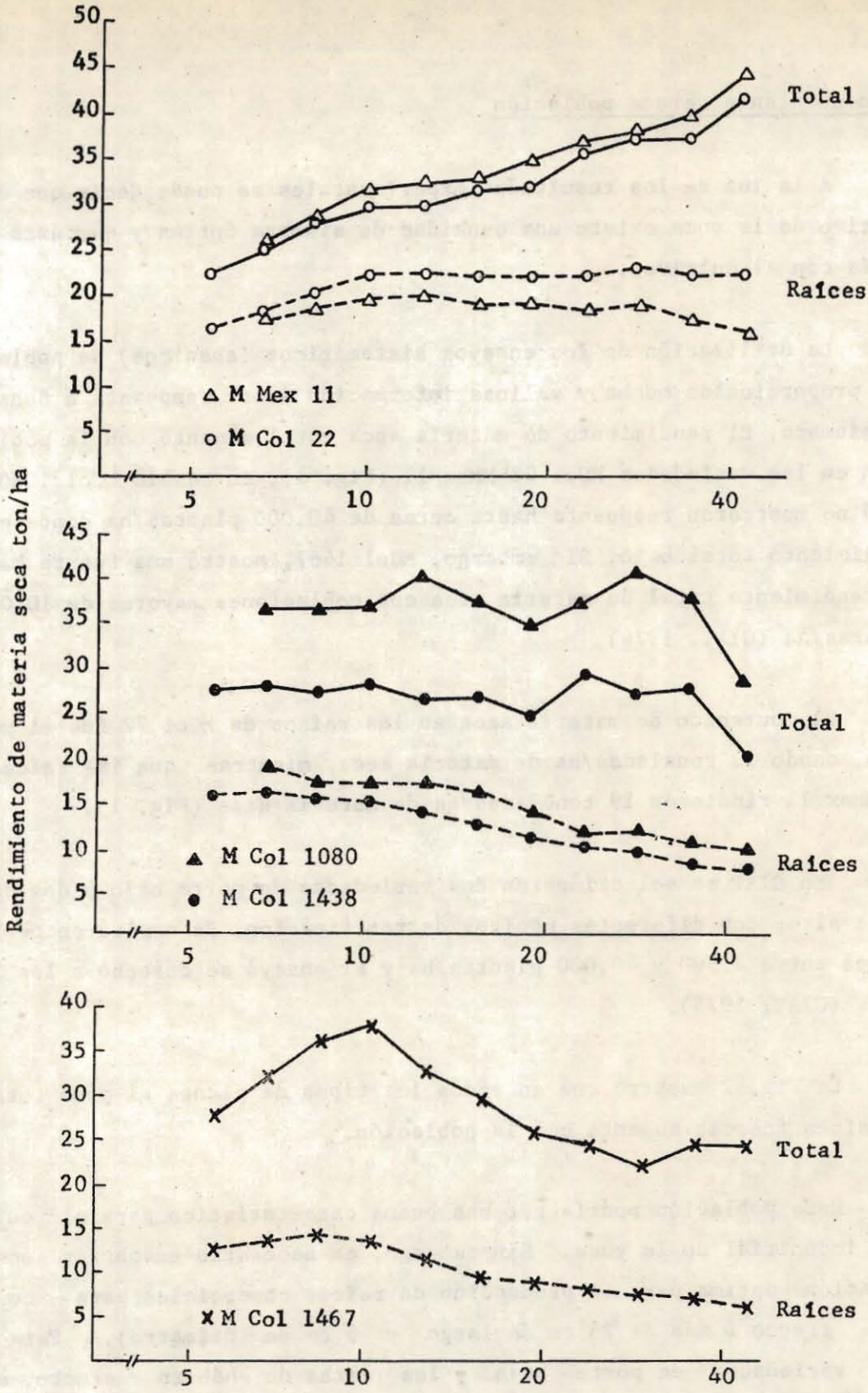


Fig. 1. Materia seca total y en las raíces de cinco variedades de yuca 11 meses después de la siembra.

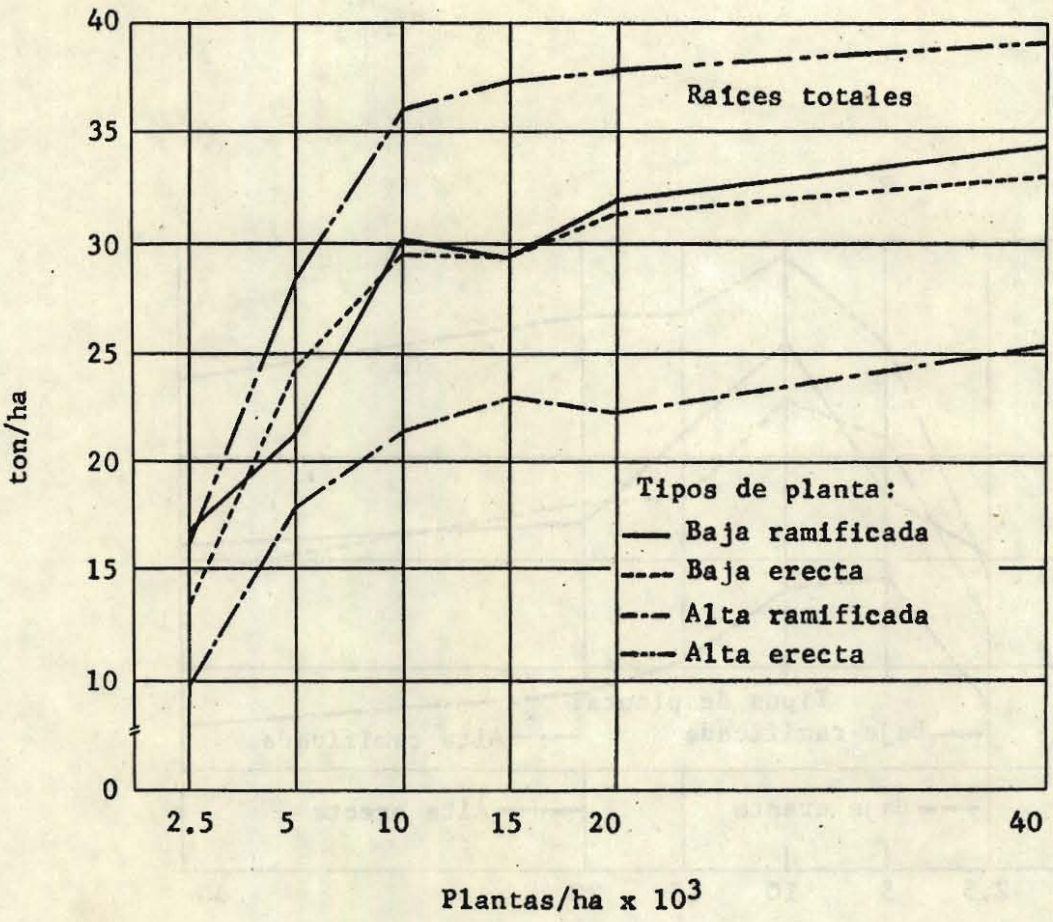


Figura 2. Efecto de la población sobre el rendimiento de peso fresco, del número total de raíces, de cuatro tipos de plantas diferentes.

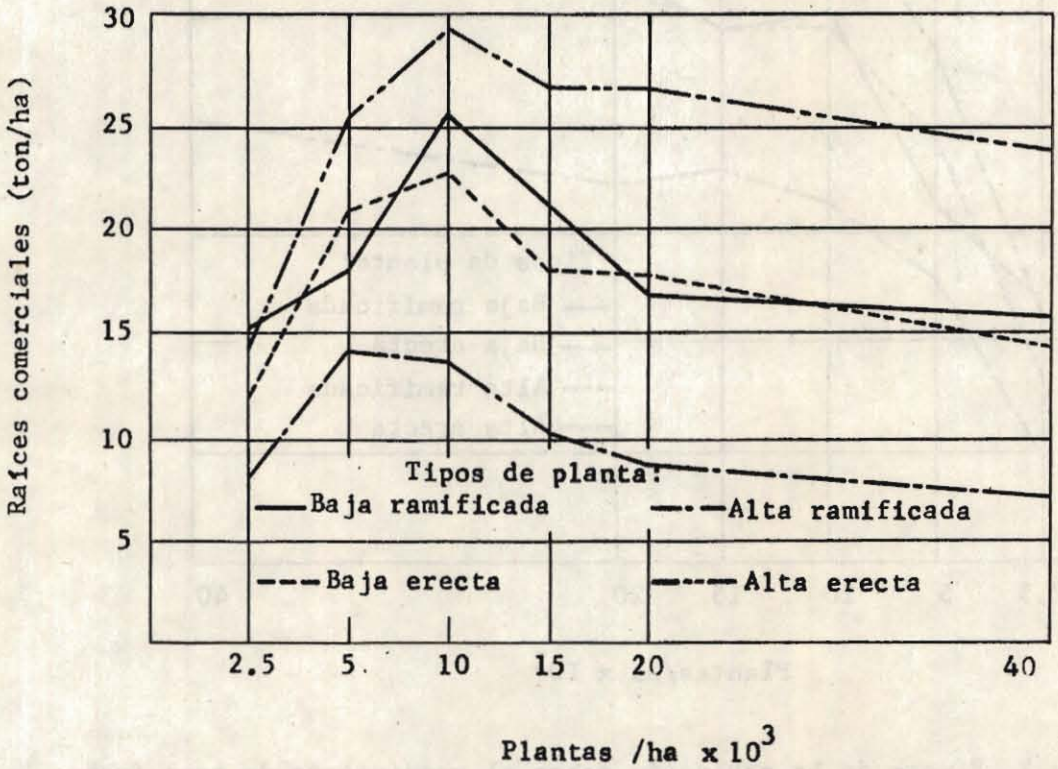


Figura 3. Efecto de la población sobre el rendimiento de peso fresco de las raíces comerciales, de cuatro tipos de plantas diferentes.

ta 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 están 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.

R E F E R E N C I A S

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

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.- _____ 1.975. 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.

ALMACENAMIENTO DE RAICES DE YUCA*

Causas del deterioro que se presenta después de la cosecha de raíces frescas

R. H. Booth**

Es generalmente aceptado que las raíces de yuca no se pueden conservar por mucho tiempo después de cosechadas, debido a su rápido deterioro. Esto ha causado serios problemas en el mercadeo y en la utilización de las raíces, ocasionando pérdidas considerables a los cultivadores. En la mayoría de las zonas yuqueras del mundo, la yuca es cultivada por pequeños agricultures; la forma más frecuente de superar el deterioro posterior a la cosecha se hace dejando las plantas en el suelo hasta que sea necesario y una vez que se cosechan, se utilizan inmediatamente o se procesan las raíces para obtener un producto seco, que tiene una vida de almacenamiento larga.

Una de las ventajas del cultivo de la yuca consiste en poder ser cosechada durante un período largo; se ha estimado (Ingram y Humphries, 1972) que la práctica de dejar las raíces en el suelo hasta que puedan ser utilizadas ocupa innecesariamente una superficie equivalente a tres

---

*Esta investigación fue hecha como parte del trabajo desarrollado en un programa cooperativo establecido entre el Tropical Products Institute y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (TPI/CIAT) sobre almacenamiento de yuca, llevando a cabo en CIAT y financiado básicamente por el Ministry of Overseas Development, de Londres, Inglaterra.

**Científico Visitante (Fitopatólogo) del Programa de Yuca del CIAT; técnico del personal del TPI, 56-62 Grays Inn Road, Londres WC1X8LU, Inglaterra.

cuartos de un millón de hectáreas de terrenos aptos para la agricultura. Desde el punto de vista del agricultor, las pérdidas causadas por agentes patógenos parece que aumentan debido a que las raíces permanecen por mucho tiempo en el suelo; además, las raíces que permanecen en el suelo por mucho tiempo se vuelven fibrosas y paludas, y el contenido de almidón extractable en ellas disminuye. La capacidad de mantener existencias de yuca fresca, aunque sea por pocos días, en una planta de procesamiento, es frecuentemente el factor limitante del desarrollo industrial cuando se ha tratado de aumentar el nivel de producción de diferentes productos secos o procesados. En aquellas áreas en donde la yuca se vende para consumo humano, se registran pérdidas considerables en la cadena del mercadeo, especialmente en regiones distantes de los mercados.

Antes de tratar de almacenar las raíces de yuca, es necesario tener algún conocimiento del proceso de deterioración. En igual forma, al diseñar cualquier método de almacenamiento, se deben tener presentes dos requisitos importantes: 1) que el peso del producto sea lo más parecido al peso original, después del período de almacenamiento, y 2) que la calidad del producto almacenado sea aceptable. Los métodos de almacenamiento que se utilicen para cumplir con estos dos requisitos deben, naturalmente, ser considerados de manera que la inversión hecha produzca las mejores ganancias; lógicamente, es necesario aplicar las técnicas más apropiadas, según las circunstancias que se presenten. En vista de que la mayoría de la yuca producida en el mundo es cultivada por el pequeño agricultor, frecuentemente bajo condiciones económicas y de organización limitada, se debe procurar desarrollar técnicas simples y de bajo costo.

LA DETERIORACION DESPUES DE LA COSECHA

Hay muy poca información sobre la causa de la rápida deterioración de las raíces de yuca después de la cosecha que sugieran métodos adecuados de almacenamiento. Algunos investigadores atribuyen esta deterioración a ataques causados por agentes patógenos; otros, a reacciones fisiológicas o, a una combinación de los dos.

Deterioración primaria y secundaria

Para aclarar esta confusa situación, se han reconocido dos tipos de deterioro que se han designado como deterioración primaria y secundaria (Informes Anuales del CIAT 1972 y 1973; Booth, 1973). La deterioración primaria aparece después de la cosecha de las raíces; causa decoloración interna en la raíz, lo que es generalmente la causa inicial de la poca aceptabilidad del producto cosechado. Este daño se manifiesta primero por la presencia de estrías negro/azulosas en el sistema vascular; posteriormente, la decoloración interna es total, y al final toma una tonalidad café. La deterioración secundaria es causada por agentes patógenos, que inducen fermentación y/o ablandamiento de las raíces; generalmente ocurre más tarde, cuando ya las raíces son inaceptables en el mercado, debido a la deterioración primaria. Sin embargo, en algunos casos la deterioración secundaria puede ser la causa inicial de la pérdida de aceptabilidad; cuando esto sucede, frecuentemente el estriamiento vascular y la decoloración de los demás tejidos radicales pueden ser casi simultáneos.

Las investigaciones realizadas en el CIAT confirman lo registrado por Averre (1967) en el sentido de que existe cierta relación entre la aparición de las estrías vasculares (deterioración primaria) con los sitios en donde ocurren daños mecánicos. Si al cosechar se seleccionan sólo raíces sanas o ligeramente dañadas, éstas permaneceran sin deteriorarse por un tiempo considerablemente más largo que aquellas que se encuentran severamente dañadas.

Daños mecánicos

Como en el caso del almacenamiento de todo producto agrícola, la condición en que se encuentre el producto en el momento de almacenarse es uno de los factores más importantes para el éxito o el fracaso del almacenamiento. Por tal razón, se deben reducir los daños cuando se esté cosechando o manipulando el material que se va a almacenar y, si es posible, seleccionar solamente aquellas raíces que presenten el mínimo daña

do; se ha comprobado que las raíces muy dañadas se deterioran más rápidamente (Booth, 1975)*.

Reacción varietal y selección

Montaldo (1973), observó que las variedades difieren considerablemente en la rata de deterioración primaria, tal observación ha sido confirmada al evaluar los cultivares de la colección del germoplasma del CIAT. En este material se observó que el tiempo de iniciación de la deterioración varía entre 0 y 7 días, dependiendo del cultivar. Igualmente, algunos cultivares son más fáciles de cosechar que otros. Así, las diferencias en la rata de deterioración primaria pueden ser debidas: 1) a diferencias en niveles de daños mecánicos, ocasionados durante la cosecha o manipuleo; y 2) a un carácter propio del cultivar o de la variedad. Estos dos factores se deben tener presente en la selección y el manejo de los cultivares, respecto a almacenamiento; si hubiera oportunidad de seleccionar la variedad, se debe escoger aquella que se deteriore con menos rapidez y que pueda ser cosechada y manejada con el mínimo daño posible.

Curado

Como sucede con otras raíces y tubérculos, las raíces de yuca pueden ser curadas en un proceso en el cual las heridas sanen y así sea posible prevenir la iniciación de la deterioración primaria (Booth, 1974; Booth and Coursey, 1974; Informe Anual del CIAT, 1974). Esta técnica se ha utilizado ampliamente con papa, camote y otros tubérculos y raíces; se basa en el hecho de que a temperaturas y humedades relativamente altas las heridas sanan rápidamente, limitándose la subsecuente deterioración. El proceso fisiológico e histológico del curamiento es ya conocido: algunas hileras de células exteriores próximas a las heridas, se suberizan. Posteriormente, algunas células parenquimatosas profundas forman un meriste

*Información sin publicar.

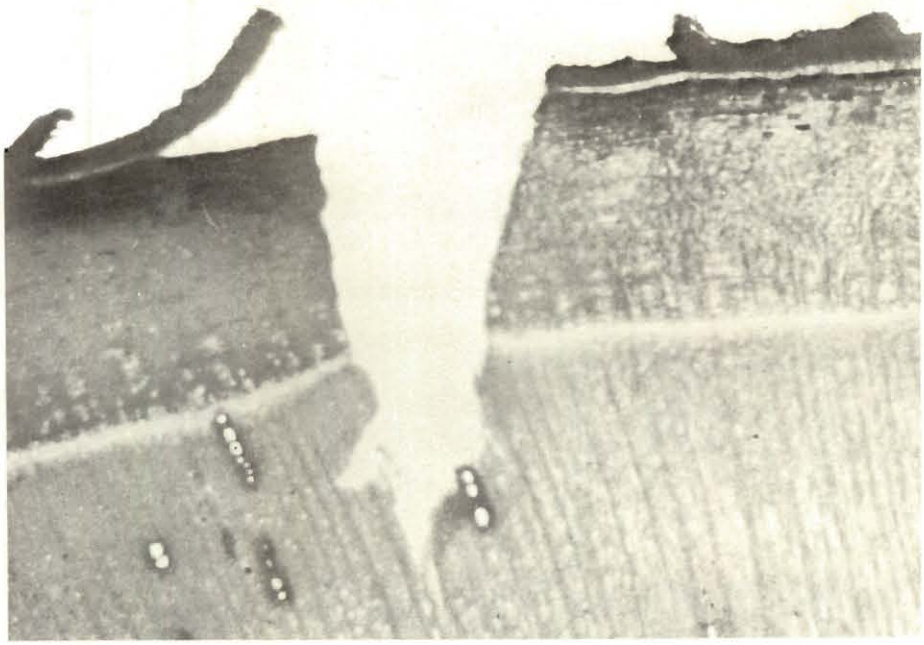


Figura 1. Curado y sanado de las heridas en raíces de yuca: corte en una herida fresca.

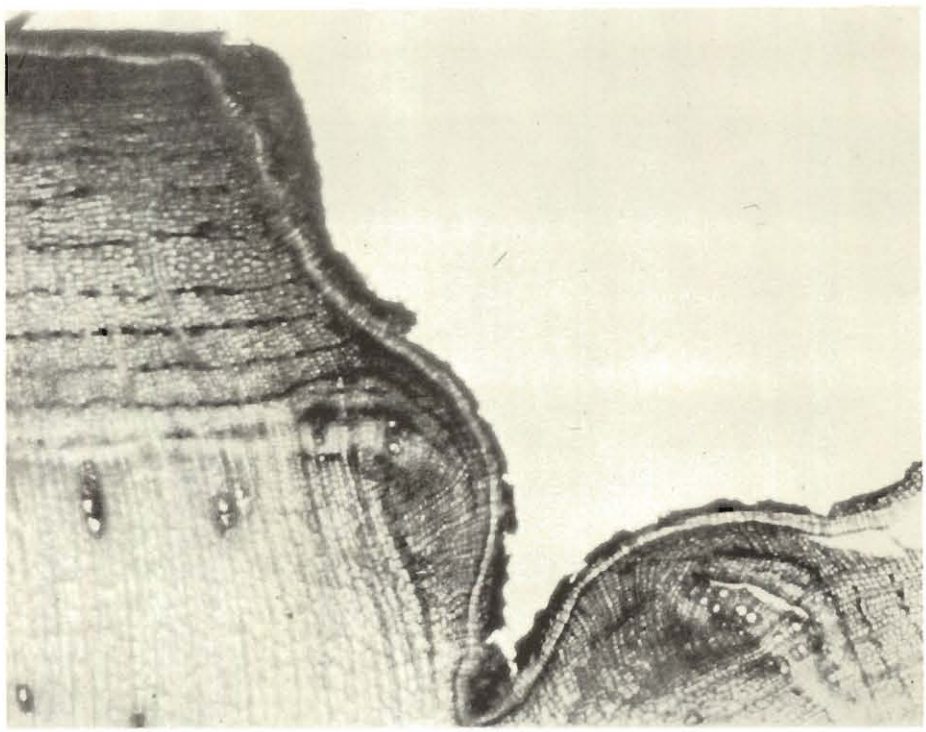


Figura 2. Curado y sanado de las heridas en raíces de yuca: corte en una herida curada mostrando nuevo meristema

ma el cual, por multiplicación, forma una nueva hilera de corcho. Se ha observado que un proceso similar ocurre en las heridas de las raíces de yuca: la suberización ocurre rápidamente entre el primero y el cuarto día, a una humedad relativa que puede ser de 80-85 por ciento y a una temperatura entre 25 y 40°C; el nuevo meristema se forma después de 3 o 5 días (Fig. 1). A temperaturas superiores a 40°C por lo general la deterioración primaria ocurre antes de que sanen las heridas.

El curado de las raíces de yuca previene la iniciación de la deterioración primaria y reduce las pérdidas por la deterioración secundaria, formando una barrera que detiene la invasión de patógenos por tales heridas. Las raíces curadas pierden agua con menor rapidez que las raíces frescas recien cosechadas.

METODOS DE ALMACENAMIENTO

Se han registrado algunos métodos de almacenamiento de raíces de yuca fresca con éxito relativo, utilizando sistemas generalmente costosos; tales son: refrigeración o parafinado (Singh y Mathur, 1953; IITA, 1973). Tales técnicas no se pueden aplicar ampliamente, si se tiene en cuenta las condiciones en las cuales se produce la mayor parte de la yuca del mundo. Igualmente, se sabe que pequeñas cantidades de raíces de yuca se pueden almacenar por varios días mediante técnicas simples, tales como reenterrándolas, cubriéndolas con barro o sumergiéndolas en agua. Igualmente, la información sobre el almacenamiento de cantidades grandes de raíces, utilizando técnicas simples, como por ejemplo, enterrándolas en zanjas o bien, cubriéndolas con tierra y paja dentro de algún tipo de estructura (Ingram y Humphries, 1972), es muy limitada.

Es posible que el éxito obtenido usando estos sistemas de almacenamiento se debió a que las raíces se colocaron bajo condiciones físicas conducentes al curado. Se sabe que, en el caso de otras raíces y tubérculos, las condiciones requeridas para un rápido curado no son las óptimas para un almacenamiento posterior. Quizás, esto también ocurra en la

yuca y, por lo tanto, lo ideal sería dividir el período de almacenamiento en dos etapas diferentes: curado y almacenamiento propiamente dicho.

No obstante, cuando se requiere utilizar técnicas sencillas de almacenamiento, frecuentemente será necesario adoptar una solución que incluya tanto el curado como el almacenamiento, pero que el producto utilizable, después del tiempo de almacenamiento requerido, sea aceptable. Ensayos preliminares han indicado que, con respecto a la yuca, el curado y el almacenamiento de las raíces pueden hacerse eficientemente utilizando silos sencillos construídos en el campo o bien, empacando las raíces en cajas con un material humedecido (Booth y Coursey, 1974).

Almacenamiento en silos de campo

Experimentos de campo utilizando estructuras similares a los silos para almacenamiento de papa que se usan en algunos países europeos (Fig. 2), han demostrado que las raíces de yuca pueden ser curadas (Fig. 3) y almacenadas (Fig. 4) por períodos de uno a tres meses, dependiendo del diseño del silo y de las condiciones ambientales predominantes.

El diseño básico de estos silos es el siguiente: un lecho circular hecho de paja de aproximadamente 1,5 m de diámetro y de un espesor suficiente para que, después de compactado tenga aproximadamente 15,0 cm de espesor; se pueda colocar en un terreno seco y nivelado. Dentro de este lecho protector se amontonan las raíces frescas formando una pila cónica. En ensayos hechos en el CIAT, se utilizaron entre 300 y 500 kilos de raíces sin seleccionar por silo; bajo las condiciones en las que se hizo el ensayo, esta cantidad representó aproximadamente el equivalente a un día de trabajo de un hombre cosechando raíces. La pila de raíces se cubre con una capa similar de paja; todo el silo se tapa con tierra hasta lograr un espesor de 15 cm; la tierra debe ser sacada del rededor del silo para que, de este modo, se forme una zanja de drenaje (Fig. 3).

Si fuera necesario almacenar más de 500 kilos por día, se pueden



Figura 3. Silo para almacenamiento de yuca.

construir varios silos similares o alargados, en vez de circulares. No se recomienda que las raíces sean amontonadas en pilas muy altas, ya que son difíciles de construir y con problemas de control de temperatura interna. Si no es fácil conseguir paja, se pueden utilizar otros materiales tales como hierba seca, hojas secas de caña, etc.

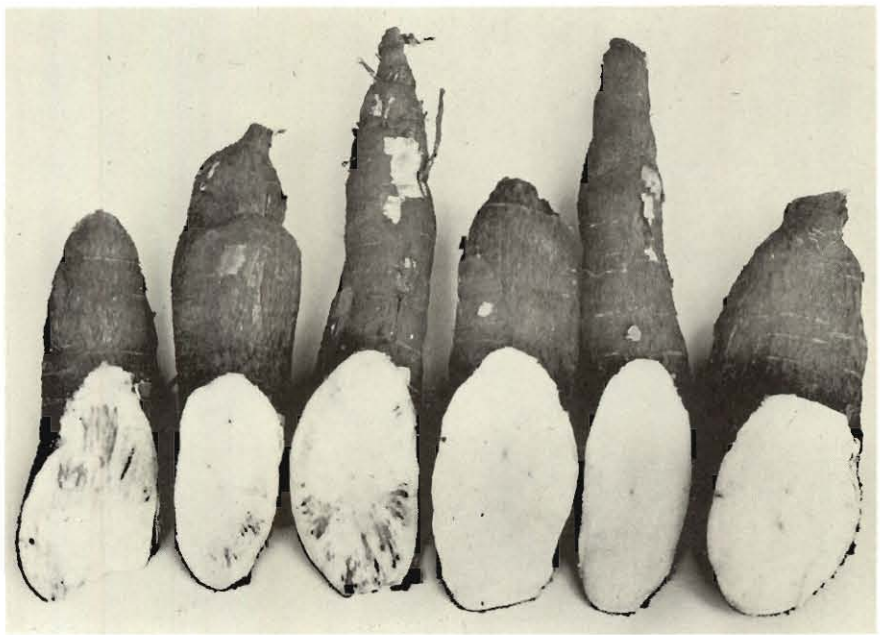
Los resultados obtenidos con este tipo de almacenamiento son variables; en períodos frescos y húmedos, los resultados son frecuentemente satisfactorios pero, durante los períodos secos y calientes, por lo general se pierde casi todo el producto después de un mes de almacenamiento. Durante estos períodos, la temperatura interna de los silos puede subir rápidamente y mantenerse a más de 40°C.

Se han hecho modificaciones a esta estructura básica, las cuales pueden mantener una temperatura interna del silo inferior a 40°C; esto permite un buen curado y almacenamiento de las raíces por un período de uno o dos meses. Estas modificaciones comprenden: 1) variaciones en el espesor de las capas de paja y de tierra (una capa más gruesa de tierra generalmente reduce la temperatura interna); 2) proveer bocas de entrada y de salida, para estimular el flujo del aire. (Fig. 5). Estas bocas se pueden construir con paja, guadua, tubos de drenaje o bien, con trozos de madera que se consigan en la finca (Fig. 5). Cuando se usen bocas de ventilación en la base del silo, se deben tomar precausiones para evitar la entrada de ratas, ratones y otros animales dañinos. Esto puede hacerse colocando mallas en las entradas. Si se decide utilizar sustancias venenosas cuando hay productos alimenticios en las cercanías, se debe poner sumo cuidado en el manejo y colocación de tales sustancias.

En el CIAT, usando estas estructuras modificadas, durante todo el año se han obtenido resultados consistentes y aceptables: un 75 por ciento del peso inicial o un 85-90 por ciento del peso final de las raíces permanecen comerciales después de un mes de almacenamiento, usando raíces sin seleccionar. Solo ocurren pérdidas adicionales, después del segundo y del tercer mes de almacenamiento.



Figura 4. Raíz de yuca curada después de cuatro semanas de almacenamiento en un silo.



Deterioración primaria **Sanas**

Figura 5. Raíces de yuca que no muestran deterioro después de ocho semanas de almacenamiento en un silo, comparadas con raíces que presentan síntomas de deterioración primaria después de tres días bajo condiciones ambientales.

Si se desea almacenar raíces de yuca en silos durante épocas lluviosas, se deben tomar precauciones para evitar el humedecimiento de las raíces. Si se mojan, las raíces se pudren rápidamente. Por tal razón, raíces mojadas no deben ser usadas para almacenamiento, aun cuando hayan sido secadas al sol; aun así, se deterioran rápidamente. Por otro lado, las lloviznas frecuentes pero ligeras que ocurran después de la construcción de los silos, son ventajosas ya que al humedecer las capas de tierra bajan la temperatura interna. En efecto, si hay agua disponible, durante los períodos secos se debe procurar el humedecimiento de la capa de tierra. Las pérdidas que ucurren durante el almacenamiento en silos son debidas generalmente a deterioración secundaria y ésta, a su vez, se debe a la invasión de organismos patógenos que penetran por las heridas antes del curado de las raíces. Así, para estimular el curado y reducir la invasión de patógenos y su penetración por las heridas, es importante evitar que la temperatura interna del silo llegue a 40°C. Es posible obtener mejores resultados si se evitan los daños en la cosecha y manipuleo; si se seleccionan solamente aquellas raíces que estén en buenas condiciones, se tendrá un mayor éxito en el almacenamiento. Bajo ciertas condiciones, se pueden curar y almacenar, por períodos variables de tiempo, raíces no seleccionadas que en conjunto presenten un buen aspecto.

Para lograr el mejor diseño y localización de los silos se sugiere que, antes de tomar decisiones específicas sobre el almacenamiento, se hagan algunos ensayos simples utilizando los materiales disponibles en la región y durante las estaciones en que se requiera hacer el almacenamiento. Los diseños y localización de los silos deberán guardar relación con las épocas del año.

Almacenamiento en cajas

En algunas áreas en las cuales se cultiva yuca en el sur de los Estados Unidos, se ha utilizado a escala comercial el almacenamiento a la temperatura ambiente en aserrín mojado. Esta práctica fue inefectiva para la prevención del estriado vascular, causando una severa pudrición (Ave

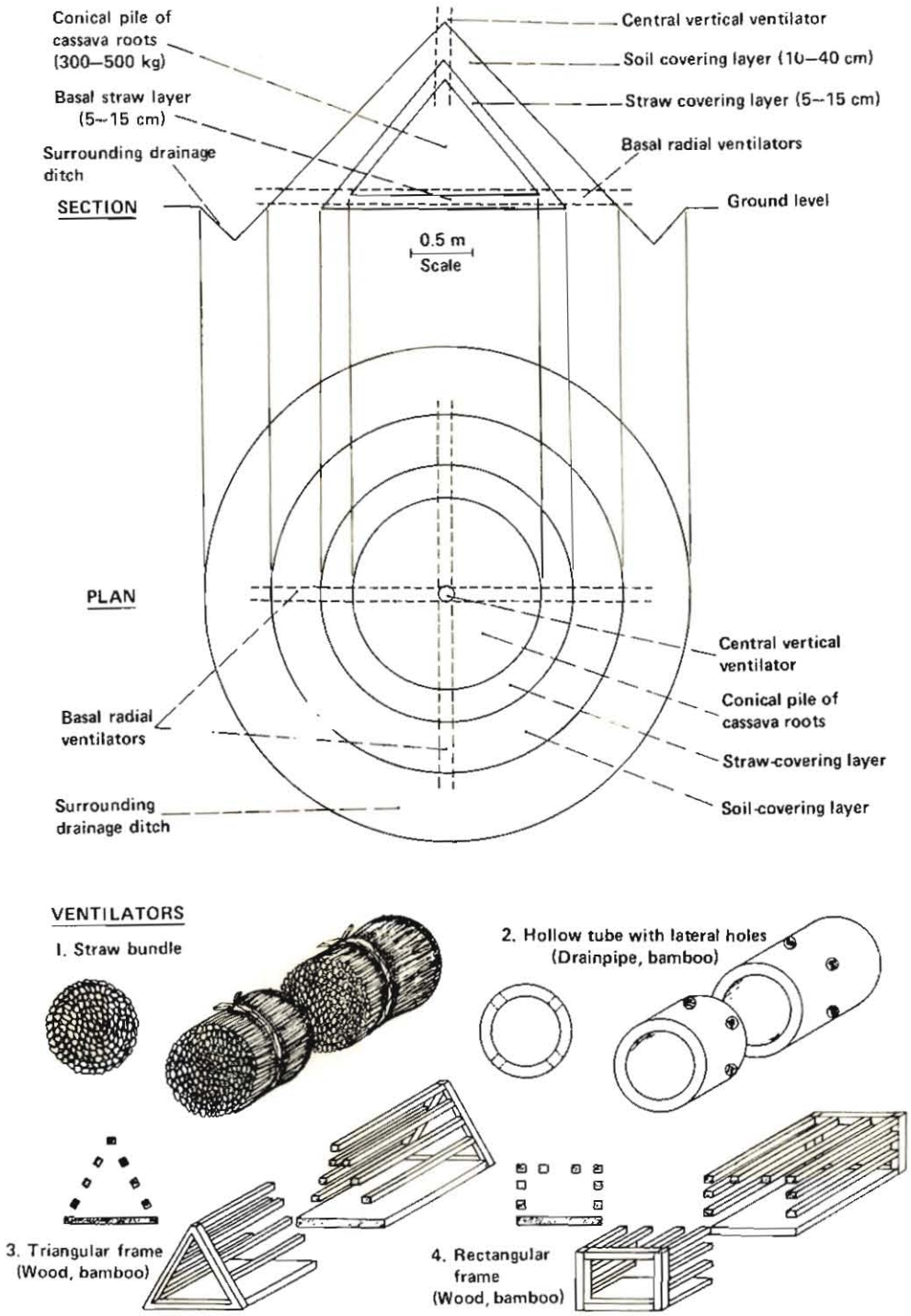


Figura 6. Diseño de silos para almacenar raíces de yuca.

rre, 1967). Sin embargo, bajo las condiciones ambientales predominantes en el CIAT, Palmira, se ha encontrado que esta práctica es muy efectiva para el almacenamiento de raíces de yuca.

El método usado es el siguiente: las raíces recién cosechadas se empacan en cajas de 20 kilos con aserrín húmedo. El contenido de humedad del aserrín debe ser de alrededor del 50 por ciento; así, se mantiene una alta humedad relativa en las cajas, lo cual favorece el curado y previene la pérdida excesiva de agua sin mojar las raíces (si se usa aserrín seco, no se produce el curado y resulta una rápida deterioración primaria; si se usa aserrín demasiado húmedo, se produce un excesivo desarrollo de raíces secundarias y pudrición). Una vez empacadas las raíces, las cajas se pueden almacenar bajo sombra (en cubiertascon techo simple, Fig. 6) o en un lugar abierto pero cubierto con tela impermeable. Bajo las condiciones del CIAT, la temperatura interna de las cajas fue de 26°C ± 2°, cuando se almacenaron en la sombra y de 30°C ± 4°, cuando se almacenaron en un lugar abierto.

Si no hay aserrín disponible, se podría ensayar con otros materiales que se consigan en la localidad, por ejemplo, cáscara de coco en polvo o turba. Cualquier material que se utilice deberá permanecer suficientemente húmedo para mantener una humedad relativa alta y que las raíces permanezcan frescas; la humedad no debe ser excesiva, ya que puede mojar las raíces. Por tal razón, no es recomendable el uso de la cascarilla de arroz para este propósito ya que este material no se moja con facilidad y la distribución homogénea de la humedad no se logra.

Con la técnica antes descrita y usando raíces recién cosechadas, sin seleccionar, más del 75 por ciento (con frecuencia más del 85 por ciento) de las raíces curadas y almacenadas permanecieron en buenas condiciones después de un mes de almacenamiento. Después de dos meses de almacenamiento, algunas pocas raíces sufrieron deterioro. Si las raíces empacadas en cajas están sanas o tienen poco daño y son manejadas con cuidado, se obtendrán mejores resultados. Al demorar la operación de empaque, se obten

drán resultados menos satisfactorios.

Además de que este método de almacenamiento de raíces de yuca fresca es de mucha utilidad directa para el pequeño productor, tiene la ventaja de que provee un manejo simple y facilita el transporte y el mercadeo, particularmente cuando los centros de producción están lejos de los mercados.

Pérdidas por almacenamiento

Gran parte de las pérdidas de las raíces almacenadas ocurren, en ambos sistemas de almacenamiento, como un resultado de la deterioración secundaria. Esto es frecuentemente debido a la acción de agentes patógenos que penetran por las heridas antes del curado de las raíces. Por tal razón, es posible que los resultados obtenidos con el almacenamiento se logren mejorar usando algunos fungicidas de amplia gama protectora. Sin embargo, la aplicación de pesticidas a productos alimenticios después de la cosecha tiene algunos riesgos; en la mayoría de los países esta práctica está sujeta a una estricta legislación y control estatal. Antes de aplicar cualquier producto químico a una planta productora de alimentos para consumo humano, el producto debe ser cuidadosamente estudiado y evaluado; solo debe usarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Además, se deben observar las reglamentaciones vigentes sobre uso de aditivos a los alimentos en el respectivo país. También, frecuentemente surgen problemas técnicos y de índole institucional relacionados a los métodos apropiados para la aplicación de los productos y a la clase de análisis que se deben hacer para la determinación de los residuos tóxicos. Por tales motivos, es preferible evitar el uso de pesticidas en raíces de yuca y utilizar métodos de almacenamiento que no exijan la aplicación de tales productos.

CALIDAD DE LAS RAICES ALMACENADAS

La rápida deterioración de las raíces de yuca, que ocurre a los po



Figura 7. Caja y cobertizo sencillo usados para el almacenamiento de yuca.

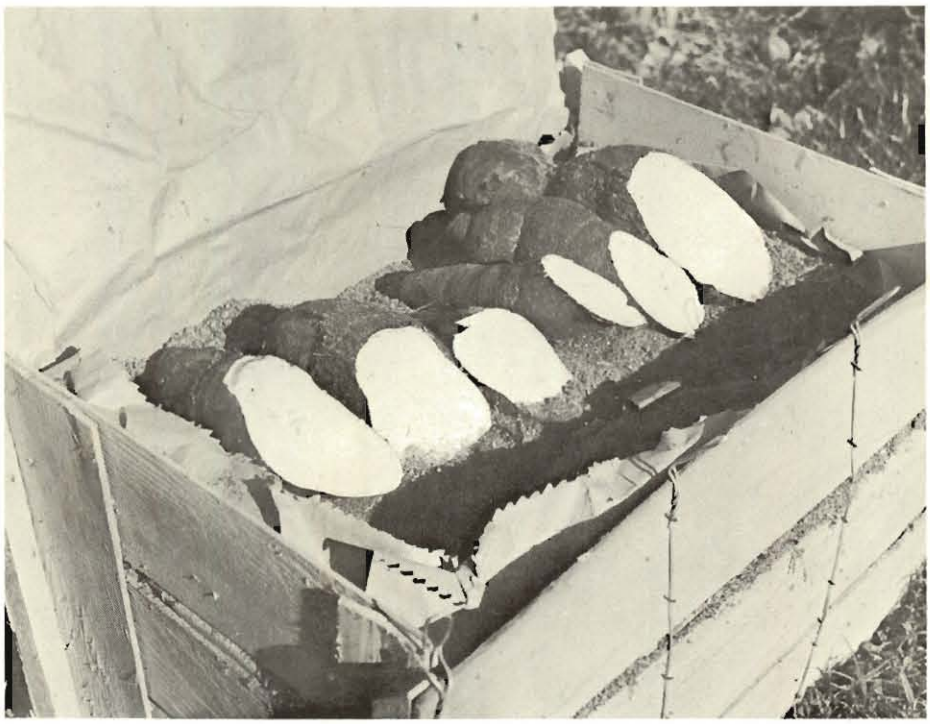


Figura 8. Raíces de yuca sin deterioración después de ocho semanas de almacenamiento en cajas con aserrín húmedo.

cos días de la cosecha, es la causa de la inaceptabilidad para el consumo humano, de la poca aceptabilidad para alimentación animal y de la reducción drástica de la calidad del almidón que se obtiene de ellas. Como se indicó anteriormente, para que cualquier sistema de almacenamiento de raíces de yuca fresca sea efectivo, se requiere que las raíces cosechadas sean de calidad aceptable.

Después de un buen curado, las raíces de yuca tienen una vida más larga que raíces de la misma variedad acabadas de cosechar. Sin embargo, si las raíces curadas se hieren, éstas se comportan y se deterioran de la misma manera que las raíces frescas; si permanecen sanas, su duración está determinada por la pérdida de agua; la rata de esta pérdida depende de las condiciones ambientales.

Se encontró un rápido aumento (de 2 ó 3 veces) en el contenido total de azucares y también, una pequeña disminución en el contenido de almidón, después de uno o dos días de la cosecha. Luego, estos niveles de carbohidratos se mantienen relativamente constantes por un período de almacenamiento de ocho semanas, tanto en silos de campo como en cajas de almacenamiento. También se encontró una pequeña disminución del contenido de HCN durante 6-8 semanas de almacenamiento. Estos cambios se reflejan en el sabor más dulce y menos amargo que tienen las raíces almacenadas, con relación a las recién cosechadas de la misma variedad.

Después de ocho semanas de almacenamiento ocurre un ligero ablandamiento en los tejidos radicales. Después de dos o más meses, este ablandamiento, el cual es particularmente evidente en el centro de las raíces, se intensifica y puede causar pérdidas en aceptabilidad de las raíces. Además, las raíces almacenadas requieren un tiempo de cocción más largo, tienen frecuentemente una textura más dispareja y son un poco más duras las raíces recién cosechadas.

En general, aun cuando la calidad de las raíces almacenadas de una variedad de excelente condición culinaria no será nunca tan buena como la de las raíces recién cosechadas, éstas pueden mantener una calidad

aceptable para el consumo humano, por un período hasta de ocho semanas.

Se han encontrado pequeñas diferencias en calidad entre raíces frescas y raíces almacenadas por más de ocho semanas que son usadas para alimentación animal: cuando se alimentan ratas o cerdos con raíces frescas, estos prefieren, en la mayoría de los casos, las variedades menos amargas; esta preferencia es menos notable cuando se alimentan con productos secos.

CONCLUSIONES

1. La deterioración de las raíces de yuca después de cosechada se puede clasificar como: a) deterioración primaria, la cual se caracteriza por decoloración y estriado vascular; es frecuentemente la causa inicial de la pérdida de aceptabilidad de las raíces en el mercado; y b) deterioración secundaria, la cual es causada por el ataque combinado de una extensa gama de patógenos que penetran por las heridas; normalmente ocurre después de la deterioración primaria.

2. El daño mecánico es un factor decisivo en la rápida deterioración de las raíces de yuca recién cosechadas; la deterioración primaria usualmente se inicia en los sitios en donde hay células lesionadas; los patógenos responsables de la deterioración secundaria, se establecen en las heridas, invadiendo solamente las raíces a través de los sitios lesionados.

3. Las variedades de yuca difieren considerablemente, tanto en tiempo de deterioración como en la rata en que progresa la deterioración.

4. Cuando se piense en almacenar raíces de yuca es conveniente seleccionar, siempre que ello sea posible, variedades que tengan algún grado de resistencia a la deterioración posterior a la cosecha y que se puedan cosechar sin causar daño; para almacenamiento solamente se deben usar raíces que estén en buenas condiciones.

5. Como sucede con otras raíces o tubérculos, las raíces de yuca pueden ser curadas durante un proceso en el cual las heridas sanan y se previene la iniciación de la deterioración primaria. La curación ocurre entre los 4 y 9 días, a altas humedades relativas y a temperaturas entre 25°C y 40°C.

6. Un buen curado y almacenamiento de raíces de yuca frescas se puede hacer tanto en cajas como en silos de campo por un período de por lo menos dos meses. El material de empaque (por ejemplo: aserrín) que se utilice en las cajas debe estar lo suficientemente húmedo para lograr una humedad relativa y alta mantener las raíces frescas; la excesiva humedad puede mojar las raíces e inducir deterioro. Para el almacenamiento durante una época dada del año y una localidad específica, es necesario determinar el diseño apropiado, que mantenga la temperatura interna a menos de 40°C.

7. Aunque durante el almacenamiento ocurren ciertos cambios en la calidad de las raíces, tales como endulzamiento y ablandamiento, la calidad de estas se mantiene aceptable, tanto para consumo humano como animal, por un período de 8 semanas.

LITERATURA CITADA

Averre, C. W. 1967. Vascular streaking of cassava roots. In International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, Trinidad. Proceedings. 2(4): 31-35

Booth, R. H. 1973. The storage of fresh cassava roots. In International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, Ibadan. Proceedings (En prensa).

_____1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops: losses and their control. Tropical Science 16(2): 49-63.

_____and D. G. Coursey. 1974. Storage of cassava roots and related post-harvest problems. In Cassava processing and storage: an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand. Proceedings. Ottawa. International Research Centre IDRC-31: 43 49.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1973. Cassava production systems: fresh root storage. Annual Report 1972. Cali, Colombia. pp. 74-78.

_____1974. Cassava production systems: fresh root storage. Annual Report 1973. Cali, Colombia. pp. 109-111.

_____1975. Cassava production systems: storage. Annual Report 1974. Cali, Colombia. pp. 99-104.

Ingram, J. S. and J. R. O. Humphries. 1972. Cassava storage: a review. Tropical Science 14: 131-148.

Instituto de Investigaciones Tecnológicas, IIT. 1973. La yuca parafinada. Revista del IIT (Colombia) 78: 131-148.

Montaldo, A. 1973. Vascular streaking of cassava root tubers. Tropical Science 15(1): 39-46.

Singh, K. K. and P. B. Mathur. 1953. Cold storage of tapioca roots. Mysore, India. Central Food Technological Research Institute Belletin 2(7): 181-182.

SECAMIENTO DE LA YUCA

Rupert Best*

La yuca es el octavo cultivo alimenticio en importancia del mundo, siguiendo al trigo, arroz, papa, maíz, cebada, mijo, sorgo y azúcar, Principalmente, es cultivado por el pequeño agricultor de los trópicos y se consume como hortaliza fresca o procesado en harina para su cocido. El almidón extraído de la yuca tiene fines industriales, usándose en el acaba textil, la confección de adhesivos y en la adición a los alimentos de consumo humano. La yuca seca está cobrando cada vez más importancia, tanto como substituto de la harina de grano del pan como para elemento de engorde para suplementar a los compuestos de alimentos para animales.

Las raíces de la yuca se deterioran rápidamente después de ser cosechadas y se convierten inapropiadas para consumo humano o animal, luego de 3 a 6 días. El almacenamiento de raíces frescas es posible, adoptando métodos desarrollados en el CIAT pero estos son adecuados para períodos relativamente cortos - de 3 a 6 meses. Para el almacenamiento de largo plazo el contenido de humedad de la yuca debe ser reducido de su valor fresco de 60-70%, a menos de 14%.

La yuca puede secarse naturalmente, al sol, o artificialmente, en secadores de aire caliente. Este último sistema tiene la ventaja de que puede ser controlado facilmente para obtener un producto de calidad uniforme. Por lo tanto, se utiliza este método cuando la yuca seca se destina para consumo humano o cuando las condiciones climáticas no son convenientes para el secado al sol. El Brasil es el principal país en el empleo de secadores artificiales, para la producción de la harina de yuca para consumo humano.

---

* Ingeniero Químico - Secamiento yuca

Donde subsisten condiciones en que la cantidad de yuca a ser secada no justifica la alta inversión de capital y los costos de operación de los métodos artificiales, el secamiento al sol puede lograr un producto de calidad, adecuado para uso en alimentos para animales. Tailandia es el primer país en la producción de yuca en trozos, secados al sol y exportados a Europa en forma de trozos o "pellets", para la suplementación de compuestos de alimentos para animales.

Parámetros de secamiento

Contenido de humedad de la yuca

Al hablar del secado de cultivos agrícolas se refiere a la extracción de la humedad hasta que el contenido de esta del producto[1] esté en equilibrio con el aire que lo rodea, generalmente a un valor de entre 12 y 14 por ciento, pero puede ser más en regiones húmedas. El contenido de humedad de la yuca aconsejable para almacenamiento a largo plazo, sin que se deteriore la raíz, es de 14%.

La humedad relativa del aire es la medida de la capacidad de este para retener agua. Al aumentar la temperatura, durante el día, por ejemplo, la capacidad del aire de retener agua aumenta, y la humedad relativa decrece. De manera que, según la temperatura de una región, para obtener un contenido de humedad de 14% en la yuca, empleando el sistema de secado al sol, la humedad relativa debe disminuirse a niveles inferiores a los indicados en la Tabla 1, durante ciertas horas del día . Si no se logran estas condiciones se debe recurrir a una fuente adicional de calor para obtener el nivel de humedad deseado.

---

1. El porcentaje de contenido de humedad = $\frac{Pa}{Pa + Pms} \times 100\%$

   Donde Pa = peso del agua

   Pms= pero de la materia seca

TABLA 1. Temperaturas y humedades necesarias para secar la yuca a un nivel de contenido de humedad inferior a 14%

Temperatura	°C	15	20	25	30
Humedad	%	66	69	72	75

Tamaño del trozo

La extracción de la humedad de productos agrícolas se hace por medio de la evaporación al aire. Al avanzar este proceso y al secarse la superficie del material, se evapora la humedad del interior del material y el vapor de agua pasa a la superficie por difusión. Cuanto mayor sea la distancia que debe recorrer el vapor a través del material, mayor será el tiempo que dura el secado. Por lo tanto, en el caso de la yuca, se debe reducir el tamaño de las raíces para lograr trozos uniformes que se secarán uniformemente.

Los trozos de la yuca son blancos y no absorben adecuadamente los rayos del sol, haciendo que el tiempo de secado por el aire sea casi independiente de los efectos directos del sol. Más importante aún es el movimiento del aire en torno de las partículas para aprovechar la energía para secado del aire. Consecuentemente, si los trozos son demasiado pequeños se aprietan uno a otro y se reduce la circulación de aire alrededor de ellos. Se han estudiado en el CIAT las características del secado en trozos rectangulares y se encontró que las dimensiones 0.8 x 0.8 x 5 cms. son las que dan mejores resultados.

Otro estudio similar, realizado en Tailandia demostró que trozos de aproximadamente 0.65 x 0.65 x 8 cms , producidos por un tajador de Malasia, (fig.1), dió resultados superiores, en tiempo

de secado, comparados con los trozos irregulares y mucho más grandes producidos por máquinas tailandesas.

Temperatura, humedad relativa y velocidad del aire

Estos tres parámetros juegan un importante papel en el secado natural. Sin embargo, empleando medios sencillos, es difícil modificar uno de ellos para obtener un mayor índice de secado. Es posible elevar en hasta 4°C la temperatura de una plataforma de secado de cemento pintándola de negro, para aumentar la absorción de los rayos del sol.

La energía de aire disponible puede ser mejor aprovechada si se colocan trozos de yuca en bandejas de malla horizontales, elevadas a 0.3 metros del suelo, aumentando así la circulación del aire alrededor de los trozos. Otra reducción en el tiempo de secado se obtiene si se montan las bandejas verticalmente o en ángulo para mejor aprovechar los vientos existentes.

Técnicas de secamiento

Lavado

La calidad de la yuca seca es aumentada si se lavan las raíces antes de tajarlas. Sin embargo, en épocas secas y en suelos arenosos las raíces a menudo son cosechadas limpias, sin necesidad de lavarlas. Las raíces pueden tajarse sin ser peladas si se destinarán para alimentos para animales.

a) Tajamiento

El tajador tipo malasio ha demostrado ser una máquina fuerte que es facilmente construida en talleres locales. Consiste en un marco de hierro en ángulo, de acero dúctil, el cual soporta a una tolva ali-

mentadora y un disco cortante (fig.2). Cuatro hojas tajadoras, corrugadas, están insertadas en ranuras radiales en el disco tajador. El espesor de las corrugaciones determina el grosor de los trozos. La transmisión al disco se logra por medio de una correa en V y una polea para darle una velocidad de 500 rpm.

El tajador puede ser accionado por un motor eléctrico o a gasolina, montado sobre el armazón. El tamaño del motor depende de la capacidad de la máquina. Como caso típico, con un disco cortante de 66 cms de diámetro, impulsado por un motor de 3 caballos de fuerza, se logra una producción de 2 toneladas por hora. El costo de este tajador, construído en Colombia, es de US$230.= y el precio del motor de 3 caballos es de US$160.=.

Los trozos producidos se dividen en dos partes, una gran parte de la cáscara y el centro fibroso de la raíz quedan a un lado y pueden separarse de los trozos si se desea. La apariencia de la yuca será mejor al separarse estas dos partes pero la sección de la cáscara compone el 20 - 25% del peso total de la yuca y es perfectamente aceptable como alimento para animales.

b) Extracción del agua

El agua puede ser extraído de los trozos de yuca por compresión mecánica. Este sistema ofrece un ahorro substancial en combustible en los métodos artificiales de secamiento. De igual manera, la extracción del agua antes de secar los trozos naturalmente puede disminuir el tiempo de secado y aumentar la capacidad de la planta de secamiento. La extracción tendrá más importancia en zonas donde las condiciones climáticas son menos favorables para el secado al sol.

Pruebas preliminares indican que el contenido de humedad de tro-

zos de yuca fresca puede reducirse de 65% al 57%, con presiones de 5kg/cm^2. Esto representa un ahorro en tiempo de secado de entre dos y cuatro horas, según las condiciones climáticas. Se logran presiones de este nivel usando una simple prensa de rosca. Sin embargo, la cantidad de yuca que se pueda prensar de una sola vez es pequeña, haciendo que el proceso completo sea muy demorado. Al prensar los trozos se extrae almidón junto con el agua, dependiendo la cantidad de la fuerza de la presión. Se está estudiando una prensa sencilla de mayor rendimiento.

Métodos de Secamiento

Sobre cemento

Se extienden uniformemente los trozos sobre la superficie del cemento, empleando un rastrillo de madera (fig.3). El proceso de secamiento es más rápido si los trozos se extienden en una sola capa o camada, lo que equivale a entre 5 y 7 kgs de trozos de yuca fresca por metro cuadrado. Para un secado uniforme los trozos son movidos y volteados con el rastrillo a intervalos de aproximadamente dos horas. Por la noche o cuando llueve los trozos son recogidos con garlanchas o palas de metal (fig.4) y puestos a cubierto. Bajo las condiciones del CIAT y a una distribución de 5 kgs/m^2, los trozos de yuca se secan a 14% de humedad en 10 - 12 horas.

Pintando el piso de cemento de negro, se disminuye el tiempo de secado, al aumentar la temperatura de la superficie secante. Pero, a una distribución de 7 kgs/m^2 la superficie negra queda oculta y deja de ser útil. Si se emplea un piso de superficie irregular, las hendiduras y rajaduras en él suelen llenarse del polvo de la yuca, reduciendo la eficacia del piso negro,salvo que este se lave con frecuencia.

Se obtienen los mejores resultados si se emplea un piso de superficie lisa y se agrega negro de humo a la última aplicación de cemento, dando a este un color negro permanente, sin necesidad de pintarlo.

El secado sobre cemento tiene la desventaja que la recolección frecuente de los trozos aumenta la contaminación con el polvo y las pérdidas por abrasión.

En bandejas

a) Peso sobre la bandeja

El peso sobre la bandeja depende de la calidad de los trozos. Trozos de buen tamaño, libres de partículas, permiten el movimiento de aire a través de las capas y se pueden cargar las bandejas a 15 kgs/m^2. Esta carga debe disminuirse cuando se hallan mezcladas partículas de cáscara con los trozos. En el CIAT estas cargas han requerido igual tiempo para secar que 5 kgs/m^2 sobre piso de cemento.

b) Construcción de las bandejas

Pueden construírse las bandejas de cualquier material que sea facilmente adquirible, tal como bambú o madera. Las bandejas requieren un fondo de malla y se ha encontrado que una combinación de malla de gallinero y una malla plástica, fina, contra insectos, sirven muy bien este propósito, aunque tal vez se pueda disponer de otros materiales más económicos. El área de la bandeja depende de la resistencia de la malla. Empleando los materiales mencionados y cargando 15 kgs/m^2 , son adecuadas bandejas de 0.85 x 1.25 m. No se necesita voltear los trozos si la circulación de aire es suficiente.

c) Marcos de las bandejas

Se obtienen índices de secamiento mayores si se colocan las bandejas én ángulo para aprovechar mejor la acción del viento. Este ángulo será de aproximadamente 30°. Si fuera mayor, los trozos, al secarse, resbalarían hacia abajo. El marco es de fabricación sencilla,

con dos hileras de postes y barandas de bambú, ubicados de manera de obtener el mayor aprovechamiento de la dirección de los vientos (fig. 5).

Comparación económica de los dos métodos de secamiento

La Tabla 2 presenta una comparación económica entre el secado en piso de cemento y en bandeja. Al momento, existe solo una diferencia de 7% en el costo por tonelada de yuca fresca. Sin embargo, el secado en bandeja necesita solo materiales locales y menos mano de obra, mientras que el precio del cemento tiende a elevarse junto con el precio del petróleo. Esto hará menos conveniente este sistema, en el futuro.

Almacenamiento de yuca seca

Pueden emplearse sacos de fique para almacenar los trozos de yuca seca, de las misma manera en que se almacenan otros alimentos. Deben tomarse las mismas medidas de precaución contra roedores e insectos, y no se encontrarán problemas de infección por hongos y bacterias si se mantienen los trozos al contenido de humedad inferior a 14%. Si es necesario almacenar los trozos por un período largo, en condiciones de humedad, es aconsejable examinarlos periódicamente para verificar la absorción de la humedad y por daños causados por moho e insectos.

Calidad de los trozos de yuca seca

Al aumentar la importancia de la yuca seca como alimento para animales, los países productores están estableciendo especificaciones para controlar la calidad del producto. Si bien no rigen estas especificaciones en la América Latina, la Tabla 3 muestra el rango de estas para los países de Asia y Africa.

TABLA 2 . Costos de secamiento para procesar 100 toneladas/año de yuca fresca

Producción de una finca de unas 5 hectáreas

Precios a Julio, 1976, en dólares de los EE. UU.

Renglón		Cemento	Bandeja
Area	m^2	300	150
Densidad de trozos	Kgs/m^2	5	10
Costo de secador	$\$/m^2$	3.75	6
Costo de secador	$	1.125	900
Mano de obra	hombre-días	276	150
Vida del secador	años	25	7
		%	%
Depreciación del secador		45 (7.7)	130(23.9)
Cargo intereses por año (12%)		65 (11.2)	54 (9.9)
Mantenimiento secador (5% cemento, 15% bandeja)		56 (9.6)	135(24.8)
Mano de obra (jornal $1.5)		415(71.5)	225(41.4)
TOTAL		581(100)	544(100)
Costo de secamiento por tonelada de yuca fresca		5.8	5.4

TABLA 3. Rango de especificaciones para trozos de yuca

	Por ciento
Humedad	10 - 14
Almidón	70 - 82
Ceniza total	1.8 - 3.0
Fibra cruda	2.1 - 5.0



Fig. 1a Tajador de Malasia.



Fig. 1b Tajador de Tailandia.

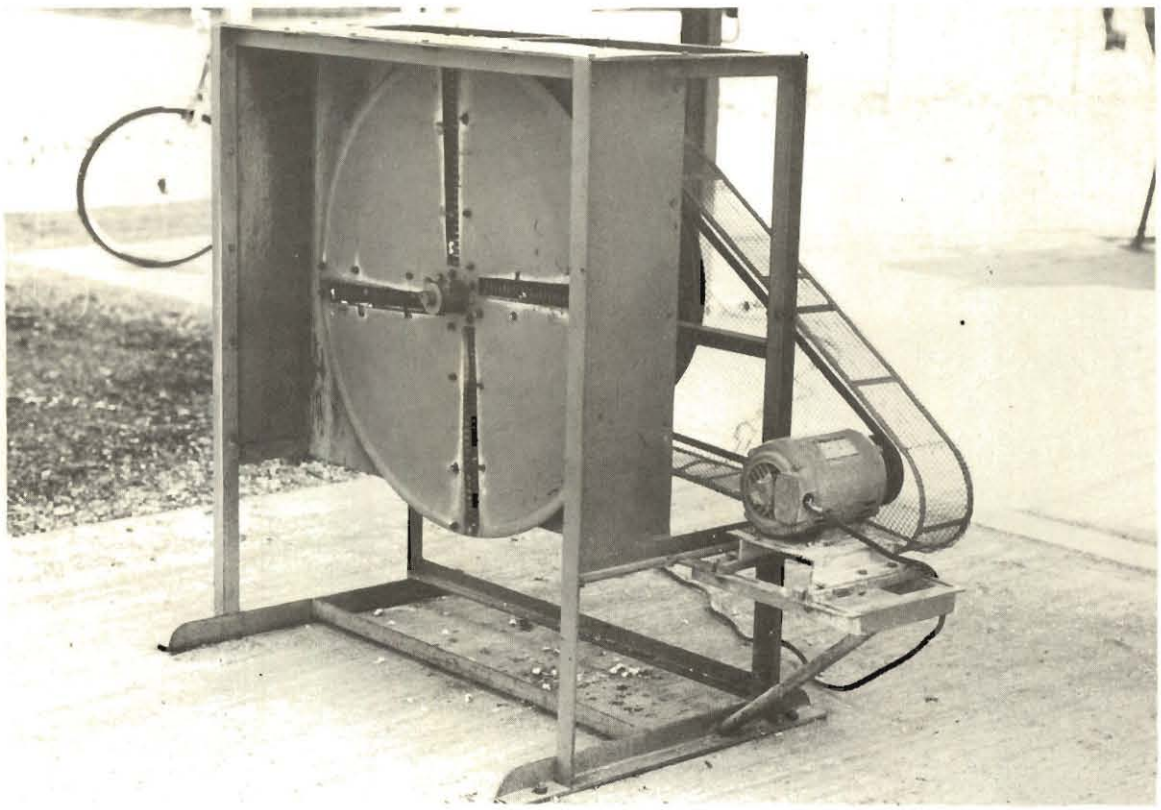


Fig. 2 Tajador de Malasia.



Fig. 3 Rastrillo de madera para extender la yuca.

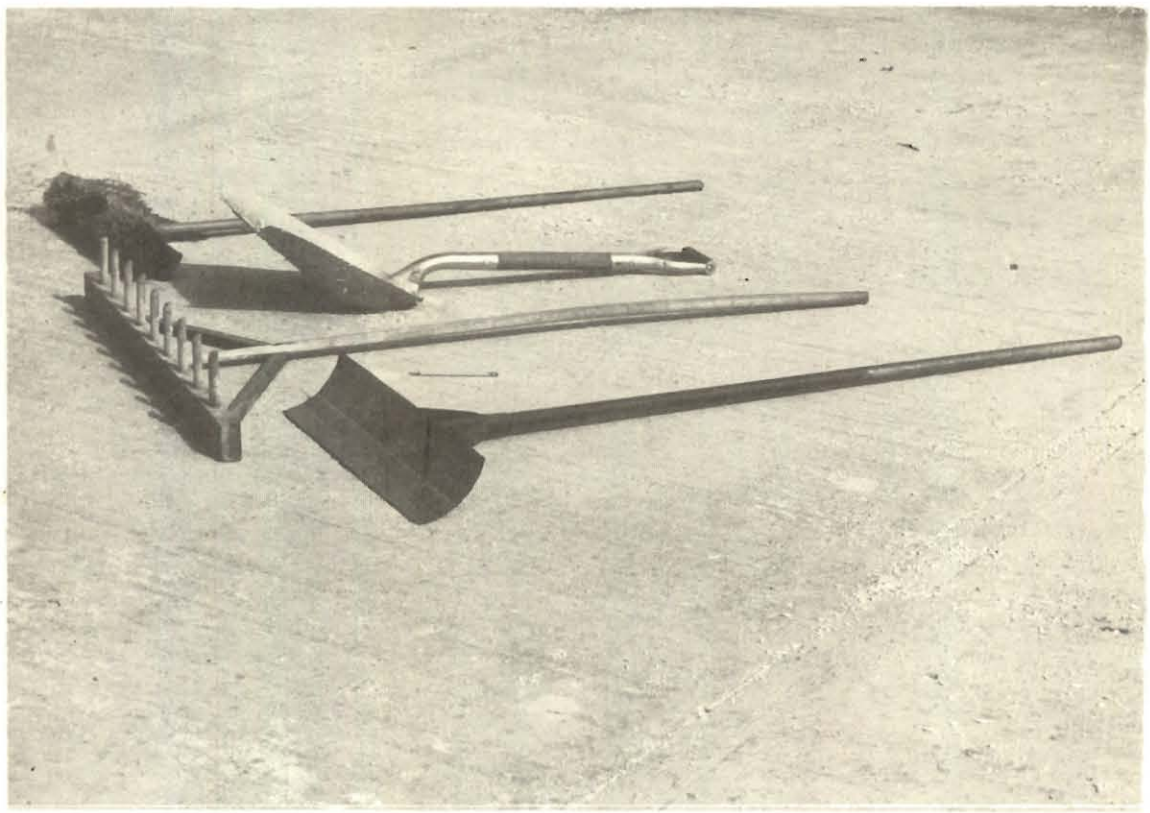


Fig. 4 Garlancha y pala para recoger la yuca seca.

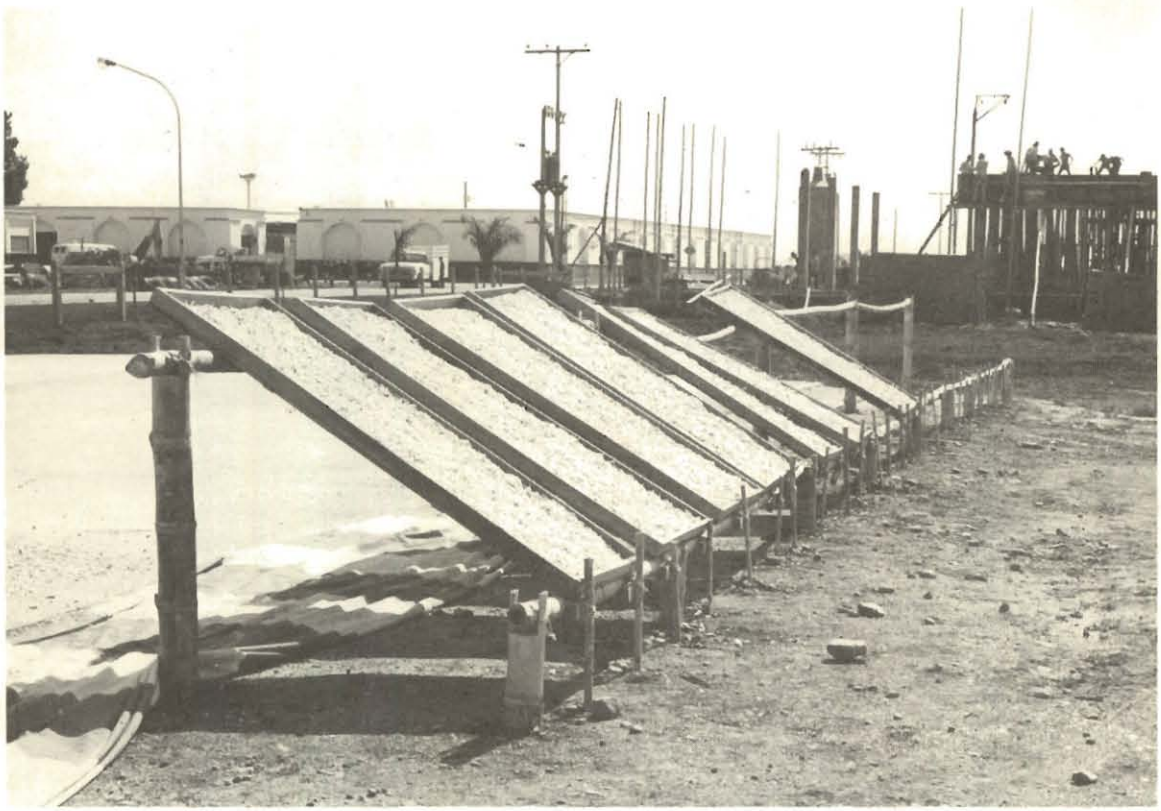


Fig. 5 Marco de bambú con bandejas de madera.

EL USO DE FORRAJE DE YUCA EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES *

C. Patrick Moore,Ph.D. **

INTRODUCCION

La planta clasificada botánicamente como Manihot esculenta Crantz es conocida en el mundo bajo diferentes nombres tales como cassava, tapioca, manioc, maniok, mandioca, aipi, yuca y guacamote (en Mexico).

Las plantas del género Manihot crecen, en forma natural, solamente en América tropical, en donde se conocen aproximadamente 100 especies diferentes (Rogers y Fleming, 1973).

Los indios americanos utilizaron la yuca como alimento mucho antes del descubrimiento del nuevo mundo por Colón; luego, fué transportada a Africa y Asia, a partir del Siglo XVI, por españoles y portugueses. Durante el Siglo XX ha sido mayor su difusión en el continente africano (Coursey y Halliday, 1974).

En términos de producción, la yuca está incluída entre los 10 principales productos alimenticios del mundo y su importancia parece aumentar diariamente.

En 1.972, la producción mundial se estimó en 105 millones de toneladas de raíces frescas, producidas en un área total de 11 millones de hectáreas. (Cuadro 1).

---

* Trabajo para ser presentado en el Seminario Internacional de Ganadería Tropical en Acapulco, México, del 8 al 12 de Marzo de 1.976.

** Coordinador de Adiestramiento Ciencias Pecuarias. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia.

CUADRO 1. Distribución de la producción de Yuca en el mundo

Principales localidades	Area Miles de has.	Producción en miles de toneladas de raíces frescas
Africa	5.996	42.220
Zaire	810	10.500
Nigeria	960	9.570
Tanzania	800	6.000
América del Sur	2.549	36.168
Brasil	2.100	31.000
Paraguay	125	1.850
Colombia	160	1.600
Asia	2.331	22.188
Indonesia	1.350	10.099
India	355	5.939
Tailandia	225	3.867
América Central y el Caribe	110	713
Oceanía	11	128
Total Producción Mundial:	10.998	105.417

Fuente: FAO. Production Yearbook, 1.972.

Es contradictorio el hecho de que siendo la yuca uno de los diez principales cultivos alimenticios del mundo, los investigadores científicos, en términos generales, le han dado poca atención a este cultivo. El Centro de Documentación Científica sobre el cultivo de yuca, localizado en el CIAT, estima que se han publicado algo más de 4.000 artículos, tanto

científicos como populares, sobre este cultivo.

De estos 4.000 documentos, posiblemente, no más de un 5 por ciento está relacionado con el uso de la yuca en la alimentación animal y de ese porcentaje, la mayor parte trata del uso de la raíz como fuente energética siendo muy pocos los documentos que consideran la utilización de las hojas y los tallos como fuentes básicas de proteína.

El objetivo de esta presentación es el de recopilar información ya publicada sobre la utilización de la yuca como forraje (hojas, tallos y pecíolos) en la alimentación de ganado, especialmente, de los rumiantes.

Valor nutritivo de la yuca como forraje

Conviene señalar que la mayor parte de la información existente sobre el forraje de yuca ha sido obtenida tomando como base el cultivo de plantas sembradas para la producción de raíces y no específicamente para la producción de forraje.

Diversos informes procedentes de Perú (Galiano, 1955); Colombia (Obregón, 1968); Nigeria (Oyenuga, 1955), Brasil (Gramacho,1973) y los Estados Unidos de Norte América (Ramos- Ledón y Popenoe, 1970), generalmente concuerdan en cuanto a la composición química de la parte aérea de la planta, cuando se cosecha aproximadamente al año de siembra (Cuadro 2).

CUADRO 2. Análisis aproximado de forraje de yuca cosechado cuando las raíces están bien desarrolladas

Análisis	M.S.	Proteína	Grasa	CH_2O	Fibra	Ceniza
Forraje de Yuca	25.0	16.0	7.5	45	14.5	12.0

Los datos del cuadro 2 se deben tomar como indicadores generales, ya que el clima, el tipo de suelo, la edad de cosecha, la fertilización y los procedimientos de muestreo, pueden afectar el resultado del análisis químico de la planta.

También se ha informado que el forraje contiene cantidades significantes de calcio (.88% CaO); fósforo (1.0% P_2O_5) y caroteno (208.000 U.I. /libra); todos éstos son nutrimentos importantes suministrados por el forraje de la yuca.

El mayor contenido proteínico se encuentra en las hojas de la planta. Ramos-Ledón y Popenoe (1970) encontraron un promedio de 25 por ciento de proteína foliar en las plantas cultivadas en el sur de Florida. A su vez, Rogers (1959) encontró un contenido de proteína foliar entre 20.6 y 36.1 por ciento en cultivares de yuca, procedentes de diversos sitios de Jamaica. El estudio hecho en Florida muestra también que el porcentaje de proteína de los tallos es considerablemente inferior (5.6 por ciento) y que ocurre una extracción de nitrógeno de las hojas después de la formación de semilla y el engrosamiento de la raíz.

Datos recolectados en el CIAT (Moore y Cock) de plantas cultivadas exclusivamente para la producción de forraje y cosechadas cada 90 días, dan una mejor idea de la composición química de la planta a una edad en la cual todas sus partes son comestibles. (cuadro 3).

El cuadro 3 muestra que el contenido proteínico de la porción foliar de la planta (N x 6.25) es dos veces mayor el contenido del tallo o pecíolo, y representa algo más de la mitad del total de materia seca de la planta a los 90 días. Hasta la fecha, no se han determinado las fracciones proteínicas y no proteínicas de la planta; sin embargo, datos publicados por Oyenuga (1955) señalan que el nitrógeno presente en la porción foliar puede representar hasta un 90 por ciento de proteína pura.

CUADRO 3. Composición química de plantas de yuca a los 90 días *

Partes de la planta	% de la planta total	M. S.	Nitrógeno	Proteína (Nx6.25)	Extracto éter.	Fibra cruda	Ceniza
Hojas(%)	52	29.0	4.38	28.0	15.3	9.0	8.1
Pecíolos (%)	15	18.0	1.65	11.3	14.3	21.9	8.5
Tallos (%)	33	15.7	1.76	11.0	13.0	25.2	7.8

Sin embargo, esta no debe ser la consideración principal al suministrar el forraje a animales rumiantes, ya que ellos pueden también utilizar nitrógeno no proteínico.

Básicamente, no se han realizado trabajos relacionados con la selección de plantas de yuca para producción de forraje ni contenido alimenticio. La selección genética y las prácticas agronómicas para aumentar la producción de materia seca y el contenido proteínico, representan dos áreas obvias de investigación en el futuro.

Aspectos agronómicos de la yuca

A pesar de no haberse desarrollado ninguna práctica agronómica para la producción de forraje de yuca, es posible hacer ciertas observaciones al respecto. De acuerdo con Muller y colaboradores (1974), la planta de yuca se desarrolla mejor en suelos arenosos, a una temperatura ópti

* Datos sin publicar - CIAT

ma de crecimiento de 27°C. Al reducirse la temperatura a 15°C, el crecimiento se detiene; 8°C a 10°C la planta muere. La precipitación pluvial óptima es de 700 a 1000 mm; se requiere gran cantidad de luz solar para lograr un buen crecimiento.

Estos autores, además afirman que un rendimiento de 50 toneladas de raíces por hectárea representa una enorme carga para el suelo, extrayendo aproximadamente 120 kg de P_2O_5, 450 kg de K_2O y 250 kg de CaO. No mencionan el agotamiento de nitrógeno; sin embargo, la producción foliar, como tal, sugiere que 400 kg a 600 kg de nitrógeno son extraídos del suelo por hectárea anualmente. Hasta el momento, toda la información que se conoce sobre producción de forraje de yuca ha estado asociada con la producción de raíces; o bien las hojas se cosechan varias veces durante el ciclo de vida de la planta o en el momento de cosechar la raíz.

El trabajo hecho por Conceicao y colaboradores (1973), muestra que ciertas variedades son mejores productoras de forraje que otras y sugieren que puede existir una correlación negativa entre la producción radical y la producción de forraje. (Cuadro 4).

Es de esperar una disminución en el crecimiento de la raíz al cosechar las ramas tres veces al año (cada cuatro meses). Al no cosechar las ramas, no se compara la producción de raíces de estas variedades (Cuadro 4); sin embargo, Ahmad (1973) obtuvo 7.3 toneladas de hojas (peso seco) al año (cada 10 semanas) de una hectárea, lo cual redujo la producción de raíces a casi la mitad de lo normal.

Los resultados preliminares obtenidos en el CIAT (Cock, comunicación personal), sin selección intensiva de variedades, indican que en un año se puede obtener hasta 20 toneladas de materia seca de forraje por hectárea. Esto se logró aumentando la población de 10.000 plantas/hectárea (población normal para la producción de raíces) a 111.000 plantas/hectárea. La planta entera se cosechó cada 90 días, lo cual equivale a cuatro podas al año. El nivel de producción equivale aproximadamente al doble

CUADRO 4. Producción de follaje y raices de yuca durante los años 1.969 - 72 **

Variedad	Promedio de producción (ton/ha) *			
	Follaje	Producción relativa	Raíces	Producción relativa
Platina	46.79	157	12.52	100
Graveto	37.06	125	20.99	168
Salangor Preta	33.03	111	25.39	203
Mamao	32.29	109	20.77	166
Cigona	30.76	103	21.39	171
Sutinga	29.73	100	18.60	149
Promedio	34.94		19.94	

del obtenido por otros investigadores al cosechar simultáneamente el forraje y las raíces de yuca. Como la siembra original sigue en producción (un año y medio), aún no se ha determinado la producción radicular.

En ensayos realizados en el CIAT utilizando parcelas pequeñas con espaciamiento de 30 x 30 cm, se obtuvo un rendimiento de materia seca de más de 30 toneladas/hectárea durante 11 meses, con cuatro cosechas; con tres cosechas, el rendimiento se redujo a un poco más de 25 toneladas por hectárea. Cuando el espaciamiento se redujo a 60 x 60 cm, se redujo aún más el rendimiento, obteniendo 16 toneladas por hectárea. Se debe anotar que estos rendimientos se obtuvieron con parcelas pequeñas bajo

* Peso fresco

** Universidad Federal de Bahia, Brasil

manejo intensivo, en suelos fértiles.

Con base en que la información disponible hasta la fécha señala que, al cosechar las hojas de una planta de yuca sembrada para obtener raíces, se reduce en forma notoria a la producción radical, pareciera que si se hacen siembras separadas (para raíz o forraje) se reducirá más el total de materia seca por hectárea. Si algunas variedades son mejores productoras de forraje y otras producen raíces más grandes, la selección varietal será muy importante.

Problemas de toxicidad en la yuca

Los investigasores de yuca conocen el hecho de que el forraje y la raíz contienen glicócidos cianogenéticos que son facilmente desdoblados por enzimas presentes en forma natural en la planta, las cuales liberan ácido cianhídrico (HCN). Estos, normalmente, se detoxifican en el cuerpo formando tiocianatos que pueden hallarse en la sangre y la orina. Esta formación de ácido cianhídrico ha sido asociada con el mal funcionamiento de la tiroides y el agotamiento de aminoácidos con contenido de azufre. (Coursey y Halliday, 1974).

No se ha aclarado aún si el HCN que normalmente se encuentra en la yuca produce efectos tóxicos en animales domésticos o si simplemente obstruye la utilización de algún nutrimento que podría agregarse a la dieta para contrarrestar deficiencias. Según Ross y Enriquez (1969), la harina de la hoja de yuca (554 ppm de HC), en cantidades superiores a 10 por ciento de la ración, retarda el crecimiento de pollitos y es inferior a la harina de alfalfa, en niveles similares. En estos estudios se menciona la metionina como posible principal factor limitante en la harina de yuca, debido al aumento de demanda de aminoácidos con contenido de azufre utilizados en el proceso de detoxificación del ácido cianhídrico. Un estudio del perfil de aminoácidos de la hoja y el tallo de la yuca (Cuadro 5) muestra que los niveles de metionina y cistina (aminoácidos con contenido de azufre) son bajos, en comparación con la ma-

yor parte de los aminoácidos. Esto explica la razón por la cual la metionina puede ser limitante si las cantidades presentes en forma natural están involucradas en el proceso de detoxificación del HCN.

Si se comprueba que el contenido de HCN de la yuca representa un problema grave para el ganado, Obregón (1968) y Galiano (1955) han demostrado que casi la totalidad del HCN se puede substraer mediante el secamiento al sol antes de suministrar el alimento.

CUADRO 5. Valor proteínico de la parte aérea deshidratada de la planta de yuca y algunas gramíneas tropicales comparados con torta de soya (en base de materia seca)

	Manihot hojas	Yuca utilissima hojas y pecíolo	Pasto eléf. Pennisetum purpureum	Pasto guinea Panicum maximun	T. de soya (proceso solvente)
Proteína cruda	27.0	20.3	12.6	11.9	45.7
	----------	g/16g nitrógeno	----------		
Aminoácidos					
Arginina	5.21	3.89	6.10	5.64	7.41
Cistina	1.18	0.98	0.51	-	1.52
Glicina	4.92	5.10	5.85	5.00	5.23
Histidina	2.47	2.32	2.54	2.82	2.39
Isoleucina	4.12	4.40	4.32	3.45	5.45
Leucina	10.09	8.75	8.64	7.55	6.97
Lisina	7.11	5.89	6.02	4.82	6.32
Metionina	1.45	1.83	1.86	1.36	1.52
Fenilalanina	3.87	4.37	5.42	5.82	4.79
Treonina	4.70	5.70	4.41	4.73	4.14
Triptófano	1.09	1.24	-	-	1.30
Valina	6.18	8.43	6.27	5.18	5.23

Fuente: Draft Feeding Standard, Republic of Singapore, 1972.

Eggun (1970), Hutagalum (1972) y Maner (1972), al mejorar la calidad y digeribilidad de la proteína en la dieta mediante la adición de metionina, demostraron que en dietas a base de yuca, suministradas a animales monogástricos, la metionina es un factor limitante.

Con el fin de verificar el hecho de que el factor tóxico del forraje de yuca no causa problemas fisiológicos en los rumiantes, Moore y Cock (datos aún sin publicar)hicieron un estudio utilizando cuatro novillos alimentados con forraje de yuca por espacio de dos meses, durante los cuales no se observaron desórdenes visibles en los animales.

Los niveles de tiocianato en la sangre de los animales alimentados con yuca fresca (3.9 mg/%) fueron tres veces mayores a los de terneros (1.28 mg/%) alimentados en praderas de pasto pará (Brachiaria mutica). En otra prueba, se alimentó un pequeño grupo de ovejas en confinamiento con una dieta de forraje de yuca fresca sin observar efectos nocivos. También, Hill (1973) informó que dietas con base en forraje o raíces de yuca no producían ningún efecto nòcivo en ganado vacuno ni ovino.

Valor alimenticio del forraje de la yuca

El poco trabajo de investigación que se ha realizado para determinar la composición química y la calidad de la proteína del forraje de la yuca, se ha limitado, en su mayoría, a la hoja como fuente proteínica para el uso humano.

Se tiene conocimiento de que el valor nutritivo de la hoja constituye parte de la dieta humana en diversos lugares de Africa. Se han hecho esfuerzos por extraer proteína de las hojas; sin embargo, el proceso es muy complicado y bastante costoso. Algunos factores, tales como el prolongado período de crecimiento, la baja producción de materia seca y la inestabilidad de las cosechas, son posiblemente algunas de las razones por las cuales se han hecho pocos trabajos de investigación relacionados con la utilización de la yuca como forraje, en la alimentación de rumian

tes. Además, los sistemas actuales de producción de carne y de leche en el trópico no se prestan para la utilización de este tipo de forraje.

Sin embargo, a medida que aumenta la demanda de proteína de alta calidad (carne y leche) y la demanda de suelos aluviales para la producción de cereales, el ganadero se verá obligado a buscar métodos para intensificar su operación. Uno de ellos sería la utilización de los cultivos forrajeros tropicales, tales como el pasto elefante, caña de azúcar, maíz, sorgo, etc., para ser combinados con harinas hechas a base de granos leguminosos y de semillas oleoginosas como fuente de suplementación proteínica.

En muchos países tropicales, el animal de producción de carne se utiliza también para la producción lechera, por no disponerse aún, en escala suficiente, de un tipo de vaca lechera que prospere en el trópico. La producción cíclica de estos animales, ampliamente conocida por quienes hayan trabajado en empresas ganaderas, en el trópico, está estrechamente relacionada con el patrón de lluvias y por consiguiente, con el suministro alimenticio de las praderas tropicales.

Las vacas tienden a concebir uno o dos meses después del comienzo de las lluvias, lo cual significa que la parición se presente, en general, al comienzo de la estación seca. Si las vacas alimentan sus terneros y a la vez se ordeñan durante la época de sequía, cuando tanto la cantidad como la calidad del forraje son deficientes, sufren un grave perjuicio fisiológico debido a la desnutrición.

El resultado es una baja producción de leche y el debilitamiento de las vacas, las cuales atravesarán por un período de anestro que dura varios meses, hasta cuando pueda reponer sus tejidos, espaciando el período de reproducción; esto resulta en la obtención de un ternero cada dos años.

Se puede evitar este fenómeno (suponiendo que los cambios climatológi-

cos de temperatura no afecten la reproducción) mediante el desarrollo de pastos que crezcan y proporcionen nutrientes adecuados durante la época de sequía, o bien mediante la producción de cultivos forrajeros durante la estación lluviosa y la conservación de los mismos para utilizarlos en la época de sequía. Se han propuesto diversas alternativas (Preston, 1975) acerca de cómo utilizar el forraje y sus subproductos para eliminar la pérdida de peso y mejorar la eficiencia de reproducción. Preston señala también que, aún cuando los rumiantes pueden utilizar niveles bastante altos en nitrógeno no proteínico, siempre requieren una fuente alimenticia de proteína.

El forraje de la yuca tiene gran potencial como fuente proteínica. Echandi (1952), en Costa Rica, demostró que la harina de forraje de yuca es casi equivalente a la harina de alfalfa. Un lote de vacas lecheras en pastoreo, cuya alimentación fué suplementada con harina de yuca, produjo de 90 a 96 por ciento la cantidad de leche producida por animales suplementados con harina de alfalfa.

Como la harina de alfalfa es importada, resultó ser el ingrediente más costoso del suplemento, a pesar de producir un poco más de leche por kilogramo consumido.

Con el fin de evaluar los efectos del forraje de yuca fresco, con animales en etapa de crecimiento, se diseñó un experimento (Moore y Cock, datos sin publicar) en el cual se alimentaron novillos de 250 kg de peso, en corrales con: A) pasto elefante únicamente; B) 75 por ciento de pasto elefante + 25 por ciento de forraje de yuca; o C) 50 por ciento de pasto elefante + 50 por ciento de forraje de yuca. El aumento de peso de los grupos B y C fué 30 por ciento mayor que el de los animales del grupo A. El aumento del grupo B (25 por ciento de forraje de yuca) fué 4 por ciento mayor que el del grupo C (50 por ciento forraje de yuca) lo cual sugiere que el nivel proteínico de la ración B era adecuado y que la energía constituyó un factor limitante en la ración C. (Cuadro 6).

El consumo por kg de ganancia de los animales alimentados únicamente

a base de pasto elefante fue 22 por ciento más alto (17.6 kg por aumento de kg de peso vivo) que el de los grupos B y C (13.7 : 1).

CUADRO 6. Pasto elefante en dietas para crecimiento y acabado suplementado con forraje de yuca.

Parámetro	Dieta		
	A	B	C
	Pasto elefante solo	75% p.elefante 25% yuca forr.	50% p.elefante 50% yuca forr.
Peso inicial (kg)	265.5	276.3	270.0
Peso final (kg)	342.5	392.7	379.0
Promedio de ganancia diaria (g)	306.0	461.0	445.0
Consumo de materia seca (kg/día)	5.4	6.3	6.1
Proteína cruda	6.0	9.7	13.0
Eficiencia alimenticia	17.6	13.7	13.7

La ineficiencia de la conversión alimenticia en relación a ganancia de peso parece estar asociada con el bajo contenido proteínico del pasto elefante.

Como secuencia de este experimento, se diseñó otro para comparar el forraje de yuca con otras fuentes de proteína, a saber: yuca fresca vs. Desmodium distortum fresco vs torta de algodón. En este ensayo, la caña de azúcar fué la fuente principal de energía. Se usó caña cortada en su madurez (12 a 14 meses), lo cual corresponde a la edad de cosecha para producción azucarera en el Valle del Cauca de Colombia.

Se seleccionó D. distortum por su alto contenido proteínico (23 por ciento) y por su hábito de crecimiento, el cual facilita la cosecha. Siendo una especie anual, D. distortum presenta un problema a pesar de que se pueden obtener tres o cuatro cortes de esta planta (a intervalos de 60 días), pues la producción total de materia seca disminuye con cada corte (Paladines, comunicación personal).

Los tres forrajes frescos fueron ofrecidos diariamente a los animales en diferentes comederos, ad libitum, con el fin de determinar el consumo individual de cada uno. La torta de algodón se les suministraba una vez al día, colocándola encima de la caña de azúcar. La ganancia de peso de los animales a base de la dieta I (caña y torta de algodón) fué 7 por ciento más alta (659 g/diarios) que los de la dieta II (622 g/diarios) y 11 por ciento más alta que la de los animales a base de la dieta III (584 g/diarios). (Cuadro 7).

El consumo promedio diario de materia seca fué esencialmente igual en todas las dietas (5,3; 5.2; y 5.2, respectivamente) mientras que la eficiencia de conversión alimenticia con relación a ganancia de peso, fué más variada. La eficiencia de animales alimentados a base de torta de algodón, fué 5 por ciento mayor a la de los de D. distortum. Es interesante notar que la diferencia en los porcentajes de los tratamientos, en relación a la ganancia promedia diaria, fué similar a las diferencias en eficiencia alimenticia.

Sin embargo, al comparar las ganancias eficientes de peso con la cantidad de proteína consumida, la relación cambia. Como dos de las fuentes proteínicas provienen de forrajes frescos (ad libitum) y una se suministró en forma de concentrado seco, hubo una marcada diferencia en la ingesta diaria de proteína debido a diferencias de humedad y de contenido proteínico. El consumo de proteína (N x 6.25) de los animales en raciones de torta de algodón fué aproximadamente el doble del de los otros dos grupos de animales.

CUADRO 7. Rendimiento de novillos (criollo x cebú) alimentados con caña de azúcar picada, más tres fuentes de proteína vegetal.

Parámetros	Tratamientos *		
	I	II	III
	Caña de azúcar + 1.8 kg torta	Caña y yuca	Caña y D. distortum
Número de animales	8	8	8
Peso inicial (kg)	229.5	241.4	241.0
Peso final (kg)	303.3	311.1	306.4
Días de ensayo	112.0	112.0	112.0
Promedio de la ganancia diaria (kg)	.659	. 622	.584
Eficiencia alimenticia	8.0	8.4	9.0
Promedio de consumo diario (kg)	5.3	5.2	5.2

Esto sugiere que el consumo aproximado de proteína es de 1.4 kg por kilogramo de peso vivo en el grupo I y solamente de 0.7kg de proteína por kilogramo de peso vivo, en los grupos II y III. Tal resultado puede ser causado por un exceso de proteína en el grupo I, la cual fué ineficientemente utilizada, o el suministro de otros nutrientes no presentes en la dieta de caña y torta de algodón por las fuentes forrajeras de proteína. Los minerales no representan un factor de mayor consideración, ya que todos los animales recibían a su antojo una mezcla completa de

* Todos los forrajes fueron ofrecidos ad libitum

minerales; sin embargo, el contenido relativamente alto de grasa, especialmente en forraje de yuca, puede haber influido en forma positiva en el aumento de peso vivo y en la eficiencia alimenticia.

El consumo de forraje de yuca del grupo II fue 20 por ciento menor (1.52 kg/diarios)en comparación con el de los animales que recibieron forraje de Desmodium (1.94 kg/diarios) pero el consumo diario de caña por cabeza fué 11% mayor. Esta diferencia puede representar un problema de palatibilidad con la yuca, debido al sabor amargo ocasionado por el contenido de ácido cianhídrico. Sin embargo, de acuerdo con estos datos, el contenido de HCN en la yuca no afectó el aumento promedio diario ni la eficiencia alimenticia de los novillos a base de dietas con un total de 30 por ciento de forraje de yuca.

Implicación económica de la producción de forraje de yuca

Como nunca se ha considerado la yuca como fuente básica de proteína en la producción ganadera, no existen datos sobre el costo de producción. Sin embargo, parecería razonable utilizar la información publicada por Díaz, Andersen y Estrada (1.974) sobre el costo de la producción de raíces de yuca en Colombia, como estimativo básico para la producción de forraje. (Cuadro 8).

CUADRO 8. Estimativo del costo total promedio de la producción de yuca en Colombia.

Insumos	Col.Pesos/ha	US$/ha *
Promedio costo variable	2.390	119.50
Alquiler de tierra	1.800	90.00
Costo transporte	720	36.00
Interés de capital de explotación	576	28.80
Otros Costos	1.100	55.00
Costo total	6.586	329.30

* Tasa de cambio en 1974 = 20:1

Con el fin de presentar un estimativo más real del costo de producción de una hectárea de forraje de yuca (US$428.09/ha), se incrementó un treinta por ciento el costo en dólares, debido al aumento en costos de semilla y cosecha, por haberse aumentado la población de plantas por hectárea e incluir cuatro cosechas anuales.

Resultados preliminares (Cock, comunicación personal) han mostrado que se pueden producir más de 20 toneladas métricas de materia seca en una hectárea con buena tierra (capaz de producir 50 toneladas de raíces). Utilizando las cifras de costo de producción ya citadas (US$428.oo/ha) un kilogramo de materia seca costaría un poco más de US.2 ¢. Un kilogramo de proteína (N x 6.25) costaría entonces (US.02 ÷ 20 por ciento proteína) = US.10¢. (Cuadro 9).

CUADRO 9. Costos de varias fuentes de proteina en Colombia

	Por kg materia seca	Por kg proteína
Torta de algodón	US$ .15	US$.31
Forraje de yuca	.02	.10
Urea	-	.09

En comparación, un kilogramo de torta de algodón (48 por ciento proteína) en Colombia, cuesta actualmente US.15¢ lo cual equivale a US.31¢ por kilogramo de proteína. Un kilogramo de urea, considerado como la fuente de proteína más barata, (equivalente proteínico: 262 por ciento) en Colombia actualmente cuesta US.24¢ lo cual equivale a US$.09¢ por kilogramo de equivalentes proteínicos o sea, un centavo menos que el costo de un kilogramo de proteína proveniente de forraje de yuca.

Utilizando los costos actuales de la producción azucarera del Valle

del Cauca en Colombia (US$625/ha), con una producción de 50 toneladas de materia seca (planta entera), por hectárea, el costo de un kilogramo de materia seca sería de US.012. (Cuadro 10).

El costo de producción diario de la dieta de yuca/caña de azúcar en este experimento sería de (1.52 kg yuca x US.02=US.03)+(3.70 kg de caña de azúcar x US$.012= US$.04)= .07 ó 1.3 centavos por kilogramo de alimento consumido. Tomando el precio actual, en Colombia, de novillos engordados de US$.48 por kilogramo de peso vivo y un promedio de ganancia diaria de .62kg el costo de producción del alimento por kilogramo de ganancia (US.11¢) representaría solamente un 23 por ciento del valor de un kilogramo de ganancia, mientras que el costo de la dieta de caña de azúcar y torta de algodón por kilogramo de ganancia (US$.40 ¢) equivalen a un 8 por ciento del valor de un kilogramo de ganancia, en este experimento.

CUADRO 10. Costos de producción

	Materia seca/ha	Costo/ ha US$	Costo kg	Consumo diario/ kg	Costo diario US$
Caña de azúcar	50 ton	625.oo	.01	3.70	.04
Forraje de yuca	20 ton	428.oo	.02	1.52	.03
				TOTAL	.07

Ganancia promedia diaria		.62 kg
Valor peso vivo	US$	.48 kg
Valor de un día de ganancia	US$	.30

Es preciso recalcar que el contenido proteínico en la ración I seguramente fué superior a lo necesario y contribuyó al mayor costo de la ra

ción. Además, las cifras de producción de forraje presentadas en este trabajo corresponden al Valle del Cauca, en Colombia, acercándose más a cifras óptimas que al promedio en el trópico.

Sin embargo, no cabe duda que el forraje de yuca puede desempeñar un papel importante en la alimentación de rumiantes en el trópico ya sea que se utilice como parte de una ración de engorde o como suplemento durante la época de sequía para los hatos reproductores.

Resumen

El valor nutritivo de la yuca como forraje es poco conocido y aún menor lo es su utilización en las regiones tropicales del mundo, de donde es nativa. El presente trabajo muestra las ventajas, (en condiciones en las cuales se hizo el estudio), del forraje de yuca como fuente de proteína que compite eficientemente con otras fuentes de proteína vegetal, de acuerdo con los resultados que se obtienen del comportamiento animal. La producción anual de materia seca por hectárea es muy alta en comparación con otras plantas tropicales ricas en proteínas, por lo cual resulta muy atractiva para uso como forraje. El rendimiento más alto se obtuvo con una población de 111.000 plantas por hectárea y un intervalo entre cosechas de 90 días.

UTILIZACION DE YUCA FRESCA Y HARINA DE YUCA EN ALIMENTACION PORCINA

Guillermo Gómez*
Carlos Camacho**
Jerome H. Maner***

El problema mundial de producción y disponibilidad de alimentos para cubrir los requerimientos nutricionales mínimos de la población humana en los países en desarrollo, afecta directamente las perspectivas de aumentar la producción de carne de las especies animales que por sus características fisiológicas compiten con la especie humana en la utilización de los recursos alimenticios. Los granos de cereales contribuyen, más que cualquier otro cultivo alimenticio, a cubrir proporciones considerables de calorías y proteína en la dieta humana, y por tanto su disponibilidad para alimentación porcina en América Latina es muy limitada. Consecuentemente, los programas de alimentación para proyectos porcinos en esta región deben basarse prioritariamente en la eficiente utilización de sub-productos industriales derivados del procesamiento de ciertos cultivos (residuos de molinería de cereales, polvillo de arroz, melaza de caña) o en el aprovechamiento de cultivos que tradicionalmente no son usados en alimentación animal.

Entre los cultivos promisorios en América Latina, el de la yuca ofrece perspectivas halagadoras por el potencial de incremento en su producción mediante mejoras de selección genética basada en rendimientos elevados y en resistencia a enfermedades y al ataque de insectos. La yuca es originaria de América Latina, siendo Brasil el primer productor de yuca en el mundo (FAO, 1972). La yuca representa un ingrediente básico en la dieta humana de la mayoría de países latinoamericanos, estimándose que provee aproximadamente 12 porciento de las calorías dietéticas de la población de estos países (Phillips, 1974).

---

*Bioquímico/ nutricionista

**Médico Veterinario producción porcina. República de México

***Zootecnista

Existe poca información sobre la cantidad de yuca utilizada en alimentación animal en los países latinoamericanos. En la mayoría de ellos los costos o precios de mercado de las raíces son muy elevados como para justificar su uso en alimentación animal, sinembargo en Brsail se estima que cerca del 60 porciento de la producción de yuca se emplea en alimentación animal, principalmente en la forma de yuca fresca. Por otro lado los países del Mercado Común Europeo, especialmente Holanda y Alemania Occidental importan "cassava chips" de Thailandia e Indonesia e incluyen porcentajes relativamente elevados en dietas comerciales de costo mínimo principalmente para porcinos (Phillips, 1974). Las perspectivas de aumento de producción de yuca permiten preveer que si los precios de yuca son reducidos por dicho aumento, las raíces de yuca podrían ser utilizadas para alimentación animal y preferencialmente para porcinos. Además de esta forma se ahorraría el uso de granos de cereales en alimentación porcina. En vista de estas circunstancias es necesario revisar algunos aspectos nutricionales relacionados con la utilización de yuca en alimentación porcina que sirvan de guía en aquellos lugares donde sea económicamente factible utilizar las raíces en alimentación animal.

Uso de yuca fresca en alimentación porcina

Las raíces de yuca pueden ser picadas luego de cosechadas y suministradas a los cerdos. Debido a su alto contenido de humedad el producto no puede almacenarse como tal y debe ser consumido rápidamente o de lo contrario ser secado y convertido en harina de yuca para luego incluírlo en dietas o raciones secas. La aceptibilidad de la yuca fresca por parte de cerdos depende principalmente de su contenido variable de ácido cianhídrico o más propiamente del contenido del glucósido cianogénico.

Las raíces de yuca son normalmente clasificadas en yucas "dulces" o "amargas" según su contenido de ácido cianhídrico o ácido prúsico. Contrario a lo que se asumía anteriormente la cantidad de ácido cianhídrico libre es muy limitada y realmente son los glucósidos cianogénicos los que contienen ácido cianhídrico en su composición. El ácido cianhí

drico es liberado por tratamiento con ácidos diluídos o mediante la acción de las enzimas presentes en las plantas cianofóricas una vez que se destruye la estructura celular de la planta. En la yuca el glucósido cianogénico recibe el nombre de "linamarina". La mayoría del ácido cianhídrico está contenido en las raíces de la yuca. Debido a que el contenido de linamarina puede ser afectado por condiciones ambientales y a que no todos los cultivares de yuca reaccionan igualmente a dichos cambios (De Bruijn, 1973), es difícil establecer un límite exacto para la clasificación de yucas "dulces" y "amargas", Por otro lado los resultados reportados en la literatura varían a menudo debido a diferencias en las técnicas analíticas empleadas.

En el CIAT hemos estudiado el efecto de agregar un homogenado crudo de linamarasa a la reacción de hidrólisis de la linamarina, modificando ligeramente el método descrito por Wood (1965). El cuadro 1 muestra algunos resultados de estos estudios (Tewe, 1975) por los cuales se puede apreciar que la adición de linamarasa permite una mayor liberación del ácido cianhídrico presente en las muestras. Los análisis realizados en la corteza o cáscara y en la pulpa indican claramente que la mayor cantidad de linamarina se encuentra presente en la corteza, mientras que en la pulpa de la raíz la cantidad de ácido cianhídrico es menor. Los resultados de los análisis de muestras de raíces completas son generalmente más difíciles de duplicar porque las proporciones de corteza y pulpa pueden variar y por tanto afectan considerablemente los resultados. El secado de las raíces y su transformación en harina reduce considerablemente el contenido de linamarina y elimina básicamente los problemas de toxicidad. Es necesario aclarar que las raíces clasificadas "dulces" contienen cantidades variables de linamarina y que en ellas la mayor concentración se encuentra también en la corteza, sinembargo las cantidades suelen ser muy inferiores a las encontradas en las raíces "amargas". Así por ejemplo, análisis de raíces de yuca "dulce" (MCol 22) dieron los siguientes resultados, expresados en mg de HCN por kg de materia seca: corteza, 364.3; pulpa 92.9 y raíz completa, 245.6.

CUADRO 1. Efecto de la adición de linamarasa [1] sobre el contenido de ácido cianhídrico de yuca amarga (CMC 84) fresca y seca.

Material	Contenido de HCN en yuca CMC 84	
	- Linamarasa	+ Linamarasa
	mg HCN / kg mat. seca	
Corteza	557.9	954.8
Pulpa	281.4	540.5
Raíz entera	482.7	621.8
Harina yuca	42.1	102.4

1) Linamarasa es la enzima que descompone la linamarina, nombre común que se da a los glucósidos cianogénicos de la yuca.

Los cerdos alimentados con yuca fresca consumen cantidades variables del material fresco según que se trate de yucas "dulces" o "amargas". En un experimento con cerdos durante el período de acabado se observó que los animales no consumieron cantidades apreciables de yuca "amarga" resultando en ganancias de peso menores que las esperadas o aún en pérdida de peso cuando el suplemento proteico se proporcionó mezclado con la yuca "amarga" picada. Los resultados de este experimento se muestran en el cuadro 2. Puede observarse que los cerdos consumieron cantidades de aproximadamente 3.0 kg diarios por animal, de yuca fresca "dulce" bien que fuere proporcionada separada del suplemento proteico o mezclada con el mismo; en cambio, los cerdos alimentados con yuca fresca "amarga", consumieron en promedio solamente 1.0 kg diario de yuca por animal, compensando esta deficiencia con un mayor consumo del suplemento proteico. Los cerdos a los cuales se les proporcionó la yuca "amarga" mezclada con el suplemento proteico consumieron una cantidad de alimento total mucho menor que el requerido para cubrir sus necesidades mínimas de mantenimiento y por tanto perdieron peso durante el período experimental. Estos resultados indican claramente que los cerdos no consumen yucas frescas "amargas" en las cantidades requeridas para obtener rendimientos aceptables y que estas yucas deben ser procesadas convenientemente para eliminar la mayor cantidad de linamarina presente en ellas.

Uso de harina de yuca en alimentación porcina

Una de las formas más sencillas de eliminar o reducir considerablemente el contenido de linamarina presente en las raíces de yuca es sometiéndolas al proceso de secado. Este proceso puede hacerse en hornos con circulación de aire caliente o secado al aire sobre piso de concreto o bandejas de secado sobre rieles. En cualesquiera de los casos las raíces deben ser picadas o cortadas en rodajas antes de proceder a secarlas. La acción de la linamarasa presente en la corteza de las raíces es activada al destruírse la estructura celular de las mismas, favoreciendo la hidrólisis de la linamarina y liberando la mayor parte del ácido cianhídrico de dicho glucósido.

CUADRO 2. Resultados de la alimentación de cerdos en acabado con yucas frescas dulces (Llanera) y amarga (CMC 84).

Parámetro	Yuca dulce +		Yuca amarga +	
	Suplemento A voluntad	Suplemento Controlado	Suplemento A voluntad	Suplemento Controlado
Ganancia diaria, kg	.66	.77	.56	-.08
Consumo diario				
Yuca, kg	2.99	3.40	.99	.93
Supl. proteico, kg (30%)	.81	.82	1.21	.22
Total alimento, kg (90% M.S.)	1.98	2.01	1.60	.58
Alimento/ganancia	2.99	2.61	2.86	-
Proteína en dieta, %	14.1	13.3	23.5	13.3

El producto final contiene porcentajes de humedad mucho menores que los originales resultando en un producto fácil de almacenar y manipular, y elevándose la concentración de almidones a niveles del 70-75%. El Cuadro 3 muestra la composición química aproximada de las raíces de yuca fresca y de la harina de yuca seca; los cambios principales se reflejan en el contenido de humedad y en la concentración de almidones. La composición química de la yuca sugiere claramente que sus raíces són ricas en calorías en la forma de carbohidratos y deficientes en proteína, grasa y algunos minerales y vitaminas. La calidad de la proteína de las raíces de yuca es inferior a la mayoría de otras fuentes alimenticias carbohidratadas. Los estandares usados en el comercio para emplear las rodajas o harina de yuca en alimentación animal son 13-14% de humedad máxima, 5-6% máximo de fibra cruda, 3-5% de cenizas y un mínimo de 70% de almidón (Seerley, 1972). La mayoría de las harinas de yuca poseen niveles de linamarina que fluctúan entre 50-300 mg de ácido cianhídrico por kg de materia seca; las harinas de yuca dulce analizadas en CIAT contienen normalmente entre 50-100 mg de ácido cianhídrico por kg de materia seca mientras que las harinas de yuca amarga muestran valores que fluctúan entre 150-300.

Las diferencias observadas entre el consumo de yucas frescas "dulces" y "amargas" son reducidas considerablemente cuando las raíces son secadas, molidas en forma de harina e incorporadas a dietas balanceadas. Los resultados obtenidos con cerdos en crecimiento sugieren que aunque las ganancias de peso y el consumo de las dietas son ligeramente menores para los animales que recibieron la dieta a base de harina de yuca amarga (CMC 84) comparados con los de la dieta a base de harina de yuca dulce (Llanera) (Cuadro 4), las diferencias no son tan notorias como aquellas observadas con las respectivas raíces frescas (Cuadro 1). Por lo menos parcialmente estos resultados podrían ser causados por un mayor contenido de linamarina remanente en las harinas de yuca amarga.

Los efectos de la linamarina remanente en las harinas de yuca amarga pueden reflejarse en una mayor necesidad de agentes detoxificantes del

CUADRO 3. Composición química promedio de raíces y de harina de yuca.

Componente	Yuca fresca	Harina de Yuca
	porcentaje tal como ofrecido	
Humedad	60-65	10-14
Proteína cruda (N x 6.25)	1-2	3-4
Extracto etéreo	0.2-0.5	0.6-1.0
Fibra cruda	0.8-1.0	3-4
Ext. libre de nitrógeno	30-35	70-75
Cenizas	1-2	2-4

ácido cianhídrico y/o en una menor gustosidad o aceptación de estas harinas por parte de los animales que la consumen. El organismo animal es capaz de detoxificar cantidades apreciables del ion cianuro haciendo uso de la enzima rodanasa que convierte el cianuro en tiocianatos, los cuales son excretados principalmente en la orina (Himwich and Saunders, 1948). Para este proceso el organismo animal necesita el aporte de azufre; resultados experimentales han demostrado que la suplementación de metionina en dietas a base de harina de yuca conteniendo niveles elevados de cianuro permite la formación de mayores cantidades de tiocianatos excretados en la orina (Maner and Gómez, 1972).El efecto de varios compuestos conteniendo azufre, tales como metionina,tiosulfato y azufre elemental en dietas a base de harina de yuca amarga ha sido estudiado y los resultados (Cuadro 5) sugieren que metionina, tiosulfato de sodio o azufre elemental producen efectos similares en materia de los parámetros de producción observados. (Job, 1975). En el caso de dietas a base de harina de yuca y de torta de soya como suplemento proteico en experimentos con ratas, la adición de metionina parece cumplir el doble objetivo de mejorar la calidad de la proteina de la dieta y de constituírse en el agente detoxificador mediante el abastecimiento de azufre para convertir los cianuros en tiocianatos (Maner and Gómez, 1973). Con fuentes proteicas de origen animal los resultados podrían ser ligeramente diferentes a los observados con torta de soya.

Un aspecto adicional estudiado ha sido la adición de un agente edulcorante, en este caso melaza de caña, en dietas a base de harina de yuca amarga. La adición de melaza de caña tenía la doble finalidad de mejorar la aceptación de las raciones a base de harina de yuca amarga así como de mejorar la aparicencia física de las dietas al disminuir la consistencia polvorienta de las mismas. En todos los experimentos reportados en este trabajo las dietas concentradas fueron proporcionadas a los cerdos en forma de harina. La adición del 15 porciento de melaza de caña no mejoró significativamente la ganancia de peso, ni aumentó el consumo de alimento diario (Cuadro 6). En este experimento las dietas fueron suplementadas con 0.1% de metionina.

CUADRO 4. Ganancia de peso de cerdos en crecimiento alimentados con harina de yuca dulce y amarga. a/

Parámetro	Dietas a base de harina de yuca	
	Dulce	Amarga
Peso promedio final, b/ kg	57.1	54.9
Ganancia diaria, kg	.62	.56
Alimento diario, kg	1.77	1.35
Alimento / Ganancia	2.86	2.43

a/ Composición de las dietas, en porcentajes: harina de yuca, 72.7; torta de soya, 24.0; harina de huesos, 2.5; premezcla vitaminas, 0.3 y premezcla minerales, 0.5.

b/ Pesos promedios iniciales: 39.8 y 39.3 kg para grupos de harina de yuca dulce y amarga, respectivamente.

Harina de yuca dulce en programas de alimentación durante el ciclo de vida del cerdo.

La harina de yuca es una fuente energética de alto valor nutritivo por su elevada cantidad de carbohidratos (70-75%) altamente digeribles, sin embargo su contenido de proteína cruda es muy reducido necesitando por lo tanto ser suplementada adecuadamente con un ingrediente proteico. La utilización de la harina de yuca como el ingrediente energético de dietas balanceadas para cerdos durante su ciclo de vida ha sido estudiada en comparación con dietas testigos a base de maíz común; en ambos casos del maíz y de la harina de yuca, se utilizó la torta de soya como el ingrediente proteico para balancear las dietas, sin suplementación de metionina. Las dietas experimentales fueron consumidas por cerdas primerizas desde que pesaban 20 kg aproximadamente y durante los períodos subsecuentes de su crecimiento, acabado, pregestación, gestación y lactancia, incluyendo la alimentación de sus primeras camadas. Las dietas fueron calculadas para cubrir los requerimientos nutritivos normales de los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo (NRC, 1973).

Los resultados de las primeras camadas sugieren que dietas a base de harina de yuca y de torta de soya permiten obtener camadas con un número de lechones destetos menor (6.6 vs 9.4) que las obtenidas con dietas a base de maíz común y torta de soya. El peso promedio de los lechones al destete fue similar (15.87 vs 15.70 kg) para ambos grupos y por tanto la diferencia principal se observa en el número de lechones. El peso total de las camadas procedentes del grupo alimentado con harina de yuca fue menor que el correspondiente a camadas del grupo testigo (103.6 vs 145.4 kg). La cantidad de dieta consumida por cerda primeriza fue similar para el grupo testigo y el alimentado con harina de yuca y de aproximadamente una tonelada por animal. Por su escasa cantidad de proteína curda las dietas a base de harina de yuca requirieron un 65% más de torta de soya para balancearlas que las dietas a base de maíz común.

CUADRO 5. Efecto de la suplementación de compuestos azufrados en dietas a base de harina de yuca amarga sobre la ganancia de peso de cerdos en crecimiento.

Variable experimanetal a/	Promedio Diario kg		Alimento / ganancia
	Ganancia	Consumo	
Dietas a base de harina de yuca amarga			
Control	.67	1.81	2.70
+ 0.2% metionina	.70	1.77	2.53
+ 0.79% tiosulfato de sodio	.61	1.58	2.59
+ 0.2% azufre elemental	.65	1.64	2.52

a/ Promedios de 5 cerdos, alimentados individualmente. Peso vivo inicial, 19.5 kg y final 47.1 kg. Período experimental: 42 días.

CUADRO 6. Efectos de la adición de melaza en dietas a base de harina de yuca amarga sobre la ganancia de peso de cerdos en crecimiento y acabado. a/

Parámetro b/	Harina de yuca amarga (CMC 84)	
	Sin melaza (0%)	Con melaza (15%)
Ganancia diaria, kg	.81	.81
Alimento diario, kg	2.65	2.57
Alimento/ganancia	3.26	3.17

a/ Metionina incluída; 0.1% en dieta.

b/ Promedios de ocho cerdos por grupo. Peso promedio inicial: 24.3 kg y final, 91.8 kg.

Estos resultados sugieren que se requieren más estudios en relación a la calidad de la proteína en las dietas a base de harina de yuca, ya que aparentemente puede ser uno de los factores limitantes responsables de los rendimientos inferiores de los animales alimentados con dichas dietas. Como factor de seguridad es aconsejable suplementar las dietas a base de harina de yuca con metionina en niveles de 0.2-0.3%. Un trabajo experimental actualmente en ejecución estudia el efecto de la suplementación de metionina en dietas con harina de yuca durante las etapas de gestación y lactancia. Por otro lado por las características de su composición química, la factibilidad económica de utilización de harina de yuca en dietas para porcinos dependerá en parte del precio del ingrediente o suplemento proteico.

Producción de proteína microbiana a partir de la yuca

En muchas áreas, especialmente de las regiones tropicales, el cultivo de yuca es bastante promisorio y puede constituír la base para programas de alimentación porcina. Como se ha indicado antes, por su limitada cantidad de proteína cruda, la eficiente utilización de la yuca requiere del aporte de cantidades significativas de proteína suplementaria. Sin embargo, a menudo en dichas regiones no se producen cultivos que aporten o suplan la proteína necesria para balancear las dietas; como en la mayoría de los casos las vitaminas y los minerales, son requeridos en cantidades pequeñas, se encuentran comercialmente disponibles. Estudios recientes realizados en la Universidad de Guelph (Reade and Gregory, 1975) en Canadá, permiten considerar la posibilidad de producir proteína microbiana en base a un proceso de fermentación que utiliza los carbohidratos de la yuca como fuente energética la cual es suplementada con una fuente nigrogenada no-proteica, tal como la úrea. Mediante este proceso es posible obtener un producto que contiene del 35 al 40% de proteína en base seca y cuya calidad nutritiva, cuando es suplementada con 0.2-0.3% de metionina, es similar al de la caseína.

El proceso reviste ciertas caracterísricas que lo harían de fácil

aplicación práctica. Entre ellas: no requiere de la hidrólisis química del almidón de yuca; no requiere de enfriamiento por refrigeración; los requerimientos de asepsia son mínimos; el diseño del fermentador es sencillo y el sistema de recolección del producto final no requiere de centrifugación. Las condiciones del proceso de fermentación han sido descritas (Reade y Gregory, 1975) y actualmente se está finalizando el montaje de una planta piloto en CIAT para producir yuca enriquecida con proteína microbiana en escala suficientemente grande para obtener las cantidades necesarias para evaluar su calidad nutritiva con porcinos. Las perspectivas del proceso son bastante halagadoras ya que permitirían la producción de una excelente fuente proteica a partir de la misma yuca que solucionaría la limitación principal en el uso de las raíces de yuca a nivel práctico.

Resumen

El cultivo de yuca es uno de los cultivos promisorios cuyas raíces pueden ser eficientemente utilizadas en alimentación porcina. Las raíces de yuca de variedades "amargas", que contienen niveles elevados del glucósido cianogénico "linamarina", no son apetecidas por los cerdos cuando se suministran como raíces frescas y picadas. La forma más práctica de alimentar raíces de yuca a los cerdos es secándolas y luego moliéndolas para convertirlas en harinas de yuca e incorporarlas como tales en dietas balanceadas. Las harinas de yuca son excelentes fuentes de carbohidratos pero por su limitado contenido de proteína, requieren de cantidades apreciables de suplementación proteica. Especialmente cuando se usan proteínas de origen vegetal se recomienda suplementar 0.2% de metionina a las dietas. Un proceso nuevo de fermentación de yuca que se encuentra en la etapa experimental permite vislumbrar la posibilidad de producir proteína microbiana a partir de la misma yuca.

REFERENCIAS

Bruijn, G.H. de 1973. The cyanogenic character of cassava (Manihot esculenta), p. 43-48. In chronic cassava toxicity; proceedings of an interdisciplinary workshop, London, Englan, 29-30 January 1973, Int. Develop. Res. Centre Monogr. IDRC - 010e.

FAO. 1972. Production yearbook Vol. 26.

Himwich, W.A.and J.P. Saunders. 1948. Enzymatic conversion of cyanide to thiocyanate, Amer. J. Physiol. 153: 348.

Job, T.A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effects of sulfur sources on cyanide detoxification. Ph. D. Thesis, University of Ibadan, Nigeria.

Maner, J.H. and G.Gómez, 1973. Implications of cyanide toxicity in animal feedinf studies using high cassava retions; p. 113-120. In Chronic cassava toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Int. Develop. Res. Centre Monogr. IDRC-010e.

N.R.C. 1973. Nutrient Requirements of Domestic Animals, No.2, Nutrient Requirements of Swinw, National Research Council, Washington, D. C.

Phillips, P. Truman 1974. Cassava utilization and potential markets. Int. Develop. Res. Centre Monogr. IDRC-020e.

Reade, A.E. and K.F. Gregory. 1975. High-temperature production of protein enriched feed from cassava by fungi. Appl. Microbiol. 30: 897.

Seerley, R.W. 1972. Utilization of cassava as a livestock feed. In A li-

terature Review and Research Recomendations on cassava, AID Contract No. esd/2497., University of Georgia.

Tewe, O.O. 1975. Implications of the cyanogenic glucoside fraction of cassava in the growth and reproductive performance of rats and pigs. Ph. D. Thesis, University of Ibadan, Nigeria.

Wood, T.J. 1965. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. J. Sci. Fd. Agric. 16: 300.

Dietas a base de maíz, sorgo o harina de yuca y torta de soya para diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo

% Pc	Ingrediente	Dietas 18% prot. cruda[a/]			Dietas 16% prot. cruda[b/]			Dietas 13% prot. cruda[c/]		
		Maíz	Sorgo	Har. Yuca	Maíz	Sorgo	Har. Yuca	Maíz	Sorgo	Har. Yuca
					Porcentajes					
9.5	Maíz	59.4	-	-	77.1	-	-	84.9	-	-
9.0	Sorgo	-	58.6	-	-	76.1	-	-	83.8	-
2.0	Harina de yuca	-	-	49.5	-	-	64.2	-	-	70.7
-	Azúcar	10.0	10.0	10.0	-	-	-	-	-	-
48.0	Torta de soya	25.8	26.6	35.5	18.1	19.1	30.8	10.3	11.4	24.2
-	Harina de huesos	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Premezclas									
	Minerales	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Vitaminas	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	DL-Metionina	-	-	0.2	-	-	0.2	-	-	0.2

[a/] Para lechones lactantes, hasta la 9a. semana de edad.

[b/] Para cerdos en crecimiento (destete- 50 kg), para marranas gestantes y lactantes, según las indicaciones expresadas en carta adjunta.

[c/] Para cerdos en acabado (50-100 kg) y para período de pre-gestación. Ver indicaciones en carta.

UTILIZACION DE LA ESTADISTICA Y EL DISEÑO EXPERIMENTAL EN INVESTIGACIONES EN YUCA

María Cristina Amézquita*

Introducción:

Quisiera comenzar esta primera conferencia dándoles una idea bastante breve de lo que es la Unidad de Biometría dentro del CIAT, y del porqué nosotros existimos en un centro de investigación agropecuaria. Luego entraremos en la definición del Método Científico, como la integración de las distintas etapas por las que pasa un investigador, desde la observación crítica de un fenómeno hasta la inferencia de conclusiones. Esto nos llevará a entender mejor la relación que existe entre la pregunta que se hace el investigador y el diseño experimental que debe utilizar para probar su hipótesis. Y por último hablaremos del porque se utiliza la estadística en la investigación.

En la segunda y tercera conferencias estudiaremos los diseños más utilizados en experimentación con yuca y, mediante el uso de ejemplos tomados de experimentos realizados por el Programa de Yuca del CIAT, veremos su utilidad.

El tema de la última conferencia será la aplicación de la estadística en las Pruebas Regionales, realizadas por el Programa de Agronomía de Yuca del CIAT en 1975.

---

* Estadística Matemática

Papel de la Unidad de Biometría en el CIAT:

La Unidad de Biometría es un grupo central de servicio que presta asesoría en las etapas de planeación, diseño, análisis e interpretación de los resultados relacionados con las distintas investigaciones y experimentos realizados por los programas del CIAT. Estos servicios son sufragados con fondos de la misma Unidad y se suministran sin ningún costo a los programas de investigación y adiestramiento.

Podemos resumir las funciones de Biometría en las siguientes formas:

1. Asesoría estadística en la planeación, diseño, análisis e interpretación de los experimentos.
2. Manejo de grandes volúmenes de información (encuestas socio-económicas y agropecuarias, bancos de germoplasma, creación y mantenimiento de archivos de datos).
3. Desarrollo de proyectos de investigación cooperativos con otros programas.
4. Evaluación de tecnología (estudio del impacto de nuevas variedades, prácticas culturales, etc. desarrolladas por el CIAT).
5. Investigación sobre la implementación de nuevas técnicas estadísticas.
6. Adiestramiento de profesionales en el campo estadístico.

En lo que concierne específicamente a las actividades cooperativas de Biometría con el Programa de Yuca tenemos: la creación de un modelo matemático de simulación del comportamiento fisiológico de la planta de yuca; la formación y mantenimiento de los archivos de encuestas agro-económicas hechas a productores de yuca en Colombia y Ecuador para análisis y referencia; análisis estadístico de los resultados de las Pruebas Regionales; formación del banco de germoplasma de yuca, compendio de las caracteristicas morfológicas, agronómicas y genéticas de 1855 variedades

de yuca (Manihot esculenta, Krantz). Está en proceso la incorporación de datos de reacción a plagas y enfermedades, Además se están adelantando en la actualidad dos proyectos cooperativos: el estudio de estabilidad de variedades en base a los datos de las Pruebas Regionales 1975; y la creación de un modelo matemático que describe el desarrollo del gusano cachón, bajo el control biológico de las avispas polistes canadensis (predator) y Trichograma s.pp. (parásito).

El Método Científico:

El conjunto de las etapas lógicas que sigue un investigador para llegar a inferir algo a partir de la observación crítica de un fenómeno es en sí la metodología científica. Podemos decir que el método científico es la aplicación de la lógica y la objetividad al mejor entendimiento del fenómeno. Su característica esencial es que partiendo de una observación crítica llegue a formular hipótesis que puedan ser probadas experimentalmente.

La palabra " experimento" es básica en la metodología científica, ya que cualquier pregunta cuya respuesta no haya sido obtenida a través de observaciones planificadas no va a formar la esencia real de la ciencia. Podemos describir el proceso que sigue el método científico así:

1. Observación del fenómeno: Consiste en observar de una manera crítica el fenómeno sin que ésto nos permita llegar a una conclusión: Ej.: En un terreno sembrado con una misma variedad de yuca se observa que en determinadas áreas las plantas se ven raquíticas mientras que en otras el cultivo se ve vigoroso.

2. Planteamiento del problema: Esta observación del fenómeno conlleva al planteamiento de un problema cuya solución debe ser la meta del investigador. En nuestro ejemplo anterior, el problema podría plantearse como: la producción de yuca en ese terreno es susceptible de mejorarse.

3. Establecimiento de las hipótesis: Muchas son las hipótesis

que el investigador se puede plantear sobre las posibles causas que producen el fenómeno observado. Lo importante es formular hipótesis relevantes al problema y que sean verificables experimentalmente. Siguiendo nuestro ejemplo, una hipótesis puede ser:

H_1: La deficiencia de Nitrógeno en el suelo produce falta de vigor en la planta de yuca.

4. Verificación objetiva de las hipótesis: Se lleva a cabo efectuando un experimento. En él el investigador trata de controlar todos los factores, con excepción de aquellos cuyo efecto desea medir. Sin embargo existen factores imposibles de ser controlados*, como las variables climatológicas por ej.: que constituyen el "error experimental". Si se deseara probar la hipótesis H_1 de nuestro ejemplo anterior, una forma de verificarla objetivamente sería ensayar distintos niveles fijos de Nitrógeno y observar el comportamiento de la planta manteniendo los otros factores constantes (contenido de otros minerales en el suelo, riego, etc.)

5. Diseño del experimento: Es el patrón que indica la forma como se deben aplicar los tratamientos a las unidades experimentales.[1/] Al escoger un diseño experimental se hace análisis en seleccionar aquel que minimice las variaciones no controlables por el experimentador, es decir la varianza del error experimental. El tipo de diseño a utilizar depende de las hipótesis que se desean probar simultáneamente. Entre mayor sea el número de hipótesis más refinado será el diseño experimental a utilizar.

---

* o que sería muy costoso controlarlos.

1/ Unidad experimental es la unidad mínima a la cual se aplica un tratamiento dado.

6. Ejecución del experimento: El experimento debe llevarse a cabo siguiendo el diseño experimental planeado. En términos generales las recomendaciones básicas para un buen manejo de experimentos en yuca son: Uniformidad en la aplicación del riego, en la densidad de población, en las aplicaciones de insecticidas y fungicidas, siempre y cuando éstos no sean los factores de interés para el investigador.

7. Análisis e interpretación de resultados: El análisis de los resultados que arroje un experimento tiene por objeto probar mediante métodos estadísticos las hipótesis planteadas por el investigador. La técnica estadística a utilizar depende del tipo de datos que se colecten. Si se trata de datos continuos, como rendimiento (Kg/Ha), temperaturas, etc. ó de datos discretos que puedan transformarse en contínuos por Ej. conteos, el análisis estadístico se efectúa mediante técnicas para métricas. Si se desea analizar datos que indican una clasificación, es decir datos de tipo nominal (Ej. clases A,B,C), ordinal (Ej. clasificación en bueno, regular, malo) o de intervalo (Ej. calificaciones en escala 1,2,3,4, ó 5), el análisis estadístico se efectúa mediante técnicas no-paramétricas.

Utilidad de la estadística en la investigación:

Existen dos tipos de experimentos: Los determinísticos y los aleatorios. Un experimento determinístico es aquel cuyo resultado es exacto; por Ej.: los experimentos físicos. Un experimento aleatorio es aquel cuyo resultado está sujeto a variaciones no controlables por el experimentador. Tales son los experimentos biológicos. Es por esto que la verificación de una teoría mediante experimentos aleatorios no puede ser absoluta. El investigador sólo puede demostrar que las observaciones son compatibles con la teoría, dentro de los límites de error a los cuales las mismas observaciones están sometidas.

El papel de la estadística consiste en proporcionar métodos que permitan distinguir entre, si la variabilidad observada se debe tan solo al azar o si se puede atribuir al tratamiento que estamos probando y así obtener conclusiones a partir de experimentos aleatorios, con un margen de error conocido.

Tipos de error: Dos tipos de error se pueden cometer en este proceso:

Error de tipo I: Rechazar una hipótesis cierta
Error de tipo II: Aceptar una hipótesis falsa

Debido a que los métodos estadísticos existentes nos permiten rechazar una hipótesis planteada, pero nunca aceptarla, el deseo del experimentador es minimizar la probabilidad de rechazar una hipótesis cierta, es decir, de cometer error de tipo I, para niveles dados de B y N, (N= tamaño de la muestra).

Usualmente se denota α = Probabilidad de cometer error tipo I, y
β = Probabilidad de cometer error tipo II.

El valor de α es lo que se conoce como "nivel de significación de una prueba estadística y se fija de antemano." $1 - \alpha$ indica el "nivel de confianza". $1 - \beta$ la "potecnia de la prueba". Los valores de α más utilizados son 5% y 1%, que le garantizan al experimentador una seguridad en sus conclusiones del 95 y del 99% respectivamente.

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON YUCA

Que es el diseño experimental:

Por diseño experimental se entiende el conjunto de reglas que indican cómo asignar los tratamientos a las parcelas experimentales. Un diseño bien hecho permite efectuar comparaciones válidas entre tratamientos, y controlar la principal fuente de variación que presentan

los experimentos de campo: la heterogeneidad del suelo. Un buen diseño debe incluir tres aspectos importantes: Aleatorización en la aplicación de los tratamientos adecuado número de replicaciones y máximo control del error experimental.

Escogencia del diseño:

El mejor tipo de diseño para un experimento dado depende de: La magnitud de la heterogeneidad del suelo en el área experimental, el tipo y número de tratamientos que se deseen probar y el grado de precisión deseado.

Diseños más utilizados en experimentación con yuca:

Los diseños más comunmente usados en experimentos de campo en yuca son:

- Completamente al azar (para uno o varios factores)
- Bloques completos al azar (para uno o varios factores)
- Parcelas divididas
- Diseños sistemáticos

Vamos a describir muy brevemente como y cuando usar cada uno de estos diseños. Presentamos algunos ejemplos ilustrando su uso.

Diseño completamente al azar:

- Se usa cuando las unidades experimentales son completamente homogéneas.
- Con el se puede probar cualquier número de tratamientos (ya sea un factor o varios niveles o combinaciones de distintos factores).
- Los tratamientos se aplican a las unidades experimentales al azar.
- Cualquier número de repeticiones es posible.

Ejemplo: Se desea comparar el efecto de tres formas distintas de siem-

bra de la estaca sobre el rendimiento de la yuca: siembra horizontal, vertical e inclinada. El terreno disponible para la siembra es perfectamente homogéneo. Entonces, como deseamos comparar tres tratamientos, debemos dividir el terreno en 3,6, 9,12,15, etc. parcelas (unidades experimentales) dependiendo de que el máximo número posible de replicaciones sea 1,2,3,4,5, etc. respectivamente. Si, por ejemplo, por restricciones en el área disponible, el máximo posible de replicaciones es 2, el terreno quedará dividido en 6 unidades experimentales iguales y cada tratamiento se aplicará a dos de ellas al azar. Una forma de disposición de tratamientos en el campo, se muestra en el cuadro siguiente. La variable a observar sería el rendimiento por parcela, medido como peso fresco de raíces en Ton/Ha.

T E R R E N O

EH	EI	EV
EV	EH	EI

EH= Se siembra la estaca en forma horizontal

EV= Se siembra la estaca en forma vertical

EI= Se siembra la estaca en forma inclinada

Diseño en Bloques completos al azar:

- Se utiliza cuando el terreno presenta un gradiente en una sola dirección, lo cual permite dividirlo en "Bloques" tan homogéneos como sea posible. Por ej.: gradientes de fertilidad, acidez, declive del terreno en una dirección definida, sugieren el uso de un diseño en Bloques Completos al Azar.

- Cada bloque debe contener todos los tratamientos, los cuales deben ser aplicados a las unidades experimentales al azar.

- Es adecuado para probar un número relativamente pequeño de tratamientos (menor de 12 según Kempthorne,menor de 10 según Gómez,K. A.) 1/. Los tratamientos pueden corresponder a distintos niveles de un factor o a combinaciones de varios factores.

- Permite cualquier número de replicaciones.

Para una adecuada utilización de este diseño, se requiere que la variación entre bloques sea lo más grande posible y la variación dentro de bloque sea mínima.

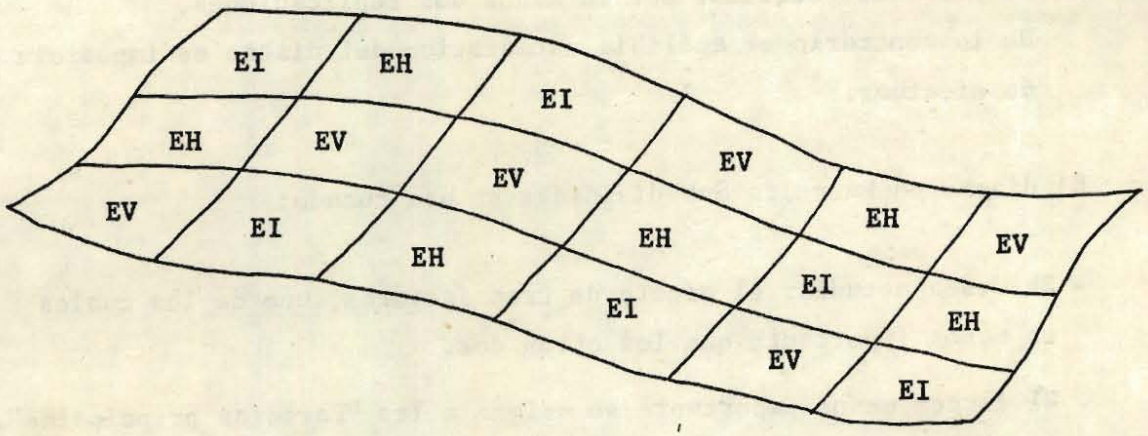
Ejemplo: Siguiendo el ejemplo anterior, supongamos que se desea comparar las tres formas de siembra de la estaca, pero el terreno de que se dispone para efectuar el experimento no es homogéneo; presenta una pendiente bastante marcada, siendo la parte baja más húmeda que la parte alta.

En este caso, lo aconsejable es dividir el terreno en " bloques": ALTO, MEDIO y BAJO, por ejemplo, y probar los tres métodos de siembra de la estaca en cada bloque, disponiéndolos al azar sobre las parcelas. La forma física del terreno, y una disposición de los tratamientos utilizando dos replicaciones, se ve en la gráfica a continuación:

1/ Cuando el número de tratamientos excede a 10 ó 12, el diseño aconsejado es el de Látices. No vamos a hacer especial mención de él aquí debido a que por problemas de manejo no es muy utilizado en experimentos con yuca.

DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL TERRENO

Zona Alta (Bloque 1)	Zona Media (Bloque 2)	Zona Baja (Bloque 3)



EH = La estaca se siembra en forma horizontal
EV = La estaca se siembra en forma vertical
EI = La estaca se siembra en forma inclinada

Diseño en Parcelas Divididas y Sub-divididas:

Forman parte de los diseños en "bloques incompletos", que como su nombre lo indica se utilizan en casos cuando, por falta de espacio, o problemas de manejo mismo del experimento, no se pueden aplicar todos los tratamientos a cada bloque. Tal es el caso de experimento en donde el factor "riego" es uno de los que se desea medir; es entonces aconsejable separar las parcelas que deben recibir riego de las que no.

El diseño en parcelas divididas se usa cuando:

1. Se desea estudiar el efecto de dos factores, uno de los cuales es menos importante que el otro.

2. El factor menos importante se asigna a parcelas denominadas " parcelas principales". El otro factor se aplica a las "sub-parcelas". Cada parcela principal contiene todas las sub-parcelas.

3. Es necesario utilizar por lo menos dos replicaciones. De lo contrario el análisis estadístico del diseño es imposible de efectuar.

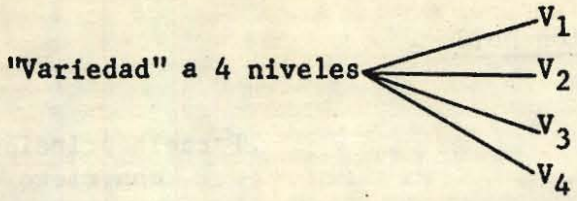
El diseño en Parcelas Sub-divididas se usa cuando:

- Se desea estudiar el efecto de tres factores, uno de los cuales es menos importante que los otros dos.
- El factor menos importante se asigna a las "Parcelas principales". Los otros dos factores se asignan a las sub-parcelas y a las sub-sub-parcelas respectivamente. Cada parcela principal debe contener todas las sub-parcelas y cada sub-parcela a su vez todas las sub-sub-parcelas.
- Es necesario utilizar por lo menos dos replicaciones, como en el caso del diseño en Parcelas divididas, para efectos de la validez de las comparaciones.

Ejemplo: "Efecto del Thrips en la producción de yuca". Se desea ver el efecto que tiene la plaga Thrips sobre la producción de 4 variedades de yuca, con y sin la aplicación de insecticida, con y sin riego. En este caso, los factores cuyo efecto sobre la producción se desea medir son tres:

"Riego" a 2 niveles < con, sin

"Insecticida" a 2 niveles < con, sin



Entonces, para efectos de mantener separadas las parcelas que reciben riego de las que no, se dividió el terreno en dos parcelas principales y se asignó a ellas el factor "Riego". Cada parcela principal se dividió en dos sub-parcelas (niveles de insecticida) y en cada sub-parcela se sembraron las cuatro variedades. Se utilizaron dos replicaciones en el experimento.

En esta forma, la disposición de los factores sobre el terreno quedó como muestra la gráfica:

Replicación No. 1

Parcela principal 1 con riego

Con insecticida	Sin insecticida
V_2	V_1
V_4	V_3
V_1	V_2
V_3	V_4

Parcela principal 2 sin riego

Con insecticida	Sin incecticida
V_2	V_3
V_4	V_1
V_3	V_2
V_1	V_4

Replicación No.2

Parcela principal 1
sin riego

Sin insecticidad	Con insecticida
V_2	V_3
V_1	V_2
V_3	V_1
V_4	V_4

Parcela principal 2
con riego

Con insecticida	Sin insecticida
V_3	V_1
V_1	V_3
V_4	V_2
V_2	V_4

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON YUCA (cont.)

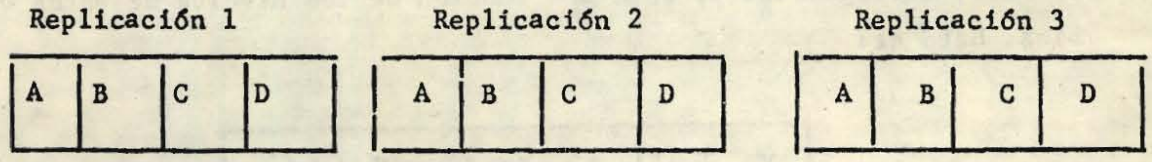
Diseños Sistemáticos:

Los diseños experimentales pueden dividirse en dos grupos: aleatorios y sistemáticos. Los diseños que hasta ahora hemos tratado son aleatorios y se caracterizan porque la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se hace en una forma perfectamente al azar.

En contraposición con ellos se encuentran los diseños sistemáticos, en los cuales la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se efectúa en forma ordenada o sistemática. El objetivo de este tipo de diseños es permitirle al investigador observar una respuesta contínua al tratamiento. Por ejemplo, si se desea estudiar la respuesta de una variedad de yuca al nitrógeno, se puede diseñar un experimento que consista en administrar distintas dosis de N al suelo en forma creciente y medir el rendimiento de la (o las) plantas que reciban al respectivo tratamiento.

Antes del desarrollo del diseño experimental moderno, esto es,

antes de que Fisher introdujera el principio de aleatorización en la asignación de tratamientos a las parcelas experimentales, un ordenamiento sistemático de los tratamientos en cada replicación parecía muy natural. Uno de los tipos más comunes de arreglo sistemático es aquel en el cual el ordenamiento de los tratamientos es exactamente el mismo en cualquiera de las replicaciones, como se aprecia en la gráfica.



Muchos otros diseños sistemáticos han sido desarrollados; sin embargo, todos presentan relativamente las mismas desventajas con respecto a los diseños aleatorios, y son:

1. Las diferencias detectadas entre tratamientos pueden contener un error sistemático debido a la correlación entre parcelas adyacentes.
2. No son eficientes cuando el área experimental es muy heterogénea pues no permiten un estimativo válido de la varianza.

Las ventajas son:

1. Simplicidad
2. Permiten un ordenamiento de los tratamientos. Por ejemplo, las variedades pueden ordenarse según su madurez, los fertilizantes en orden de su eficacia, etc.
3. La respuesta al tratamiento se puede apreciar en forma continua.

Entre los diseños sistemáticos, los más utilizados para experimentación en yuca en el CIAT son:

1. Superficies de respuesta
2. Diseño de abanico
3. Diseño en surcos paralelos.

Superficie de Respuesta:

Cuando se desea estudiar el efecto de uno o más factores $x_1, x_2, x_3, \ldots x_n$ que representen variables contínuas, como tiempo, cantidad de nitrógeno, temperatura, etc. es natural pensar en los rendimientos, o respuestas y, como una función de los niveles de estas variables. Esto es:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \ldots\ldots x_n) + \varepsilon$$

donde ε representa el error experimental.

La función f se denomina "superficie de respuesta".

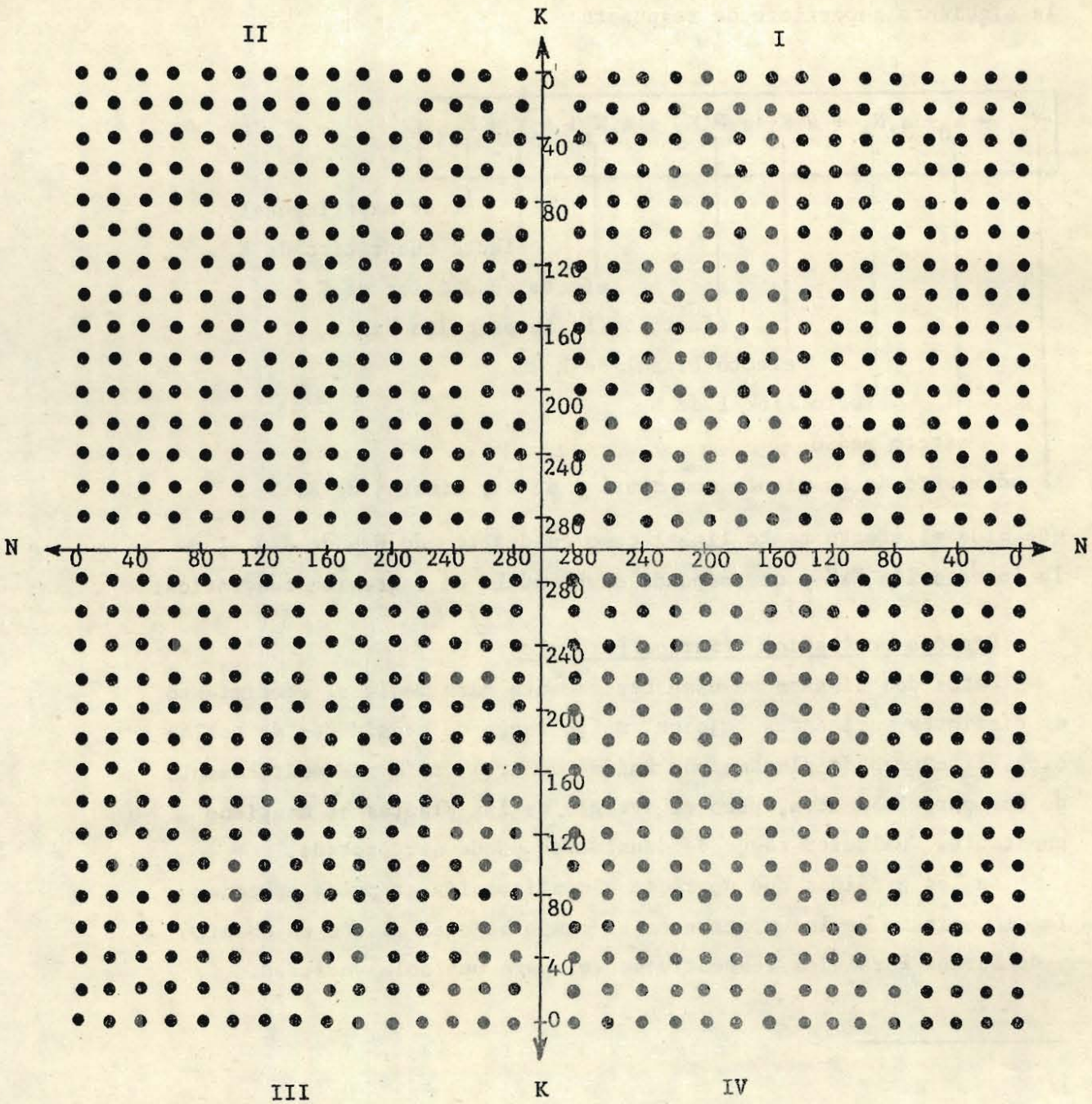
Un conocimiento de f dá un resumen completo de los resultados del experimento y permite predecir las respuestas para determinados valores de los factores x_i.

Ejemplo: " Efecto de N y K sobre el rendimiento de la planta de Yuca".

Se desea medir el efecto de 16 niveles de nitrógeno: 0, 20, 40,60,80,.....,300 gr/planta y 16 niveles de potasio: 0,20,40, 60,....300 gr/planta sobre el rendimiento de una variedad de yuca (medida en peso fresco de raíces). Las observaciones se hacen sobre plantas individuales.

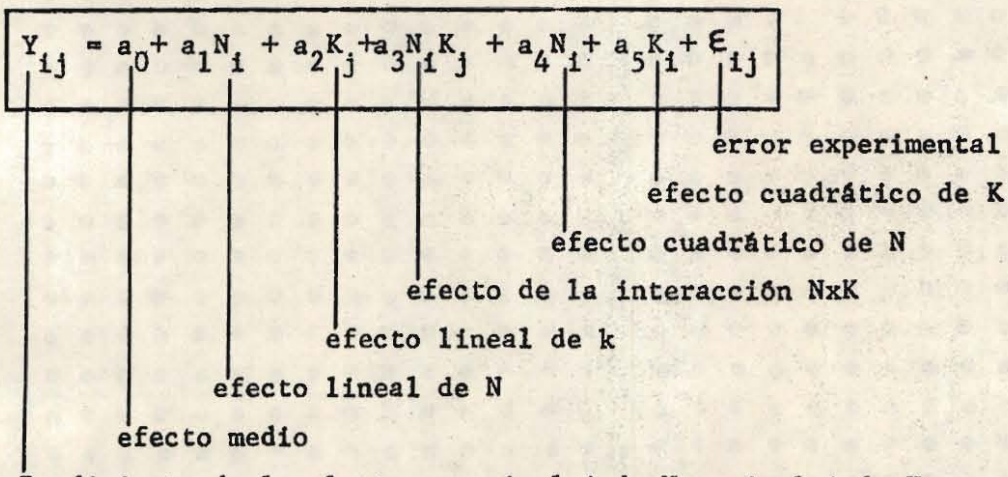
Se sembraron las plantas a una distancia de 80 cm y se aplicaron los niveles de N y K en la forma que muestra la gráfica, de tal manera que cada planta estuviera expuesta a una determinada combinación de NxK. Cada cuadrante corresponde a una replicación. El número de tratamientos por replicación, que corresponde al número de plantas, es de 16 x 16 = 256.

Diseño sistemático N x K en yuca en 4 replicaciones



Cada cuadrante representa una replicación completa del diseño con 256 plantas por replicación. Cada punto es una planta individual y recibe una de las 256 combinaciones de Nitrógeno por Potasio.

La respuesta de la yuca al N y al K se puede expresar mediante la siguiente superficie de respuesta:



que mide el efecto tanto lineal como cuadrático de N y de K y el de la interacción NxK y corresponde a un modelo de regresión cuadrática.

1/

Diseños en Abanico y Surcos Paralelos

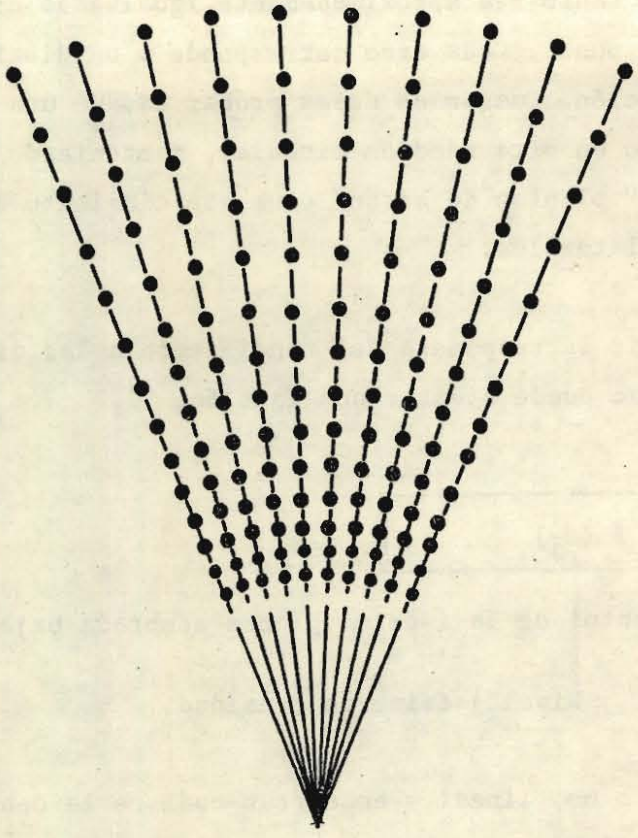
Estos dos diseños se usan básicamente para medir el rendimiento de distintas variedades bajo un amplio rango de densidades de población. El número de plantas por unidad de área varía sistemáticamente de una parcela a otra, pero el arreglo de las plantas se mantiene constante. Cualquier rango de densidades puede ser probado.

En las gráficas que aparecen a continuación se puede apreciar la disposición de las plantas en el campo bajo el diseño en Abanico y de Surcos Paralelos respectivamente, para una sola variedad.

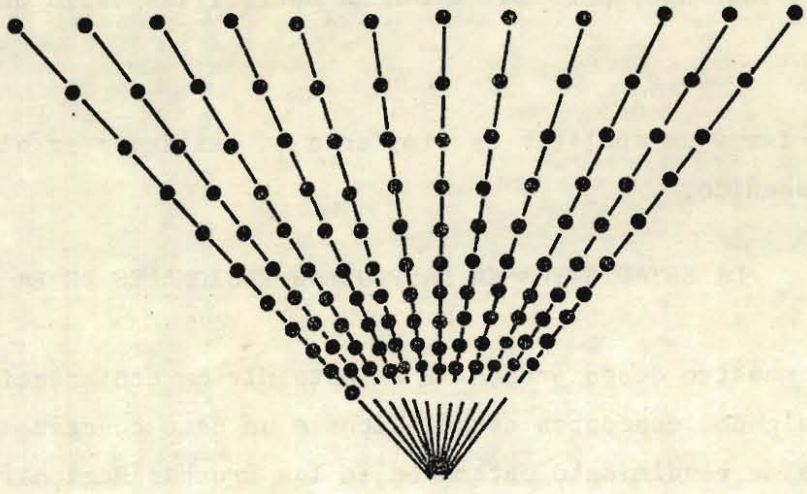
1/

Bleasdale, J.K.A. "Sistematic designs for spacing experiments". Experimental Agriculture. Agosto 12 de 1966.

Disposición de las plantas en un diseño de abanico para probar 14 densidades



Disposición de las plantas en un diseño de surcos paralelos para probar 10 densidades



En el diseño de abanico, las plantas se siembran en filas que irradian de un punto central, de tal manera que la distancia entre plantas a lo largo de un radio sea aproximadamente igual a la distancia entre los radios, en ese punto. Cada arco corresponde a un distinto nivel de densidad de población. Cuando se desea probar más de una variedad se repite este arreglo en otra sección circular, manteniendo entre dos variedades contiguas " plantas de borde" o un espaciamiento adecuado a lo largo de los radios laterales.

Para medir la respuesta del rendimiento a las distintas densidades de población, se puede ajustar una función,

$$R_{ij} = f(D_j)$$

R_{ij}: Rendimiento de la i-ésima planta sembrada bajo densidad j

D_j: Nivel j-ésimo de densidad.

que puede ser, o no, lineal y encontrar cuál es la densidad que produce el máximo rendimiento.

En el diseño de Surcos Paralelos, cada fila corresponde a un distinto nivel de densidad de población. El número de plantas por fila se mantiene constante, pero la distancia entre filas varía de forma sistemática.

La forma de análisis es similar a la utilizada en el caso del diseño de abanico.

LA ESTADISTICA EN LA PRUEBAS REGIONALES DE LA YUCA

Es nuestro deseo presentar en esta última conferencia la aplicación de algunos conceptos estadísticos a un caso concreto: análisis de los datos de rendimiento obtenidos en las Pruebas Regionales 1975, realizadas por el Programa de Agronomía de Yuca del CIAT. El propósito prin

cipal de las Pruebas Regionales es probar las variedades mejoradas bajo diferentes condiciones ecológicas y así poder recomendar genotipos estables.

Mencionaremos sólo la parte del análisis estadístico tendiente a medir, en cuanto a rendimiento varietal, si existen o no diferencias entre las distintas localidades, entre las variedades a través de localidades y entre las diferentes variedades dentro de cada localidad.

Descripción de la información:

Las pruebas regionales de 1975 se efectuaron en 13 localidades de Colombia. En cada localidad se probó un grupo de variedades comunes a todos los sitios, otro grupo de variedades propias de la región, o variedades " control " y un tercer grupo de variedades comunes sólo a algunos sitios (ver tabla 1).

En todas las localidades, con excepción de Carimagua, se sembraron 8 variedades comunes que fueron: MCOL-22, MCOL-113, MMEX-23,CMC-84, CMC-40, NMEX-59, CMC-9, CMC-76.

Cuatro tipos de variables se midieron en cada localidad:

Variables ecológicas: (altura sobre el nivel del mar, temperatura, precipitación, humedad relativa), Variables de suelo: (ph,p,k, etc.), Variables de respuesta de la planta de yuca (rendimiento de raíces (peso fresco), rendimiento de materia seca, índice de cosecha, diámetro y número de raíces por planta, etc) y por último, indices de daño causado por plagas y enfermedades (Thrips, bacteriosis, superalargamiento,etc.).

Las variables ecológicas y de suelo permiten caracterizar cada uno de los sitios como ambientes biológicamente diferentes.

Para efectos de nuestro tema de hoy, trataremos únicamente el análisis de la variable Rendimiento de raíces (peso fresco, en Kg/ha), en

TABLA 1 : Localidades en las cuales se realizaron las Pruebas Regionales de Yuca 1975. Número de variedades probadas, por localidad.

Localidad		Número total de variedades	Número de variedades de control	Otras variedades	Número de variedades comunes a todos los sitios
Carimagua	(Dpto del Meta)	10	2	4	4
Rionegro	(Dpto de Santander)	12	2	2	8
Nataima	(Dpto del Tolima)	10	2	0	8
La Zapata	(Dpto del Valle)	10	1	1	8
Caicedonia	(Dpto del Quindio)	9	1	0	8
Media Luna	(Dpto del Magdalena)	12	2	2	8
El Nus	(Dpto de Antioquia)	9	1	0	8
CIAT- Palmira	(Dpto del Valle)	11	1	2	8
Pereira	(Dpto de Risaralda)	9	1	2	8
Popayán	(Dpto del Cauca)	10	1	1	8
La Libertad	(Dpto del Meta)	9	1	0	8
El Darién	(Dpto del Valle)	9	1	0	8
Florencia	(Int. del Caquetá)	10	2	0	8

las localidades en las cuales se probaron las ocho variedades comunes, en cuatro replicaciones. Por esto, omitiremos las localidades de Carimagua, La Libertad, el Darién y Florencia.

Nuestra información consiste entonces en los datos de rendimiento de 8 variedades sembradas en 10 distintas localidades.

Diseño Experimental:

En cada localidad se utilizó un diseño en Bloques Completos al Azar con 4 bloques, cada uno conteniendo todas las variedades.

Se utilizaron como unidades experimentales parcelas de 64 m^2 de área total y 36 m^2 de área cosechable.

Análisis estadístico:

Con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

- Comparar las ocho variedades con respecto a su rendimiento en cada sitio.
- Comparación de las ocho variedades a través de sitios.
- Comparación de los distintos sitios.

se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

i) Análisis de Varianza individual por sitio, para la variable rendimiento de raíces (peso fresco en Kg/ha), según el diseño en Bloques Completos al Azar mencionado antes.

La tabla del análisis de Varianza con la distribución de grados de libertad para cada sitio se muestra a continuación:

Fuentes de Variación	g. l.
Bloque	3
Variedad	7
Error	21
Total	31

Número de bloques : 4
Número de variedades: 8
Número total de unidades experimentales: 32

De los análisis individuales por localidad se obtuvo el conjunto de resultados que muestra la Tabla 2 en cuanto a promedio total, cuadrado medio del error, desviación estandard, coeficiente de variación y diferencia mínima significativa entre variedades al 5% y al 1% de significación para la variable rendimiento de raíces (medida como peso fresco de raíces en Kg/ha.).

Los rendimientos promedio de variedades por localidad se presentan en la Tabla 3. La presencia de uno ó dos asteriscos (*), significa que las diferencias detectadas entre variedades son significativas al 5% ó al 1% respectivamente, en ese sitio en particular.

ii) Análisis de Varianza combinado para todas las localidades. Con el objeto de realizar comparaciones entre localidades, entre variedades a través de localidades y ver si existía interacción variedad x localidad, se realizó un análisis combinado según la distribución de fuentes de variación y grados de libertad que muestra la siguiente tabla.

Fuente de Variación	g.l.
Localidad	9
Variedad	7
Localidad x Variedad	63
Bloque (dentro de localidad)	30
Error	210
Total	319

TABLA 2: Pruebas Regionales de Yuca 1975. Promedio, Cuadrado medio del error (CME) , Desviación estandar (D. E.), Coeficiente de variación (C.V.) y Diferencia mínima significativa (DMS) entre variedades (al 5% y al 1%) para cada Localidad con respecto a la variable Rendimiento de Raíces (peso fresco en Kg/Ha).

LOCALIDAD	RENDIMIENTO PROMEDIO (Ton/Ha)	CME	D.E.	C.V. (%)	DMS al 5%	DMS al 1%
Rio Negro	24.13	8.15	2.85	11.83	4.20	5.72
Nataima	31.26	18.50	4.30	13.76	6.33	8.61
La Zapata	25.92	25.41	5.04	19.44	7.41	10.09
Caicedonia	31.86	21.60	4.64	14.58	6.83	9.30
Media Luna	18.75	17.87	4.22	22.54	6.22	8.46
El Nus	14.75	51.57	7.18	48.70	10.56	14.38
CIAT	33.66	36.97	6.08	18.06	8.94	12.17
Pereira	15.76	14.26	3.77	23.96	5.55	7.56
Popayán	1.70	0.41	0.64	37.70	0.94	1.28
Darién	2.09	1.63	1.27	61.03	1.88	2.56
SOBRE TODAS LAS LOCALIDADES	19.99	19.63	4.43	22.17	2.18	2.88

TABLA 3 : Pruebas Regionales de Yuca 1975. Rendimiento promedio de las ocho variedades comunes en cada uno de los sitios (medido como peso fresco de raíces en Ton/Ha). Valores de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5% y al 1% para cada sitio.

VARIEDAD	Río Negro	Nataima	La Zapata	Caicedonia	Media Luna	El Nus	CIAT	Pereira	Popayán	Darién
1. MCOL-22	19.89	34.57	20.06	27.79	22.37	13.60	37.90	8.87	0.31	0.01
2. MCOL-113	22.97	23.85	38.95	31.22	13.46	15.65	24.38	20.78	5.09	2.53
3. MMEX-23	14.56	24.55	35.63	39.66	11.88	4.52	33.40	17.01	1.00	0.97
4. CMC-84	26.09	33.65	26.61	27.18	17.88	26.68	39.53	18.11	1.01	3.96
5. CMC-40	28.67	45.32	18.38	32.01	29.35	15.00	39.51	16.70	3.82	5.33
6. MMEX-59	34.73	43.62	29.25	40.09	28.76	14.64	30.39	10.54	0.93	2.36
7. CMC-9	20.26	17.78	20.75	24.50	8.05	7.83	29.58	13.19	0.87	0.14
8. CMC-76	25.87	26.74	17.73	32.47	18.26	20.05	34.60	20.88	0.58	1.43
	**	**	**	**	**	*	*	**	**	**
DMS al 5%(Ton/Ha)	4.20	6.33	7.41	6.83	6.22	10.56	8.94	5.55	0.94	1.88
DMS al 1%(Ton/Ha)	5.72	8.61	10.09	9.30	8.46	14.38	12.17	7.56	1.28	2.56

* : Para esa localidad existen diferencias significativas al 5% entre los rendimientos promedio de las variedades

** : Para esa localidad existen diferencias significativas al 1% entre los rendimientos promedio de las variedades

Número de Localidades = 10

Número de Variedades = 8

Número de bloques por localidad = 4

Número total de unidades experimentales por Localidad = 32

Número total de unidades experimentales = 320

De este análisis combinado se obtuvo la información que muestra la Tabla 2 en su parte inferior sobre el rendimiento promedio a través de todas las localidades, CME, DE, CV, y DMS al 5% y al 1 %.

Las variedades ordenadas según su rendimiento promedio sobre todos los sitios aparecen en la Tabla 4. La presencia de uno ó dos asteriscos (*) indica que las diferencias entre variedades son significativas a niveles de significación del 5% ó del 1% respectivamente.

TABLA 4 : Pruebas Regionales de Yuca 1975. Variedades ordenadas según su rendimiento sobre todos los sitios (medido como peso fresco de raíces, en Ton/Ha). Diferencia mínima significativa (DMS) al 5% y al 1%.

	VARIEDAD	RENDIMIENTO PROMEDIO GLOBAL (Ton/Ha)	
6.	MMEX-59	23.53	
5.	CMC -40	23.40	
4.	CMC -84	22.07	
2.	MCOL-113	19.88	
8.	CMC -76	19.86	
1.	MCOL-22	18.53	
3.	MMEX-23	18.31	
7.	CMC - 9	14.29	**
DMS al 5% (en Ton/Ha)		2.18	
DMS al 1% (en Ton/Ha)		2.88	

** Las diferencias entre variedades son significativas al 1%

Referencias

1. Federer, Walter T. "Experimental Design". New York, The MacMillan Company, 1955.

2. Cochran,William G. y Cox, Gertrude M. "Diseños Experimentales" Editoral Trillas. Méjico, 1974.

3. Siegel, Sidney. " Non parametric Statistics for the behavioral Sien ces". McGraw-Hill Book Co. Inc. 1956.

4. Gómez, Kwanchai A. "Techniques for field experiments with Rice". IRRI, 1972.

5. Amézquita, M.C. " Nociones básicas sobre el Diseño y Análisis de experimentos". Material interno, no publicado. Unidad de Biometría, CIAT, 1975.

PLANEACION DEL CULTIVO DE LA YUCA

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

El cultivo de la yuca como cualquier otro tiene etapas críticas tanto en el aspecto fisiológico como también desde el punto de vista fitosanitario y de necesidad de insumos.

Es deseable tener una visión más o menos clara de los problemas que se pueden presentar y de las necesidades del cultivo ajustadas al manejo que se quiere o se le puede dar de acuerdo al presupuesto disponible. El primer problema con que se encuentra un agricultor que quiere sembrar yuca por primera vez o que quiera, ya sea cambiar de variedad ó aumentar el área sembrada sin tener suficientes estacas, es precisamente la consecución del material de siembra, ya que este no se encuentra con la facilidad con que se hallan y conservan semillas de fríjol y maíz por ejemplo.

Un aspecto importante es el espacio que ocupa la semilla para transportarla. Un camión de nueve toneladas de capacidad ($25m^3$), transportaría alrededor de 50.000 estacas de más o menos 20 cm de largo y de 2 a 3 cm de diámetro si el material esta sin cortar o sea tallos enteros. Si el material está ya cortado en estacas, es recomendable empacarlo en costales de más o menos 500 estacas cada uno. En este caso se aumenta la capacidad a más o menos 4.000 estacas por metro cúbico, ya que no sólo se aprovecha mejor el espacio sino que se eliminan tallos o trozos de tallo inservibles.

Con una idea clara de lo que cuesta producir yuca, no sólo en términos de dinero sino de unidades físicas discriminadas por labores, se tendrá una herramienta muy útil en la planeación de un cultivo de yuca. Con esto se conocen las necesidades de capital, mano de obra y otros insumos, además del flujo de estos durante el proceso de producción,

---

* Agrónomo

** Ing. Agrónomo, Asistente de Inv,

Es importante tener en cuenta que el presupuesto para un cultivo es útil pero es aproximado porque son distintas las condiciones aún en el caso de que siembre en un terreno en el que ya se ha sembrado y del cual se tienen datos previos. Por lo tanto es preferible al basarse en costos de producción ajustarlos al caso particular y tener en cuenta un 10% para imprevistos.

La preparación del terreno es lógicamente diferente así como son diferentes los suelos y las disponibilidades del agricultor.

Como los costos pueden ser tan variables como de $5.000 a $25.000 pesos colombianos, es preferible que desarrollemos un ejemplo concreto como el que presentamos en este caso en el área del Cauca con un agricultor que sembró 5 hectáreas.

Datos de Clima y Suelo: PH 5,5
% M.O. 3,5
PPm P 8.0 (BRAY II)
K 18,0 Me/100 g de suelo
Franco arcilloso
Temperatura media 25°C
Precipitación 1.300 mm
Topografía plana ligeramente inclinada
(Hay maquinaria disponible para preparación).

Costo de producción de yuca.

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
A. Preparación de suelo				
1. Arada	hora	$150	4	600

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
2. Rastrillada				
a. Primera	hora	$250	1,5	375
b. Segunda	hora	300	0,5	150
3. Surcada a 2 metros				
a. Máquina	hora	100	1,0	100
b. Ayudantes (2)	hora	12	1,0	12
B. Semilla				
1. Valor de la semilla en el campo (sin recoger)	miles de cangres de 20 cm	80	10	800
2. Arreglar y amontonar material que suministre 10.000 cangres	Jornal (hombre/día)	100	2	200
3. Pago de camión de 25 m^3 de capacidad (9 ton.) * 200 km de distancia.	Viaje	2.000	1/5	400
4. Tres ayudantes para subir y bajar la semilla.	Viaje	420	1/5	84
5. Supervisor	Viaje	300	1/5	60

* Cuando un camión de 9 toneladas de capacidad esta completamente lleno de tallos de yuca (25 m^3) el peso que lleva es solamente de unas 4 toneladas.

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
6. Cortar y empacar cangres de 20 cm (10.000 cangres).	Jornal	50	3,0	150
7. Costales para empacar y tratar los cangres*	Costal	3	20	60
8. Fungicida para tratar semilla (Ditane M-45 Manzate-80).	gr	6,4 ¢	150	9,60
9. Mano de obra para tratar semilla	hora/hombre	6,25	2,5	15,65
10. Transporte interno de semilla	Bulto	5.00	20	100
C. Siembra				
1. Mano de obra	Jornal	50	5	250
2. Supervisor**	Salario/día	100	1/2	50
D. Control Malezas				
1. Karmex	kg	165	3	495
2. Mano de obra	Jornal	50	2,5	125
3. Utilización de bomba de espada para fumigar.	Utilización/ha	20	1	20

* El costal vale $6.00, pero se puede utilizar dos veces sin problema.

** Supervisando 10 obreros hará una hectárea en medio día.

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
E. Control Malezas				
Mano de obra (a los 45 días de siembra).***	Jornal	50	12	600
F. Control de Trips a los 60 días				
1. Diostop	Litro	200	1/2	100
2. Mano de obra	Jornal	50	2	100
3. Utilización de bomba de espalda	Utiliz./ha	20	1	20
G. Control Malezas (a los 75 días)				
Mano de obra	Jornal	50	12	600
H. Control Malezas (a los 120 días)	Jornal	50	15	750
I. Control de Trips (a los 150 días)				
1. Diostop	Litro	200	1/2	100
2. Mano de obra	Jornal	50	3,0	150
3. Utilización de bomba.	Utiliz./ha	20	1	20
J. Control Malezas (a los 240 días) con machete	Jornal	50	10	500

*** Puede ser a los 60 días dependiendo de las lluvias.

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
K. Cuidandero a partir de los 6 meses (5 ha)	Salario en 6 meses	11.700	1/5	2.340
L. Prestaciones sociales cuidandero	6 meses	1.950	1/5	390
M. Control de hormigas durante todo el ciclo (clordano).	kg	40	3	120
N. Cosecha				
1. Arranque* y Empaque	kg	0,20	20.000	4.000
2. Costales para empacar la yuca (+90kg cada costal)	Costal	8,00	222	1.776
3. Supervisor de arranque y pesada durante 45 días para cosechar 5 hectáreas	Salario de 45 días (incluídas prestaciones)	6.750	1/5	1.350
O. Arriendo tierra	ha/año	1.800	1	1.800
P. Costo sin incluir cosecha				11.646.25
Q. Intereses 18% (12 meses)				2.096.32

* Cada hombre cosechó y empacó de 500 a 700 kg/ha.

Item	Unidad	Precio	Cantidad/ha	Costo/ha
R. Total cosecha				7.126.00
S. Intereses de dinero para cosecha. 3% (2 meses)				213.78
COSTO TOTAL				21.082.35

Resumen de costos de producción

Item	Costo/ha	% de Costos Totales
1. Preparación de suelo	1.237,00	5,87
2. Semilla	1.879,25	8,91
3. Siembra	300,00	1,42
4. Control de malezas con herbicida pre-emergente	640,00	3,04
5. Control manual de malezas	2.450,00	11,62
6. Control de insectos	610,00	2,89
7. Vigilancia	2,730,00	12,95
8. Cosecha	7.126,00	33,80
9, Arriendo de tierra	1.800,00	8,54
10.Intereses	2.310,10	10,96
Total	21.082.35	100%

Ingreso neto

Unidad de Venta	Precio	Cantidad/ha	Ingreso/ha
Kg	$2,30	20.000	$46.000

Valor de la producción/ha	$46.000
Costo/ha	21.082
Ingreso sin descontar % de utilidad por administración y asistencia técnica.	24.918
20% Administración y Asistencia Técnica	4.983
Ingreso Neto/ha	$19.935

Relación Beneficio / Costo = B/C = 46.000 / 21.082 = 2,18

CONCEPTOS GENERALES SOBRE LOS COSTOS DE PRODUCCION

Fernando Bernal Niño*

1.- Generalidades e Importancia

Las funciones más importantes de la administración son básicamente la planeación y el control, ya que a través de ellas se llega a la toma de decisiones dentro de todas las fases del proceso productivo. Una herramienta fundamental para ejercer tales funciones es la contabilidad de costos y dentro de ella los costos relativos a la producción. Ellos se refieren básicamente a los gastos en que se incurre al usar bienes y servicios durante el proceso productivo para obtener un determinado producto en un período de tiempo dado.

En el sector agrícola los costos de producción significan la base para medir el resultado económico de la explotación de cultivos, ganados y bosques. Sinembargo en estas explotaciones, especialmente en las de tipo familiar, resulta un poco difícil llevar registros y evaluar los resultados. Ello se debe principalmente a que los agricultores no copilan datos precisos, prevalecen los costos conjuntos dadas las explotaciones mixtas, hay una alta proporción de costos fijos, variaciones en los rendimientos en cada período, existe una deliberada sub o sobre estimación de los costos y una gran variabilidad en tecnología, manejo del cultivo, habilidad administrativa, niveles de eficiencia, etc.

Por lo anteriormente expuesto resulta difícil llegar a generalizar sobre costos de producción aun estratificando por tamaños de las

---

* Asistente Adiestramiento . CIAT

explotaciones, uso de determinada tecnología, clases de suelos y demás factores que se consideran relievantes. Por eso los únicos costos reales son los que ya ocurrieron en una explotación determinada, mientras que los costos presupuestales o estimados guardan siempre la incertidumbre de que factores controlables o incontrolables puedan hacerlos variar considerablemente.

A pesar de ellos los gobiernos, las entidades crediticias y las de mercadeo entre otras, necesitan establecer unos ciertos costos promedios de producción, bien sea para establecer patrones de crédito o para fijar precios de sustentación que garanticen una rentabilidad mínima, manejar la disponibilidad de insumos, o simplemente medir la renta bruta del sector. Para ello existen algunos modelos que llegan a dar una idea bastante aproximada de los costos de producción.

Se mencionaba en un principio que la base para evaluación y el control de la empresa se respaldan en buena parte en los costos de producción, especialmente porque ellos se obtienen de multiplicar una labor en la que se usan determinadas cantidades de bienes o servicios, por un precio dado.

Esta factorización les da aún mayor relevancia y una utilización más universal, puesto que, aunque los precios varíen de un lugar a otro o de un tiempo a otro, los parámetros o niveles de uso si son sujetos de análisis y comparación para efectos de planeación y control.

2. La Aplicación de los Costos de Producción

Con el criterio de que los costos son un sacrificio o privación, porque representan el circulante y /o los productos que deben pagarse como compensación por algún otro bien o servicio recibido, podemos decir que los debemos entender como un término de medida en el

sentido tradicional. Si además los entendemos como aquellos gastos, desembolsables o nó, que participan en alguna forma en la producción y cuya inversión se hace con la esperanza de que generen un beneficio, podemos pensar en la utilidad inmediata que de ellos se puede derivar, al permitirnos medir hasta dónde se satisfacen tales beneficios esperados.

Su razón de ser, es la ayuda que prestan a la administración para realizar una mejor labor en la dirección del negocio, y cuyos aspectos más importantes pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Nos permiten llegar a establecer èl resultado económico de la explotación. (Estado de Pérdidas y Ganancias).
- Medir el rendimiento que nos produce el dinero y los bienes invertidos en la finca.
- Conocer el uso que se hace de cada uno de los recursos disponibles.
- Permiten establecer la capacidad de endeudamiento de la empresa.
- Determinar diferentes alternativas de producción.
- Seleccionar niveles de tecnología por ser adaptados.
- Determinar diferentes alternativas de inversión.
- Elaborar presupuestos y determinar flujos de efectivos.

Vistos desde otra ángulo, los costos de producción son utilizados por la administración para la valuación de los inventarios, para la planeación y el control de la explotación y la fijación de precios. Lo anterior significa que conociendo los costos de producción es posible: A) Cuantificar las existencias disponibles de productos que se hallen en inventarios como productos cosechados o no; b) Planear mediante la selección de objetivos y medios para lograrlos, adelantándose a los acontecimientos; c) Controlando mediante la observación del comportamiento de los factores de la producción,

para determinar el grado en que la planificación se cumple y d) Colocando un precio al producto equivalente a los costos demandados en su producción, más una rentabilidad que nos permita entrar con mayor seguridad en el juego de la oferta y la demanda.

3. Recomendaciones para el Estimativo de Costos de Producción

Considerando la importancia y la utilización de los costos de producción, a los que nos referiamos anteriormente, resulta conveniente la consideración de lagunas pautas tendientes a obtener un estimativo lo más cercano posible a la realidad para su mejor utilización.

Frecuentemente ocurre que los costos no reflejan la realidad por diversas razones: en primer término porque no son considerados en su totalidad y en segundo lugar porque falta criterio para diferir, especialmente los costos fijos, a los diferentes períodos productivos aplicando su parte correspondiente a cada uno de ellos.

De otra parte, algunos costos son estimados en forma subjetiva o poco precisa por la carencia de registros o su deficiente utilización. Los registros aportan información sobre la mano de obra, la cantidad de insumos usados, los ingresos y egresos, la utilización de maquinaria, equipos, riego, etc. Es decir a través de ellos y su uso conveniente se tiende a manimizar el error al estimar costos de producción.

Se anotaba anteriormente que muchas empresas agrícolas, quizá la mayoría de ellas, trabajan en varias lineas de explotación; es decir no se dedican a un solo cultivo. Ello implica que se tengan algunos costos conjuntos de producción lo que dificulta el análisis de la rentabilidad discriminada por cultivo. Para evitarlo es recomendable separarlos en la proporción en que se utilizan en cada uno de ellos para evitar entre otras cosas, que los de menor reditualidad

se " amparen " en los más rentables, no permitiendo maximizar utilidades.

También resulta útil observar, registrar y analizar el uso que se hace de cada uno de los factores de la producción y de los recursos empleados, por separado; así se pueden llegar a conocer las dificultades y niveles de eficiencia para hacer los ajustes necesarios.

Cuando se consideran los costos de producción a nivel de fincas de medianos y pequeños agricultores especialmente, ocurre con frecuencia que se distorcionan un poco los datos relativos al empleo de la mano de obra de tipo familiar, puesto que en las más de las veces, no es cuantificada a pesar de ser un costo normal.

Algo similar ocurre en cuanto al goce, disfrute o consumo de parte de la producción por el agricultor y su familiar, lo cual debe considerarse como un ingreso común y corriente que debe ser tenido en cuenta.

4. Clases de Costos de Producción

Al revisar literatura relacionada con aspectos financieros, encontramos una variada gama de términos refiriéndose a diferentes clases de costos tales como inventariables, de inactividad, controlables y no controlables, explícitos e implícitos, incrementales, diferenciales, evitables, expirados y no expirados y muchos más que aunque poco mencionados, son aplicables en el campo de la administración agrícola. Su uso menos frecuente en este campo se debe a las condiciones tan diferentes que rodean al proceso productivo a nivel de finca y de fábrica. Al poder controlar ciertas condiciones en la producción industrial, los costos se comportan en forma diferente, aunque ello no significa que en la industria fabril o metal mecánica o en cualquier otra, no exista variabilidad considerable en los costos, tal como ocurre con los del sector agrícola.

Particularizando al caso de las empresas agrícolas podemos hacer mención de los costos de mayor utilidad y de más frecuente empleo. Es de anotar que su utilidad se refiere al uso que de ellos se hace para análisis financieros y económicos.

a) Costos fijos.

Son aquellos que no guardan relación con respecto al volúmen de producción. Es decir, que así se produzca unos kilos más o unos kilos menos, ellos no varían. Es de anotar que los costos fijos se refieren a un período dado y a una fluctuación dada, aunque grande, llamada "fluctuación apropiada" Ello significa que los costos fijos pueden disminuirse substancialmente si los niveles de actividad descienden radicalmente.

Dentro de los costos fijos los más importantes son:

- Renta pagada por tierra
- Interés sobre hipoteca
- Impuestos sobre capital fijo (tierra)
- Amortización de hipotecas
- Mantenimiento capital fijo
- Gastos de apertura y mantenimiento de canales de riego y drenaje
- Seguros para capital fijo.

b) Costos variables.

Son aquellos que fluctúan en el total en proporción directa a los cambios en el volumen de producción. Es el caso de costos tales como:

- Preparación del suelo
- Siembra
- Cultivada
- Aplicación de Fertilizantes

- Aplicación de Insecticidas
- Aplicación de herbicidas
- Recolección a mano
- Recolección con máquina
- Transporte interno
- Limpieza de suelo y Canales de riego y Drenaje
- Riego
- Trasplante
- Semilla
- Combustible
- Reparación de maquinaria
- Fertilizantes
- Insecticidas
- Herbicidas
- Fletes
- Empaques, cajas (materiales)
- Interés sobre la renta
- Interés sobre créditos
- Amortización de créditos
- Alquiler de maquinaria
- Alquiler de animales de trabajo
- Valor transporte dentro de la finca
- Seguros y reservas para imprevistos

c) Costos Totales y Unitarios.

Representan la suma de los costos variables y fijos, es decir, la totalidad de lo que involucra la producción. A su vez el costo unitario se calcula dividiendo el costo total entre alguna base relacionada. La base para su cálculo debe ser el elemento estadístico de producción, es decir toneladas, hectáreas, etc. Este procedimiento es útil para efectos de planeación y control.

d) Costos de Oportunidad.

Se refieren al ingreso cedido debido al uso de los recursos empleados en el proceso productivo de un determinado cultivo, en lugar de haberlos utilizado en otro tipo de actividad. Ayuda mucho para la toma de decisiones puesto que contempla diferentes alternativas de inversión.

En otras palabras significa el renunciamiento de algún beneficio por el hecho de dedicar los recursos a una actividad determinada.

e) Costos Desembolsables.

Son los que más tiene en cuenta el agricultor. Se refieren a las negociaciones en efectivo para adquirir bienes o servicios aplicables al proceso productivo.

Cuando se trata de agricultura minifundista o de subsistencia los costos desembolsables se reducen notoriamente puesto que el trabajo familiar y el bajo nivel de empleo de agroquímicos no conllevan demasiadas salidas de efectivo.

f) Costos no Desembolsables.

Por no significar una erogación son muchas veces subestimados. En la mayoría de las ocasiones son costos fijos como en el caso de la administración por parte del propietario, o la asistencia técnica al ser el propietario un técnico, la mano de obra familiar, la depreciación, etc.

g) Costos Directos e Indirectos.

Esta terminología se usa para los costos que inciden o no directamente en la producción del cultivo. Los

costos directos más usuales son:

- Preparación de tierra (maquinaria, mano de obra)
- Siembra (semilla, mano de obra)
- Fertilización (abonos y fertilizantes, correctivos, aplicación)
- Control de plagas y enfermedades (productos agroquímicos, aplicación)
- Control de malezas (herbicidas, mano de obra)
- Robo
- Cosecha (recolección, empaques, transporte)

De otra parte como costos indirectos se consideran generalmente los siguientes entre otros:

- Arrendamiento de la tierra
- Asistencia técnica
- Administración
- Intereses sobre el capital invertido

Como resulta fácil observar, los costos, además de ser muchos y muy variados, pueden ser clasificados de diversas maneras. Frecuentemente esto hace que se presenten dudas entre los administradores para ubicar un determinado costo en una u otra categoría, especialmente entre los fijos y variables.

La ubicación no representaría ningún problema si solo se desea totalizarlos, sinembargo, si se desea hacer un análisis de la relación costo-volumen-utilidad, o cualquier otro tipo de análisis financiero que refleje el uso de los factores variables y fijos para evaluación y control, entonces si tendría sentido clasificarlos cuidadosamente.

5.- Resumen

La administración respalda buena parte de sus funciones en los datos obtenidos de los costos de producción. Con ellos es posible realizar más objetivamente actividades tales como la planificación, el control, la toma de decisiones y la evaluación de la eficiencia de todos los recursos que intervienen en la producción.

Su determinación muchas veces no resulta sencilla debido a la carencia de registros, la existencia de costos conjuntos especialmente en explotaciones mixtas y variaciones en producción, nivel tecnológico y manejo de cultivo.

Su recopilación debe ser cuidadosa y debe reflejar la situación real, sin sub o sobre-estimar los costos. Se debe tener en cuenta que buena parte de ellos, aunque no desembolsables, no dejan de ser un sacrificio o costo de oportunidad que el productor debe cuantificar.

Los costos tienen muchas y muy variadas clasificaciones según el propósito que se persiga y la utilidad que se le piense dar. Los más comunes en el sector agrícola son los costos fijos, variables, de oportunidad, totales y unitarios, desembolsables y no desembolsables y directos e indirectos.

Solamente disponiendo de información veraz, completa y oportuna de los costos de producción, el agricultor puede tener datos confiables en cuanto al desarrollo de su empresa agrícola y al resultado económico que tal actividad le significa.

CONCEPTOS SOBRE ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE LA YUCA

Fernando Bernal Niño*

INTRODUCCION

A medida que ha ido transcurriendo el tiempo, la actividad agropecuaria ha venido considerándose, no sólo como una acción de subsistencia y empleo familiar, sino también como una empresa competitiva. Tal apreciación hace que deba ser entendida como un negocio manejado con criterio empresarial.

Una causal relevante en la eliminación de agricultores del panorama productivo es la ineficiencia. Significa esto que sólo los más eficientes pueden competir favorablemente, logrando mantener sus niveles de producción bajo una determinada rentabilidad, previo análisis de lo que implica la administración del negocio agropecuario.

El rápido desarrollo tecnológico, la escasez de alimentos, los crecientes costos de producción y el concepto empresarial de la producción agropecuaria, hacen deseable la formación de técnicos en producción con conocimientos básicos de administración. Estas parecen ser las características preferibles del personal que labora en producción de cosechas, para encausar las técnicas productivas hacia el óptimo económico.

Lo anterior significa que todos los medios y procedimientos que se utilizan para la obtención de un producto determinado (tecnología), deben ser planificados, coordinados, supervisados y evaluados para hacer el

---

* Asistente de Adiestramiento

mejor uso de los recursos disponibles (Administración), con el fín de obtener el mayor beneficio posible para el agricultor en forma continuada.

Uniendo las dos disciplinas, técnica y administración, en condiciones adecuadas, es posible hacer un uso más racional de los factores de la producción para obtener rentabilidades acordes con la naturaleza de la actividad agrícola, que implica riesgo e inversión de recursos físicos, humanos y financieros.

ALCANCES DE LA ADMINISTRACION AGROPECUARIA.

Las funciones que desempeña la administración durante todas las fases del proceso productivo son básicamente las siguientes:

a) Planeación
b) Toma de decisiones
c) Organización del trabajo
d) Dirección
e) Integración
f) Evaluación y control

Tales funciones se refieren a las acciones que la administración desempeña en forma integral, cualquiera que sea el grado de desarrollo de la empresa. Su ejecución se dirige a los aspectos más relevantes del proceso y que pueden agruparse en tres grandes divisiones: Producción, Finanzas, y Mercadeo.

En el desarrollo de las empresas agrícolas y sobre estos temas en particular, surgen múltiples preguntas de cuyas respuestas depende, en buena parte, el éxito o el fracaso del agricultor. El análisis de situaciones tales como las que se presentan a continuación, son funciones de tipo técnico-administrativo, determinantes en el éxito de la empresa productiva.

Alternativas de Producción: Para ello resulta importante analizar la dis

ponibilidad de tecnología, las características de la finca, la influencia de programas gubernamentales e institucionales y todos los factores relacionados con la producción y que puedan influir en los criterios de selección.

Alternativas de inversión: Las consideraciones pertinentes estarían relacionadas con los recursos disponibles, los costos de producción, la capacidad de endeudamiento, la razón de liquidez de la empresa, los presupuestos de ingresos y egresos y demás aspectos relacionados con la parte financiera.

Alternativas de mercadeo del producto: Esto significa que se considerarían los factores relativos al comportamiento y conducta del consumidor, elasticidad de la demanda, conservación del producto, canales de distribución, etc.

LA ADMINISTRACION EN LA PRODUCCION YUQUERA.

En la producción comercial de yuca, como en la de cualquier otro cultivo, los principios administrativos generales resultan aplicables en la medida en que la parte técnica se sujete a la conveniencia económica, puesto que se trata de una empresa (cultivo comercial) que debe buscar el óptimo económico por sobre cualquier consideración.

Para dar una simple idea de los alcances de la administración aplicados a un cultivo, se considerarán algunos aspectos relevantes que comprometen la acción técnica y administrativa.

DISMINUCION DE LA INCERTIDUMBRE.

Aunque la yuca compite con bastante ventaja comparativa con relación a otros cultivos, no deja de haber un cierto grado de incertidumbre en cuanto comportamiento general y a los resultados económicos del mismo.

La administración de la producción busca los medios para aplicar la tecnología a niveles rentables procurando disminuir la incertidumbre sobre los resultados. Los aspectos sobre los cuales existe mayor incertidumbre empresarial, en términos generales son:

a) Los niveles de producción
b) El comportamiento de los precios
c) Variaciones tecnológicas
d) Condiciones ecológicas
e) Regulaciones gubernamentales
f) Demanda del producto
g) Comportamiento de los costos de producción

Como se observa, pueden ser muchos los motivos de incertidumbre que en mayor o menor escala afectan no sólo a este cultivo, sino a la totalidad de ellos aunque con diferente intensidad. Ello significa que es necesario tener una administración de la producción capaz, activa, con buena visión y mejor disposición para que ejecuten acciones y evalúen los resultados.

Así mismo, pueden ser muchas las formas de reducir la incertidumbre a través de una adecuada administración. El hecho de planear con cierta elasticidad la producción hasta donde las circunstancias lo permitan, al contar con suficiente liquidez manteniendo activos facilmente convertibles en efectivo, el disponer de seguros para sustituir la posibilidad de una pérdida grande e incierta por un costo pequeño conocido (bien sea sobre el cultivo en los países en donde existe o sobre el personal y los activos), el diversificar las fuentes de ingresos, el sembrar escalonadamente cuando sea factible, el efectuar contratos para comprar o vender y el tomar decisiones adecuadas analizando las alternativas técnicas, nos pueden ayudar a que la producción obtenga mayores ganancias en forma continuada con menor incertidumbre.

EL ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

El optimizar el uso de los recursos tanto físicos como humanos y financieros es la meta prioritaria de una eficiente administración puesto que representa la base del manejo de la empresa agropecuaria. Para medir si se está logrando tal optimización de los recursos, la administración debe buscar información sobre aspectos tan importantes como:

a) Los rendimientos de las cosechas de yuca que nos indica a la vez los ingresos al convertirlos en circulante u otros bienes.
b) Los costos y la calidad de los bienes y servicios empleados en la producción de la yuca.
c) El manejo del crédito y los intereses
d) Los impuestos gubernamentales según las disposiciones de cada país.
e) La estructura financiera de la explotación
f) El costo del goce de los activos fijos (depreciación), cuyo valor no se puede salvar en un período vegetativo, sino que se difiere en una vida útil y con un valor de salvamento estimado
g) La calidad de la cosecha y los precios esperados o asegurados para el producto.

Con la información anterior sería posible evaluar el resultado económico de una explotación yuquera; es decir, medir las ganancias y la rentabilidad. La administración debe considerar que no siempre se deben buscar las máximas ganancias sino los mayores beneficios posibles con los recursos de que se dispone y las limitaciones con que se labora. Con este criterio es factible que, ante determinadas circunstancias, la administración enfoque sus esfuerzos para maximizar utilidades o minimizar pérdidas.

El análisis de los costos y la evaluación económica son temas de

tanta importancia que ameritan ser tratados separadamente en conferencias independientes. Sinembargo, no sobra mencionar aquí los principales factores que afectan los resultados físicos y económicos de la producción comercial de yuca. Son los más sobresalientes los siguientes:

a) El tamaño de la explotación
b) El rendimiento por hectárea
c) Eficiencia del trabajo
d) El porcentaje de "esfuerzo empresarial" dedicado al cultivo.
e) La cantidad de mano de obra, materiales y capital utilizados en cada unidad de superficie.
f) La eficiente comercialización.

Existen muchos factores adicionales que condicionan los resultados físicos y económicos de la producción. Sinembargo, algunos de ellos son específicos para condiciones particulares y su determinación y evaluación cae dentro del criterio del administrador.

REGISTROS DE LA EXPLOTACION

Para la administración, los registros son la herramienta de trabajo más importantes ya que con ellos se logra la mayor objetividad para analizar costos, ingresos, egresos y eficiencias.

El administrador fija un alto porcéntaje de su tiempo en desarrollar esta función puesto que es la que aporta datos sobre el personal, los equipos, el gasto de insumos, los inventarios, las deudas, etc. Todos ellos son registros que permiten medir el desarrollo de los acontecimientos con respecto a un comportamiento esperado. Lo anterior significa que cuando se dispone de registros apropiados es posible ejercer la función de control.

Al decidir que registros tomar de una empresa agrícola en general, se debe pensar en qué es lo que interesa conocer, qué controlar, o qué medir. Es decir, que todos los registros que se lleven deben ser utilizados o utilizables.

Los registros son tomados en formatos diseñados según las circunstancias y necesidades. Ellos deben ser fáciles de diligenciar, concretos, simples y adecuados a las condiciones de la empresa agrícola. De no ser así, podrían resultar inútiles para determinar aspectos tan importantes como:

a) Estado de Pérdidas y Ganancias de la explotación
b) Información para elaboración de presupuestos, pago de impuestos, de seguros, créditos, intereses etc.
c) Conocimiento de las existencias de bienes y servicios
d) Registros históricos de la finca
e) Elección entre alternativas para tomar de decisiones

ORGANIZACION DEL TRABAJO.

La eficiencia en una empresa se debe en gran parte a la organización misma del trabajo y es precisamente lo que se pretende con todos los factores de la producción.

El ordenamiento de las actividades del cultivo en función del tiempo y el espacio, los insumos o elementos y materiales que requerirá cada acción, la asignación de las tareas y la adecuación de las actividades a los recursos disponibles, son temas que tienen que ver con la organización y buena marcha del trabajo. Esta es una parte fundamental del trabajo del administrador.

Un primer paso lógico para llegar a organizar el trabajo es el conocimiento mismo de las labores propias del cultivo. Es decir que para delantar un cultivo de yuca hay que cumplir, siquiera, con las siguientes actividades:

a) Preparar el terreno
b) Sembrar
c) Resembrar
d) Desyerbar
e) Aplicar fertilizantes
f) Aplicar insecticidas
g) Cosechar
h) Empacar

De antemano se debe saber qué insumos serán necesarios. Es decir cual y cuánta semilla, fertilizantes, insecticidas, empaques, herramientas agrícolas se requieren. Posteriormente resulta fundamental saber cuándo se harán las labores para programar, quién las desarrollará y los recursos que implican cada una de ellas.

Los cronogramas de actividades o programación Gantt o de barras, son una buena ayuda puesto que dan una visión conjunta del proceso productivo. Otros métodos con el C.P.M. (Critical Path Method) y PERT (Program evaluation and review thechnies) también son de gran utilidad, especialmente cuando se trata de explotaciones un poco más complejas por su tamaño, diversificación y proyecciones.

RESUMEN

Administrar eficientemente la producción es un factor decisivo para el logro de los objetivos técnicos y económicos.

Aunque el cultivo de la yuca es considerado con ventaja comparativa sobre otras alternativas agrícolas, es importante tener en cuenta que

mediante una adecuada planeación de la explotación, organización del trabajo, evaluación y control del proceso productivo, se puede disminuir la incertidumbre propia de estas empresas, al tiempo que es de esperarse una mayor reditualidad.

De otra parte, el desarrollo tecnológico del cultivo de la yuca marcha con pasos rápidos hacia la obtención de materiales de altos rendimientos con bajos niveles de insumos. Ello alienta las esperanzas, no solo de particulares sino también de los gobiernos que ven en la yuca un alimento básico para dietas humanas y animales. Todo aquello que garantice eficiencia de los factores de la producción a nivel de finca para robustecer el conjunto productivo, es de trascendental importancia.

Por que la administración contempla el riesgo y la incertidumbre, los niveles de producción, el comportamiento de los precios, las regulaciones legales, la oferta y la demanda, el comportamiento de los costos de producción, la capacidad de tipo multidisciplinaria. De allí que cuando se habla de administrar la producción agropecuaria, se piense en la necesidad de contar con técnicos de las ciencias agrícolas que actúen con criterio económico, contable, social, estadístico y matemático para aplicarlo en el proceso de la producción yuquera.

ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCION DE YUCA - ESTUDIO DE CASO, COLOMBIA

Rafael Orlando Diaz D.*

Tema: Encuestas Agroeconómicas

El análisis agroeconómico de la producción de yuca en Colombia se llevó a cabo por un equipo de agrónomos y economistas con cerca de 300 cultivadores de yuca en Colombia, distribuidos en cinco diferentes regiones.

Objetivos.

El análisis agroeconómico intentó transmitir a los técnicos que manejan la investigación, cuál era el nivel de demanda de la finca para aplicar los resultados de las investigaciones, facilitando en esta forma la comunicación entre la finca y el centro de investigación agrícola. El análisis se orientó a cuatro principales aspectos: (a) describir los procesos de producción, (b) identificar factores limitantes en la producción y productividad, (c) estimar la relativa importancia de cada uno de esos factores, y (d) lograr indicadores del tipo de tecnología preferida por el cultivador.

Además de servir a las necesidades del técnico que maneja la investigación, los resultados del estudio agroeconómico, se espera sean útiles para establecer y revisar políticas de gobierno en aspectos tales como extensión agrícola, crédito y precios (Figura 3). Finalmente, la información generada por el estudio puede ser útil a productores asociados o cultivadores individuales. De todas maneras, el propósito primario del estudio es suministrar información para establecer prioridades en la investigación.

---

* M.S., Investigador Asociado

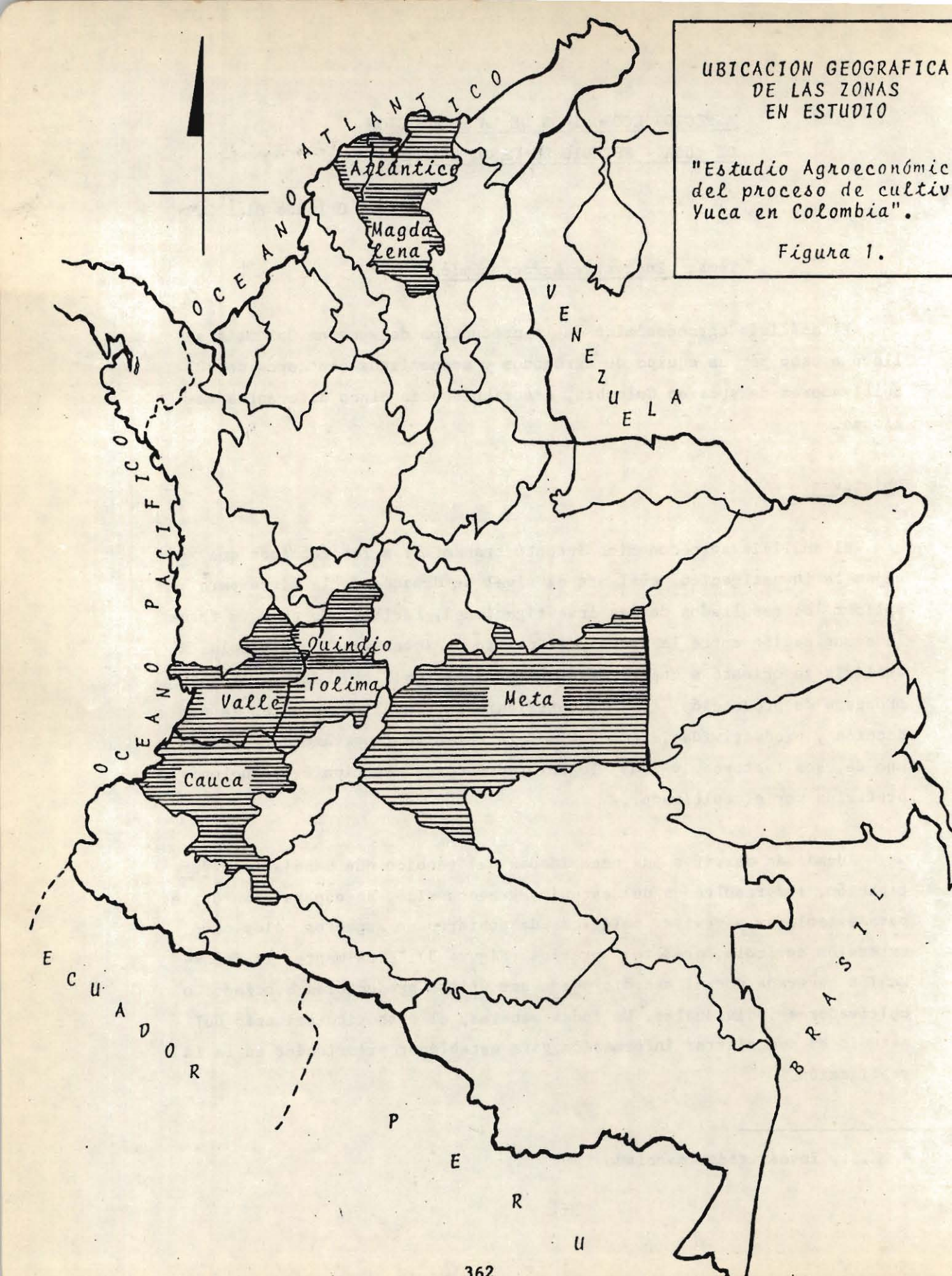
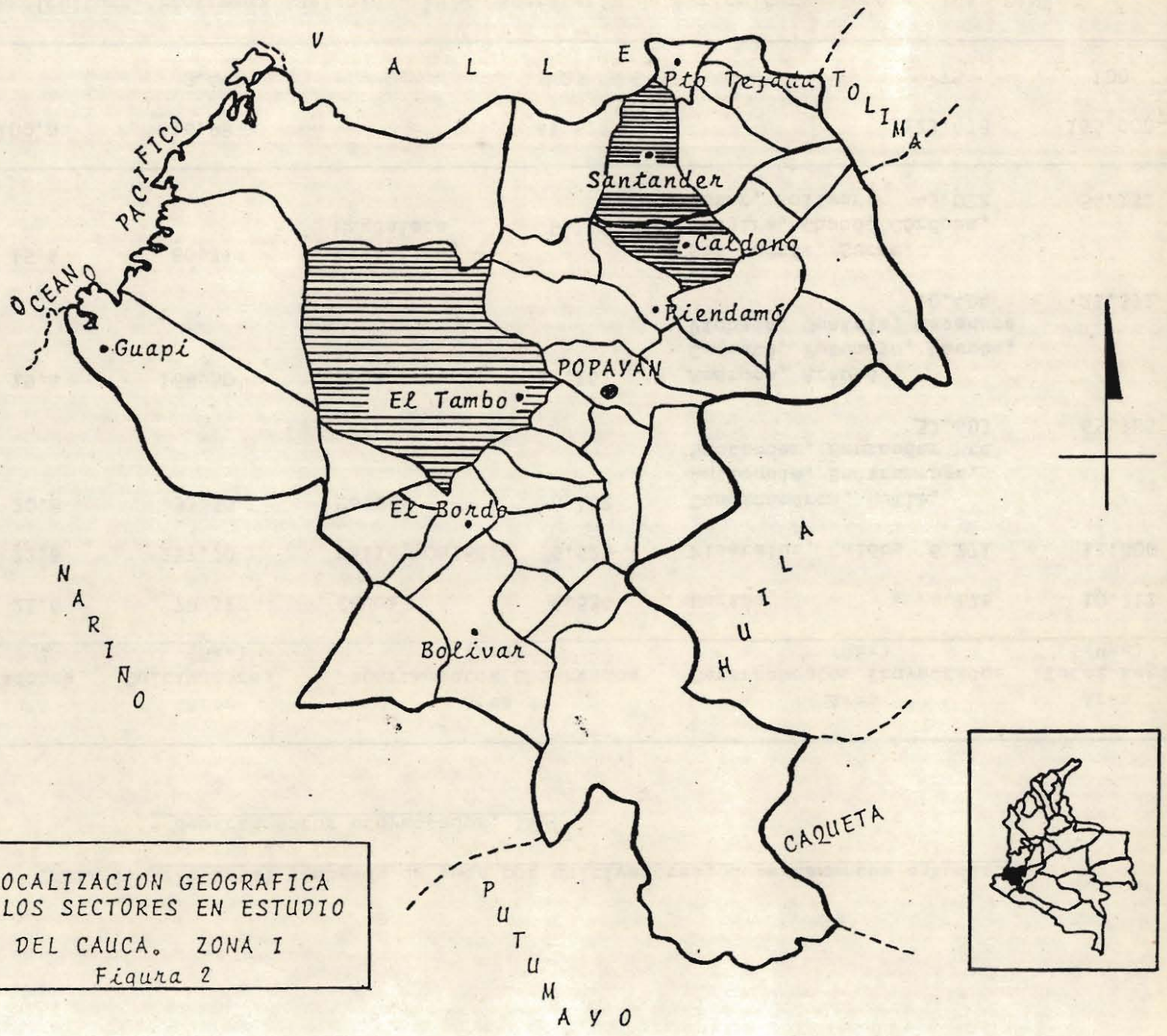

UBICACION GEOGRAFICA
DE LAS ZONAS
EN ESTUDIO
"Estudio Agroeconómic
del proceso de cultiv
Yuca en Colombia".
Figura 1.
OCEANO ATLANTICO
Atlántico
Magda
lena
VENEZUELA
OCEANO PACIFICO
Quindío
Tolima
Valle
Meta
Cauca
ECUADOR
PERU
BRASIL

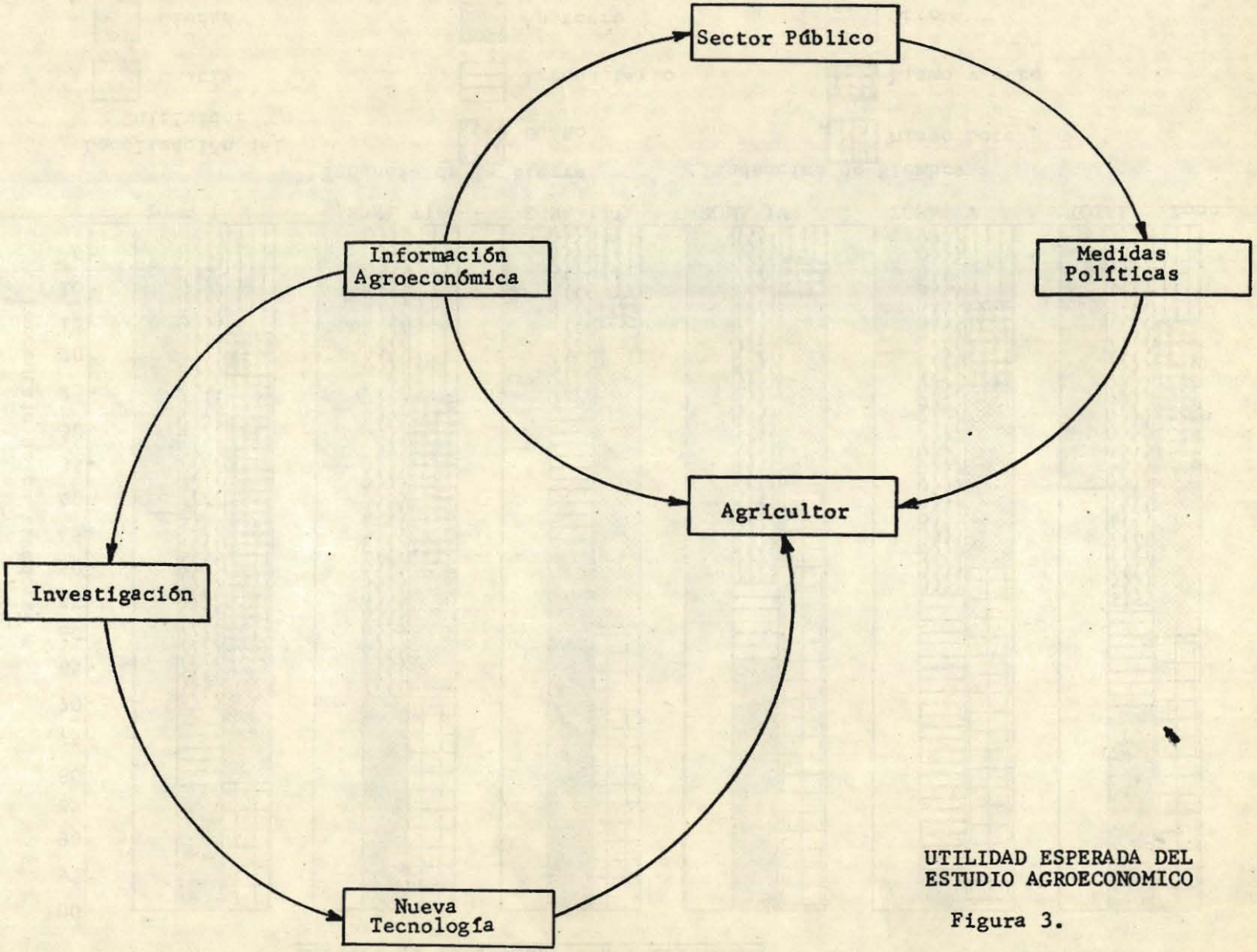
TABLA 1. Area total sembrada de yuca por cultivadores, departamentos estudiados y departamentos proyectados, 1974[1]

Localidad	Cultivadores No.	Cultivadores %	Area Cultivadores (Has)	Area Departamentos Observados (Has)		Area Departamentos Proyectados (Has)		Area Total Región (Has)
Zona I	61	21.6	78.57	Cauca	6.534	Nariño	4.178	10.712
Zona II	64	22.6	217.70	Valle, Quindio	6.529	Risaralda, Caldas	6.271	12.800
Zona III	59	20.8	53.50	Tolima	8.182	Cundinamarca, Huila, Antioquia, Bucaramanga, Santander, Santander Nte	57.603	65.785
Zona IV	55	19.4	188.50	Meta	11.167	Amazona, Arauca, Caquetá, Putumayo, Vaupés, Vichada, Guainía, Casanare	10.404	21.571
Zona V	44	15.6	80.71	Atlántico, Magdalena	9.110	San Andrés, Sucre, Guajira, Chocó, Córdoba, Cesar, Bolivar	45.022	54.132
Total	283	100.0	618.98		41.522		123.478	165.000
Porcentaje			0.4		25		75	100

1/ Ministerio de Agricultura. Programas Agrícolas, 1974. Secretaría de Agricultura, Incora, ICA, DANE.



LOCALIZACION GEOGRAFICA
DE LOS SECTORES EN ESTUDIO
DEL CAUCA. ZONA I
Figura 2



UTILIDAD ESPERADA DEL ESTUDIO AGROECONOMICO

Figura 3.

FIGURA 4. Características de la producción de yuca en la muestra de cultivadores seleccionados

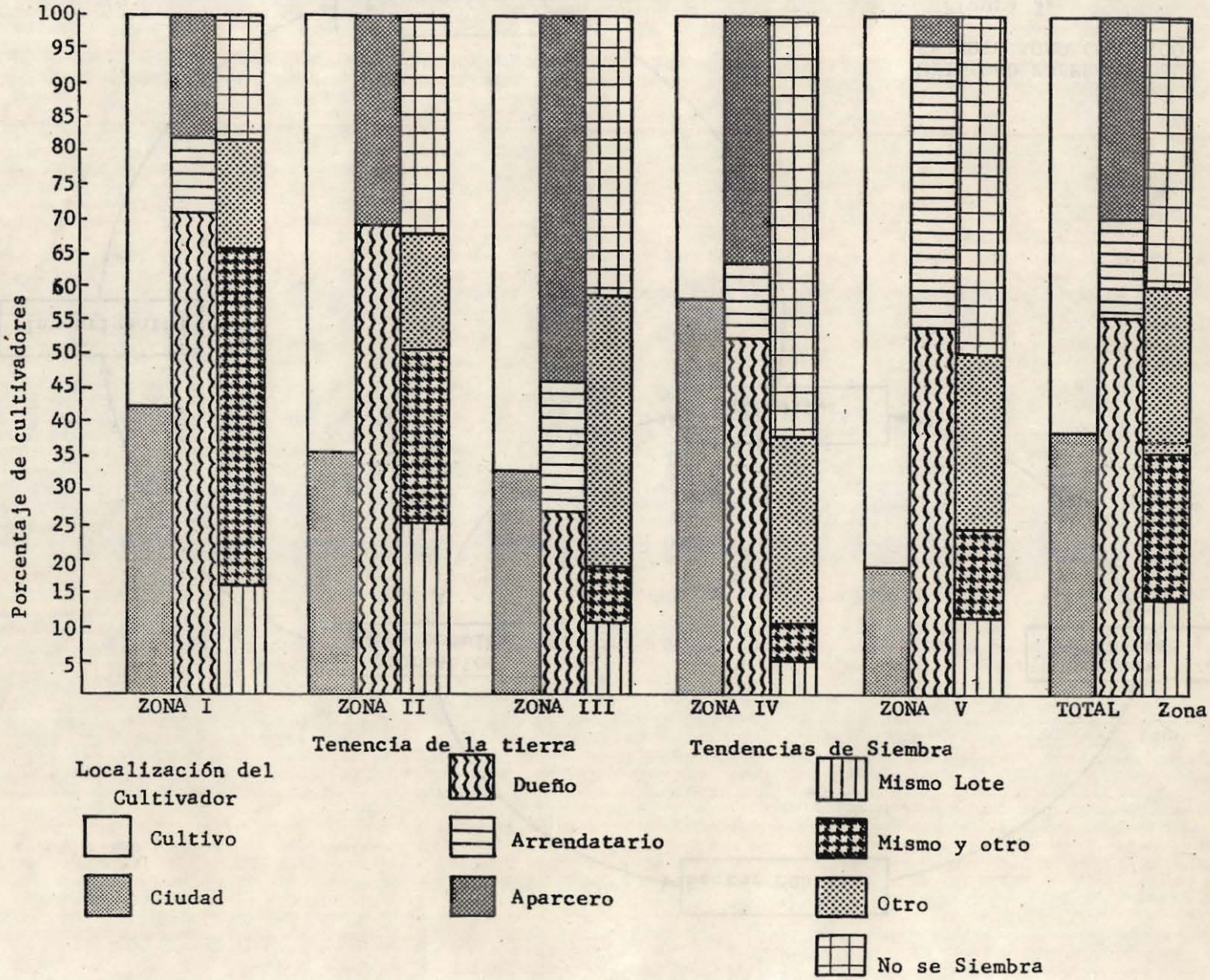


TABLA 3. Porcentaje de maleza de hoja ancha, hoja ancha y ciperacias, encontradas en cultivos de yuca en cinco regiones durante tres visitas

Tipos de Maleza	PORCENTAJE DE CADA TIPO DE MALEZA					
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V	Promedio
Primera Visita						
Angosta	12.3	19.7	1.7	8.9	23.8	13.4
Ancha	83.8	74.2	96.0	79.0	56.6	78.6
Ciperaceas	3.9	6.1	2.3	12.1	19.6	8.6
Segunda Visita						
Angosta	14.8	18.8	12.9	30.6	26.1	20.0
Ancha	82.7	71.2	86.2	57.2	50.4	71.0
Ciperaceas	2.5	10.0	0.9	12.2	23.5	9.0
Tercera Visita						
Angosta	22.3	24.5	13.3	34.9	22.2	22.3
Ancha	77.7	66.3	86.7	65.1	61.1	72.5
Ciperaceas	0	9.2	0	0	16.7	5.2

TABLA 4. Densidad de Malezas de Hoja Angosta, Hoja Ancha, Ciperaceas y Helechos encontradas en cultivos de Yuca en Cinco Zonas durante tres visistas

Tipos de Maleza	10000 Plantas/hectárea					Promedio /tipo d maleza
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V	
Primera Visita						
Angosta	114	199	27	90	185	123
Ancha	191	278	249	194	204	223
Ciperaceas	24	103	6	47	284	93
Helechos	1	2	8	7	0	4
Segunda Visita						
Angosta	99	139	35	127	285	157
Ancha	285	397	111	190	294	255
Ciperaceas	5	62	6	50	254	75
Helechos	8	12	8	8	0	7
Tercera Visita						
Angosta	34	134	58	75	143	89
Ancha	197	240	48	95	250	166
Ciperaceas	0	8	0	0	131	29
Helechos	9	4	8	6	0	5
Promedio/visita/zona						
Angosta	82	157	40	97	204	
Ancha	224	305	136	160	250	
Ciperaceas	10	66	4	32	223	
Helechos	6	6	8	7	0	
Promedio/zona	322	534	188	296	677	

Componentes de la encuesta.

Consiste con los propósitos del estudio, se trató de obtener una descripción representativa de todas las actividades de producción del cultivo de la yuca, tipos de suelo en base a muestras tomadas a cada uno de los cultivos visitados, problemas de insectos, enfermedades, malezas y agua en base a observaciones directas del encuestador en el campo, estimación de insumos utilizados, costos de producción y rentabilidad del cultivo para cada uno de los sectores en estudio.

Aplicación de resultados.

Los resultados de la encuesta agroeconómica se aplican a cultivadores de yuca que presentan las siguientes características en cuanto a localización del cultivador, tenencia de la tierra y tendencia de siembra, Figura 4.

Frecuencia de malezas-

Uno de los resultados obtenidos a través de la encuesta se refiere al porcentaje y la población de malezas de hoja ancha, angosta y ciperaceas encontradas en los cultivos de yuca en las cinco regiones en cada una de las tres visitas Tablas 3 y 4.

Frecuencia de insectos-

La proporción de cultivares y el porcentaje, promedio de afectación de los once primeros insectos registrados en la encuesta se presentan en las tablas 5 y 6.

Frecuencia de enfermedades-

La proporción de cultivadores y el porcentaje promedio de afectación de las enfermedades encontradas en el campo se presentan en tablas 7 y 8.

TABLA 5. Presencia de los insectos durante las tres visitas (% de cultivadores)

Insectos	I			II			III			IV			V			TOTAL		
	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.
ips (rankiniella williansi)	68.9	59.0	39.3	79.6	87.5	34.8	88.2	100.0	47.5	85.5	94.6	23.6	81.8	86.4	47.7	80.6	85.2	43.9
illas (milia Cecidomidae)	32.8	24.6	6.6	31.2	43.8	6.2	59.3	69.1	23.7	67.3	65.5	9.1	65.9	84.1	40.9	50.2	55.5	15.2
ca blanca (misia sp.)	62.3	70.5	36.1	40.6	14.1	1.6	35.4	37.3	13.6	30.9	23.6	12.7	54.6	70.4	22.7	44.9	41.7	17.0
ca de la fruta (astrepha sp.)	1.6	6.6	0	34.4	75.0	21.9	0	13.6	1.7	14.6	5.4	1.8	4.6	9.1	4.6	11.7	23.7	6.4
ca del cogollo (lba pendula)	14.8	8.2	1.6	18.2	29.7	0	3.4	3.4	0	43.6	23.6	0	4.6	0	0	17.3	13.8	0.4
miga arriera (ta sp.)	45.9	18.0	24.6	21.9	4.7	4.7	22.0	23.7	3.4	0	0	0	6.8	2.3	4.6	20.5	10.2	7.8
ito verde (poasca sp.)	9.8	1.6	0	23.4	1.6	0	5.1	0	0	1.8	0	0	6.8	18.2	0	9.9	3.5	0
ano cachón (innys ello)	1.6	0	4.9	18.8	1.6	0	1.7	0	0	5.4	0	0	6.8	11.4	0	7.1	2.1	1.1
miga arriera * (ta sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.4	12.7	0	0	0	0	5.0	2.5	0
nche de encaje (tiga manihote)	6.6	16.4	8.2	0	3.1	0	1.7	6.8	3.4	9.1	7.3	1.8	2.3	0	0	3.9	7.1	2.8
jo blanco (eurothrixus sp.)	14.8	47.5	41.0	0	4.7	3.1	1.7	11.9	5.1	5.4	0	0	2.3	4.6	22.7	5.0	14.5	14.1

Solo en la Zona IV.

TABLA:6. Porcentaje promedio de afectación por insectos en cada una de las zonas por visita

Insectos	I			II			III			IV			V			TOTAL		
	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.
rips rankiniella williansi)	20.3	13.5	14.1	36.3	36.5	22.2	51.5	69.4	28.3	34.6	62.0	16.2	17.7	29.2	8.2	32.7	43.2	18.1
alla amilia Cecidomidae)	4.9	3.1	1.0	4.4	8.2	1.7	8.9	9.0	3.1	21.6	8.6	1.1	14.1	19.7	9.1	11.3	9.0	2.5
sca blanca emisia sp.)	22.3	34.3	19.0	7.1	1.8	0.2	13.7	16.6	6.1	5.7	12.8	2.9	7.9	15.4	6.0	9.2	12.3	4.6
sca de la fruta nastrepha sp.)	0.3	2.0	0	8.8	25.6	8.0	0	6.3	0.2	1.8	0.6	2.1	0.6	10.2	1.5	3.7	11.1	3.7
sca del cogollo ilba pendula)	2.8	1.3	0.2	3.8	8.1	0	0.7	0.7	0	11.2	8.6	0	0.2	0	0	5.1	5.7	0.1
rmiga arriera tta sp.)	10.0	2.0	6.6	3.0	0.3	1.1	2.7	2.6	2.0	0	0	0	2.1	2.6	0.9	2.8	1.0	1.5
rito verde mpoasca sp.)	0.7	0.2	0	4.3	0.8	0	0.6	0	0	0.5	0	0	1.1	1.6	0	2.0	0.5	0
sano cachón rinnys ello)	0.1	0	0.6	2.8	0.1	0	0.2	0	0	2.5	0	0	0.9	2.3	0	1.9	0.3	0.1
rmiga arriera * tta sp.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4	3.2	0	0	0	0	2.5	1.0	0
inche de encaje atiga manihote)	1.1	2.6	0.9	0	0.4	0	0.2	0.4	0.6	0.7	1.1	0.4	0.1	0	0	0.4	0.9	0.3
ojo blanco leurothrixus sp.)	2.2	14.3	16.0	0	0.3	0.1	0.2	3.8	0.6	1.2	0	0	0.6	0.9	4.7	0.7	2.4	2.7

* Solo en la Zona IV

TABLA 7. Proporción de cultivos en donde se presentaron las enfermedades observadas en cada visita

Enfermedades	Zona I			Zona II			Zona III			Zona IV			Zona V			Total		
	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.
Mancha de Anillo (Phoma sp.)	14.7	40.9	40.9	10.9	42.2	18.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.6	18.4	13.1
Mildeo Polvoso (Oidium manihotis)	26.2	45.9	21.3	9.4	56.2	15.6	52.5	76.2	27.1	0	12.7	1.8	4.5	9.1	2.3	19.4	42.4	14.4
Pudrición radical (Varios hongos)	0	1.6	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	0	6.8	0	0	1.1	1.1	0
Superalargamiento (Sphaceloma manihoticola)	0	1.6	1.6	0	0	0	18.6	62.7	27.1	10.9	23.6	5.4	0	0	0	6.0	18.0	10.6
Añublo bacterial (Xanthomonas manihotis)	1.6	1.6	9.8	0	0	0	6.8	13.6	5.1	3.6	25.4	16.4	6.8	29.5	15.9	3.5	12.8	8.8
Fumagina (Varios hongos)	0	3.3	1.6	1.6	1.6	1.6	0	6.8	3.4	0	0	0	0	0	0	0.3	2.5	1.4
Roya (Uromyces spp.)	0	0	6.6	0	0	0	0	3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	1.4
Cuero de sapo (desconocido)	0	0	11.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5
Chancro del tallo (desconocido)	0	0	3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7

La mancha parda (Cercospora henningsii) el añublo fungoso (Cercospora vicosae) y la mancha blanca (Cercospora caribaea) se presentaron en todos los cultivos visitados.

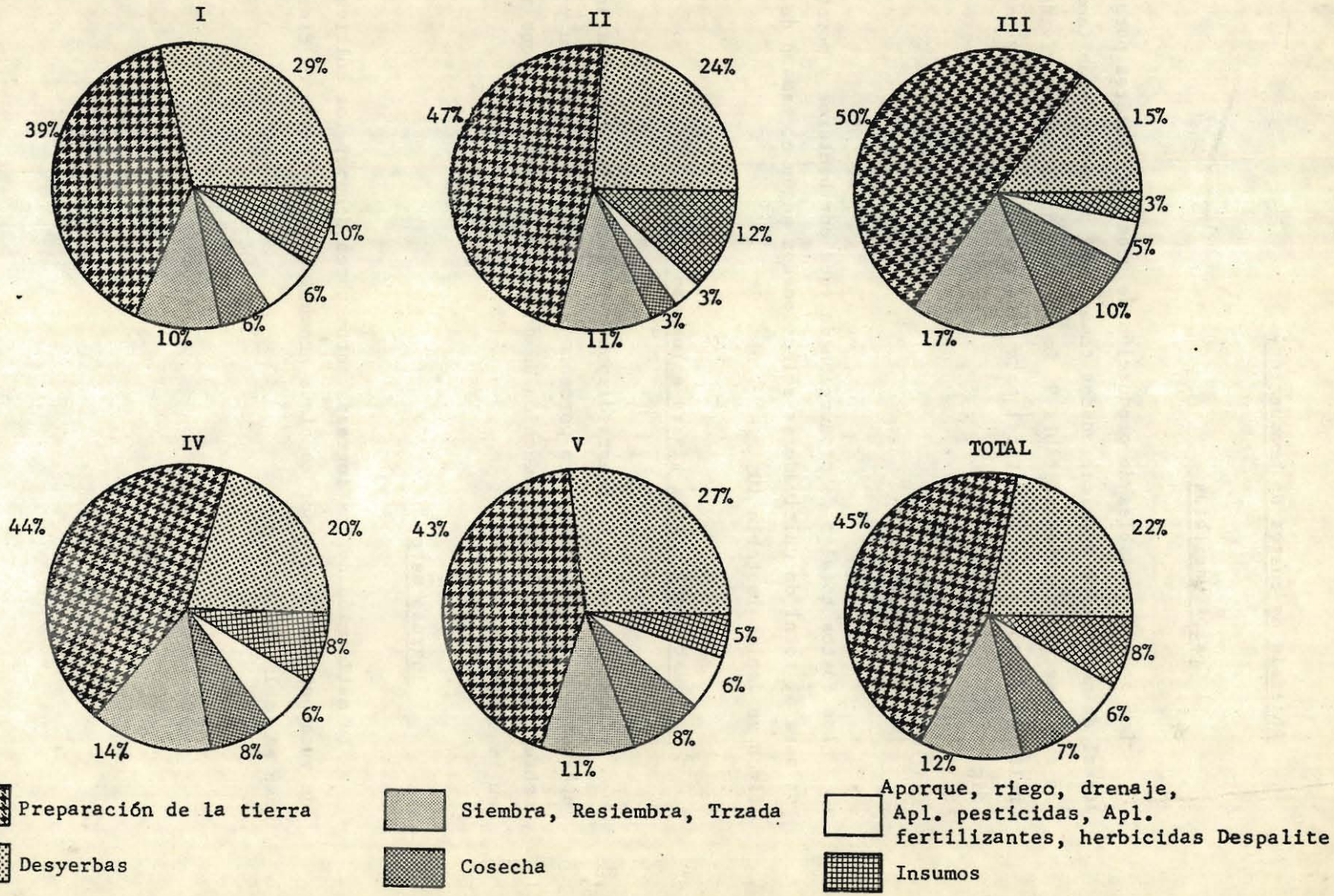
TABLA 8. Porcentaje promedio de afectación del cultivo por enfermedad y visita en cada zona

fermedades	Zona I			Zona II			Zona III			Zona IV			Zona V			Total		
	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.	1a.	2a.	3a.
ncha de anillo *homa* sp.)	3.2	3.2	21.4	1.9	9.3	10.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7	3.7	6.5
ldeo polvoso *idium manihotis*)	8.9	17.5	11.7	1.5	31.8	9.8	15.5	29.9	6.2	0	1.8	0.4	0.7	3.0	0.1	3.2	16.9	5.6
drición radical arios hongos)	0	0.3	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	2.7	0	0	0.4	0.2	0
peralargamiento *phaceloma manihoticola*)	0	0.5	0.3	0	0	0	3.0	25.9	16.4	1.2	3.9	11.1	0	0	0	3.9	3.7	4.8
ublo bacterial *anthomonas manihotis*)	0.1	0.6	5.2	0	0	0	2.7	10.5	1.8	0.7	10.9	16.8	0.9	8.6	7.3	0.6	5.4	6.9
magina arios hongos)	0	1.8	0.1	0.2	0.1	0.1	0	1.8	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.1
ya *romyces* spp.)	0	0	6.4	0	0	0	0	3.7	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0.8	0.8
ancro del tallo esconocido)	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1

TABLA 9. Costos variables de producción de yuca por hectárea para el total de cultivadores. Promedio por tamaño de finca

Actividad	PEQUEÑO (0-1.99 Has) Promedio	%	MEDIANO (2-9.99 Has) Promedio	%	GRANDE (10 o más Has) Promedio	%	TOTAL Promedio Ponderado	%
Tumba de Monte	47.0	1	37.6	1	142.4	4	32.9	2
Preparación tierra	849.5	21	711.3	21	870.9	20	815.0	20
Trazada	71.8	2	53.2	2	39.0	1	52.8	1
Siembra	388.6	10	311.5	9	432.3	10	382.6	10
Resiembra	51.1	1	54.4	2	47.0	1	50.5	1
Aporques	54.1	1	3.5	0	1.1	0	17.0	1
Riegos	38.5	1	4.6	0	8.0	0	15.7	0
Drenajes	15.0	0	22.3	0	12.0	0	16.0	1
Apl. fertilizantes	16.6	1	33.6	0	41.2	1	31.9	1
Apl. insecticidas	112.3	3	126.7	4	105.8	2	114.1	3
Apl. fungicidas	0	0	2.0	0	1.0	0	1.0	0
Apl. herbicidas	0	0	2.9	0	3.8	0	2.4	0
Desyerbas	1836.4	46	1550.9	45	1941.1	45	1791.2	45
Despalite	2.3	0	1.6	0	16.5	0	7.9	0
Cosecha	270.1	7	231.0	7	275.6	7	260.3	7
Total	3753.3	94	3147.1	91	3937.7	91	3641.3	92
INSUMOS:								
Semilla	116.3	3	124.5	4	138.1	3	127.7	3
Fertilizantes	35.1	1	97.7	3	163.0	4	112.0	3
Insecticidas	64.6	2	85.2	2	87.7	2	80.3	2
Fungicidas	0	0	0.5	0	0.2	0	0.3	0
Herbicidas	0	0	6.2	0	10.4	0	6.1	0
Total Insumós	236.0	6	314.1	9	399.4	9	326.4	8
Costo Variable Total	3989.3	100	3461.2	100	4337.1	100	3967.7	100

FIGURA 5. Estimación de los costos variables de producción por hectárea.
(%) Actividad como proporción del costo total.



Análisis de costos de producción-

Costos variables

Los costos variables de producción de yuca por hectárea para el total de cultivadores seleccionados tomando el promedio según tamaño de finca se presentan en la tabla 9. La proporción de cada actividad en relación al costo variable total para cada una de las zonas se da en la figura 5.

Costos totales

Los costos totales de producción de yuca por hectárea y por tonelada para el total de cultivadores seleccionados según el tamaño de la finca se dan en la tabla 10.

Retribución a la tierra e Ingreso Neto.-

La retribución a la tierra disponible para dueños, arrendatarios y aparceros e ingreso neto como porcentaje del valor de la tierra y porcentaje del valor de la producción de acuerdo al tamaño de finca se dan en la tabla 11.

Ingreso neto-

La estimación de los ingresos netos obtenidos por los cultivadores de yuca por hectárea y por tonelada producida según tamaño de finca se dan en tabla 12.

TABLA 10. Costos totales de producción de yuca por hectárea y por tonelada para el total de cultivadores. Promedio por tamaño de finca

	Pequeño (0-1.99 Has)		Mediano (2-9.99 Has)		Grande (10 ó más Has)		Total	
	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton
Costo Variable Total	3989	927	3461	587	4337	549	3968	640
Administración	0	0	68	11	102	13	62	10
Asistencia Técnica	2	1	4	1	6	1	4	1
Vigilancia	20	5	99	17	148	18	96	15
Empaque	57	13	99	17	188	24	123	20
Interés del 12% del Costo Variable)	479	111	415	70	520	66	476	77
Costo Total sin renta tierra	4547	1057	4146	703	5301	671	4729	763
Renta de tierra (10% del valor)	918	213	1014	172	1831	232	1318	212
Costo total	5465	1270	5160	875	7132	903	6047	975

TABLA 11. Retribución a la tierra disponible para dueños, arrendatarios y aparceros e ingreso neto como porcentaje del valor de la tierra y porcentaje del valor de la producción. Promedio por tamaño de finca

	Pequeño (0-1.99 Has)		Mediano (2-9.99 Has)		Grande (10 o más Has)		Total	
	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton
ZONA I:								
-Valor tierra	2625		2575		3826		2776	
-Valor producción	6128	1362	5101	1275	7957	1396	5859	1331
-Retribución tierra e Ingreso Neto	1793	398	2073	518	4401	772	2324	528
-% del valor tierra	68.3		80.5		115.0		83.7	
-% del valor produc.	29.3		40.6		55.3		39.7	
ZONA II:								
-Valor tierra	40106		43085		47708		45153	
-Valor producción	15646	1980	25655	2004	29224	2058	25685	2038
-Retribución tierra e Ingreso Neto	9859	1248	20258	1583	22663	1596	19467	1545
-% del valor tierra	24.6		46.0		47.5		43.1	
-% del valor produc.	63.0		79.0		77.5		75.8	
ZONA III:								
-Valor tierra	2490		4518		3048		3208	
-Valor producción	6104	2180	5804	2149	5900	1686	5946	1982
-Retribución tierra e Ingreso Neto	1539	550	1784	661	992	283	1365	455
-% del valor tierra	61.8		39.5		32.5		42.5	
-% del valor produc.	25.2		30.7		16.8		23.0	
ZONA IV:								
-Valor tierra	4917		5812		5289		5400	
-Valor producción	8529	1445	10580	1430	6623	1162	7982	1287
-Retribución tierra e Ingreso Neto	3343	567	4988	674	1889	331	2950	476
-% del valor tierra	67.9		85.8		35.7		54.6	
-% del valor poduc.	39.2		47.1		28.6		37.0	
ZONA V:								
-Valor tierra	4114		3636		5045		4227	
-Valor producción	3176	1059	4524	1077	5188	1081	4016	1029
-Retribución tierra e Ingreso Neto	-642	-	1056	251	75	16	-37	-
-% del valor tierra	0		29.0		1.5		0	
-% del valor produc.	0		23.3		1.4		0	
TOTAL:								
-Valor tierra	9181		10136		18312		13185	
-Valor producción	7026	1634	9456	1603	13700	1734	10485	1691
-Retribución tierra e Ingreso Neto	2478	576	5309	899	8398	1063	5755	928
-% del valor tierra	27.0		52.4		45.9		43.6	
-% del valor produc.	35.3		56.1		61.3		54.9	

TABLA 12. Estimación de los ingresos netos obtenidos por los cultivadores de yuca para el total de las zonas. Promedio por hectárea y por tonelada producida según tamaño de la finca

Zonas	Pequeño (0-1.99 Has)		Mediano (2-9.99 Has)		Grande (10 ó más Has)		Total	
	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton	$/ha	$/ton
I	1531	340	1816	454	4015	704	2046	465
II	5848	740	15614	1220	17892	1260	14952	1187
III	1290	461	1332	493	667	190	1044	348
IV	2851	483	4407	595	1377	241	2428	392
V	-1053	-	692	165	426	75	-461	-
Total	1561	363	4296	728	6588	834	4438	716

Tema: Evaluación de Pérdidas

Modelos de Regresión

Un sistema para evaluar las pérdidas en rendimiento se basó en estimaciones obtenidas en base al análisis de funciones de producción del tipo $Y_1 = A + B_i \ X_i$ lineal, $Y_1 = A + B_iX_i + CX_i2$ cuadráticas y $Y_1 = AX_i^{B_i}$ exponenciales, en todas las zonas del estudio y para el total de cultivadores en las cuales se esperaba que algunas variables, X_i, tuvieran efecto sobre los rendimiento, Y_1.

Cada uno de los coeficientes de regresión, B_i, multiplicado por el valor promedio del particular factor, $\bar{X}_i$, limitante del rendimiento, Y_1, da un estimativo del impacto total de ese factor sobre los rendimientos de la muestra.

El área afectada de cada uno de los factores limitantes que resulten significativos, $A(X_i)$, se estimó directamente de la muestra de cultivadores y las pérdidas en producción se estimaron como la pérdida promedia en rendimiento por el área afectada.

Factores seleccionados-

En la tabla 13 se define cada una de las variables tratadas y las unidades empleadas en los modelos de regresión.

Factores Significativos

Factores Limitantes-

En base a los resultados del análisis de una función de producción doce factores resultaron ser potencialmente limitantes de los rendimientos para el total de cultivadores de yuca en Colombia. Ellos fueron: lluvias adversas entre 0 y 4 meses de edad del cultivo, yuca sembrada intercalada,

presencia de hormigas y ácaros en cultivos de 4 a 8 meses de edad, aspectos de suelos como Potasio por debajo de .20 meq./100 grs de suelo, Fósforo menor de 15 p.p.m.; pH por debajo de 5.0 y suelos pesados.

Las enfermedades superalargamientos y C.B.B., menos del óptimo del uso de insumos donde el valor de los insumos fué expresado en términos de la variable costos y menos del óptimo de población de plantas.

En la Tabla 14 se presenta la estimación de pérdidas totales en el lote de estudio para el total de cultivadores encuestados y la proyección de pérdidas para toda el área sembrada en Colombia en el año 1974. En la figura 6 se presenta gráficamente las pérdidas estimadas.

TABLA 13. Definición de la variable y unidades usadas para cada variable en el modelo de regresión

	Variable	Unidad
Y_1	= Rendimiento yuca	kgs/ha
X_1	= Mano de obra, desyerbas	hombre-día/ha
X_2	= Costo de Insumos	$/ha
X_3	= Población de plantas yuca, 0-4 meses	Plantas/100 m^2
X_4	= Altura (MSNM)	metros
X_5	= Población Malezas hoja angosta, 0-4 meses	Malezas/0.5 m^2
X_6	= Población Malezas hoja ancha, 0-4 meses	Malezas/0.5 m^2
X_7	= Población Malezas ciperáceas, 0-4 meses	Malezas/0.5 m^2
X_8	= Edad yuca tiempo cosecha	Dias
X_9	= Lluvias (0-4 meses) 0=normal; 1= Dem. o poco	Dummy
X_{10}	= Lluvias (4-8 meses) 0=normal; 1= Dem. o poco	Dummy
X_{11}	= A.B.Y. (4-8 meses) 0=hay; 1= no hay	Dummy
X_{12}	= Phoma (4-8 meses) 0=hay; 1= no hay	Dummy
X_{13}	= Superalargamiento (4-8 meses) 0= hay; 1= no hay	Dummy
X_{14}	= Cuero de Sapo (8-12 meses) 0= hay; 1= no hay	Dummy
X_{15}	= Thrips (0-4 meses) 0= hay; 1= no hay	Dummy
X_{16}	= Hormigas (4-8 meses) 0= hay; 1= no hay	Dummy
X_{17}	= Acaros (4-8 meses) 0= hay; 1= no hay	Dummy
X_{18}	= Sistema: 0= yuca sola; 1= intercalada	Dummy
X_{19}	= Preparación Tierra y Topografía	
X_{20}	= Preparación Tierra y Topografía	
	(X_{19}, X_{20}) = (0,1) Maquinaria	Dummy
	(X_{19}, X_{20}) = (0.1) Plano, manual	Dummy
	(X_{19}, X_{20}) = (0.0) Pendiente, manual	Dummy
X_{21}	= Potasio: 0= $<$.20 meq/100 grs; 1= $\geq$.20 meq/100 grs	Dummy
X_{22}	= Textura: 0= pesado; 1= liviano	Dummy
X_{23}	= Acidez; 0= pH menor 5.0; 1= pH $\geq$ 5.0	Dummy
X_{24}	= Fósforo: 0= $<$ de 15 p.p.m.; 1= $\geq$ 15 p.p.m.	Dummy
X_{25}	= X_1 * 2	-
X_{26}	= X_2 * 2	-
X_{27}	= X_3 * 2	-
X_{29}	= Porcentaje A.B.Y.	%
X_{30}	= Porcentaje Phoma	%
X_{31}	= Porcentaje Superalargamiento	%

TABLA 14. Estimación de pérdidas en rendimiento y producción por factores limitantes en yuca en base al total de cultivadores, 1974

Factor	Estimación Pérdidas Totales Lote en Estudio		% Area Afectada	Estimación Pérdidas Totales para Colombia			
	kgs/ha	%		kgs/ha	%[1]	tons[2]	Valor ($1000)[3]
Lluvias	1541	19.9	48	740	11	122100	188034
Yuca Intercalada	1825	22.7	31	566	8	93390	143820
Hormigas	1821	22.7	2	36	1	5940	9148
Acaros	1327	17.6	7	93	2	15345	23631
Potasio	1530	19.8	74	1132	15	186780	287641
Fósforo	2423	28.1	63	1526	20	251790	387756
pH	1459	19.0	58	846	12	139590	214968
Textura	1646	20.9	75	1234	18	203610	313559
C.B.B.	981	13.7	5	49	1	8085	12451
Superalargamiento	3387	35.3	4	135	2	22275	34303
Población plantas	946	13.2	100	946	13.2	156098	240390
Costo Insumos	12921	67.6	100	12921	67.6	2131965	3283226

1/ Porcentaje basado en la estimación del rendimiento, 6.200 kgs/ha, más las pérdidas debidas a ese factor particular.

2/ Estimadas en base a 165.000 has de yuca sembrada en 1974.

3/ Estimadas en base a un precio promedio de $1540/ton.

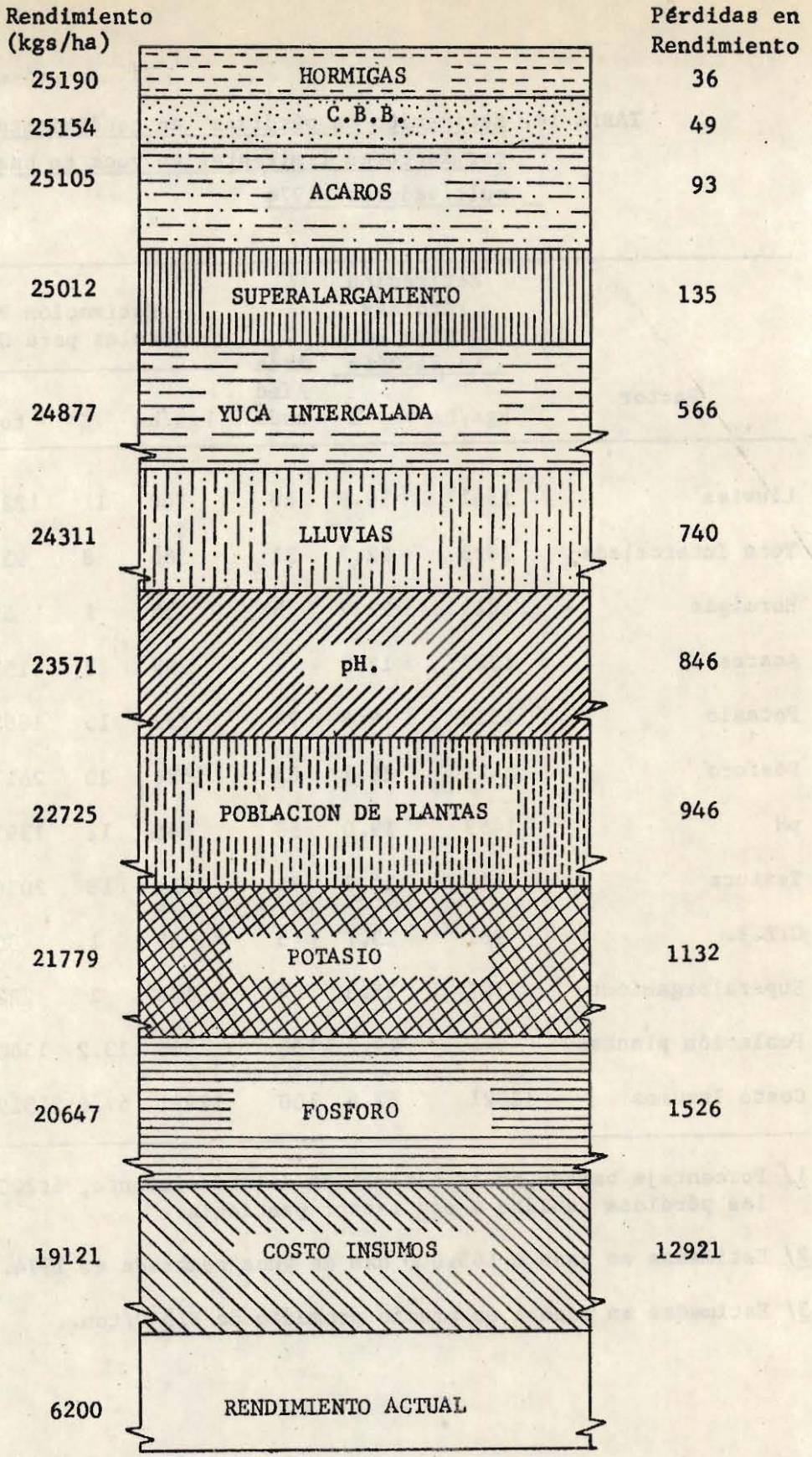


FIGURA 6. Estimación de pérdidas en la producción de yuca para Colombia en base a la muestra de cultivadores seleccionados

Medidas Esperimentales

Indices de Pérdidas en Rendimiento-

Las medidas experimentales de pérdidas en rendimiento causadas por enfermedades se estimaron en base a índices[1]

Enfermedades

Añublo bacterial (Xanthomonas manihotis)

Mancha de Anillo (phoma sp.)

Superalargamiento (Sphaceloma manihotis)

Los nombres comunes de las plantas de yuca sembradas en el campo con su correspondiente código de identificación en el banco de germoplasma del CIAT y su nivel de resistencia o susceptibilidad evaluado por el Programa de Fitopatología del CIAT, para las enfermedades añublo bacterial (Xanthomonas manihotis), mancha del anillo (Phoma sp.) y superalargamiento (Sphaceloma manihoticola) se dan en la Tabla 15.

Se midió el potencial de pérdidas que causaría la presencia de la enfermedad[1]: para el añublo bacterial y la mancha del anillo, la mejor estimación de la presencia de la enfermedad se tuvo en plantaciones de 4 a 8 meses de edad; el potencial de pérdidas estimado[2] fué de 44.69%

[1] $P = (R_{ij})\ (A_{ij})$, en donde:
P = pérdida en producción (Ton/ha) causada por la enfermedad X
R_{ij} = Impacto sobre el rendimiento promedio, al sembrar la variedad de clase (i) y el ataque es en época (j)
A_{ij} = área afectada donde se siembra la variedad de clase (i) y el ataque se presenta en la época (j)

[2] Fitopatología Yuca, Informe Anual 1973-1974.

y 62.41% respectivamente para cada enfermedad. El índice de pérdidas para el superalargamiento del 80%[3] se obtuvó en base a estimaciones elaboradas en los primeros estados de crecimiento de la planta, de 0-4 meses de edad. En la Tabla 6 se presentan las estimaciones de pérdidas potenciales en rendimiento debidas a la presencia de las enfermedades según el tipo de planta sembrada en cada una de las zonas estudiadas y además se da el estimativo de pérdidas en la región que comprende los departamentos proyectados.

[3] Fitopatología Yuca, Informe Anual 1975.

TABLA 15. Nombres comunes y códigos de identificación del CIAT de las plantas de yuca encontradas en la muestra y nivel de resistencia o susceptibilidad al añublo bacterial (Xanthomonas manihotis), mancha de anillo (Phoma sp.) y superàlargamiento (Sphaceloma manihoticola) en cada una de las zonas

Zona I							Zona II						Zona III					
Nombre Común	Identif. CIAT		% *	Clase Resis 1	2	3	Nombre Común	Identif. CIAT	% *	Clase Resis 1	2	3	Nombre Común	Identif. CIAT	% *	Clase Resis 1	2	3
Algodona	MCOL	83	21.3	N	S	S	Amarilla	-	1.6	N	S	N	Lengua de Pisco	MCOL 466	88.1	S	N	S
Colorada Vajuna	MCOL	265	21.3	S	S	N	Cascarilla	-	1.6	N	S	N	Santanera	-	1.7	S	N	S
Llanera Ch. enana	MCOL	7	3.3	N	S	N	Chirosa Ch. Gallinaza - Ch. Negra	MCOL 653	92.1	N	S	N	Guaduita	-	1.7	N	N	S
Valluna Americana	MCOL	113	21.3	S	S	N							Negrita	MCOL 485	1.7	N	N	N
Antonia La Común	MCOL	211	20.5	N	S	N	Llanera Ch. enana	MCOL 7	1.7	N	S	N	Caucana	-	3.4	S	N	S
Barranqueña	MCOL	227	3.3	N	S	N							Guarinoseña	-	3.4	S	N	S
Cadena	MCOL	660	3.6	S	N	S	Blanquita	MCOL 1791	9.1	S	N	N						
Chirosa- Ch. Gallinaza- Ch. Negra	MCOL	653	30.0	S	N	S	Botoncito	MCOL 1820	6.8	S	N	N						
Morruca	-		1.8	N	N	N	Florindera	M -	2.3	N	N	N						
							Manteca- Secundina	MCOL 1418	47.7	S	N	N						
Guajiba	MCOL	705	18.2	S	N	S	Tempranita	-	2.3	S	N	N						
Chirosa Mona- Ch. Blanca	MCOL	645	10.9	S	N	S	Montero	MCOL 1869	15.9	S	N	N						
Chirosa Fina- Ch. Colorada Ch. Bolivar	MCOL	640	34.6	S	N	S	Momposina	-	9.1	N	N	N						
							Majatera	-	6.8	N	N	N						

Zona IV	Zona V

1 . Añublo Bacterial.

2 Mancha de Anillo.

3 Superalargamiento.

N= No afectada por la enfermedad.

S= Susceptible.

- No identificada.

* Frecuencia del tipo de planta.

TABLA 16. Estimación de pérdidas potenciales en rendimiento (tons/ha) debidas a la presencia de añublo bacterial (Xanthomonas manihotis), mancha de anillo (Phomas sp.) y superalargamiento (Sphaceloma manihoticola) en la muestra de cultivadores

o de Yuca	Añublo Bacterial					Mancha de Anillo					Superalargamiento				
	Hectáreas afectadas		Pérdidas (tons)		Valor Región	Hectáreas afectadas		Pérdidas (tons)		Valor Región	Hectáreas afectadas		Pérdidas (tons)		Valor Región
	Muestra	Región	Muestra	Región	($1.000)	Muestra	Región	Muestra	Región	($1.000)	Muestra	Región	Muestra	Región	($1.000)
a I:															
L 113	0.3	39.6	0.8[6]	99.0	130.7[1]	3.0	414.6	8.1[6]	1119.4	1477.6[1]	0	0	0	0	0
L 83	0	0	0	0	0	3.3	446.7	8.9	1206.1	1592.1	0	0	0	0	0
L 265	0	0	0	0	0	0.3	38.6	0.8	104.2	137.5	0	0	0	0	0
L 211	0	0	0	0	0	3.1	425.3	8.4	1148.3	1515.8	0	0	0	0	0
L 227	0	0	0	0	0	0.6	84.6	1.6	228.4	301.5	0	0	0	0	0
a II:															
L 7	0	0	0	0	0	0.7	9.0	5.5[7]	71.1	142.2[2]	0	0	0	0	0
rilla	0	0	0	0	0	0.5	28.2	4.0	459.8	919.6	0	0	0	0	0
L 653	0	0	0	0	0	18.4	1082.9	145.4	8554.9	17109.8	0	0	0	0	0
catilla	0	0	0	0	0	1.2	69.1	9.5	545.9	1091.8	0	0	0	0	0
a III:															
L 466	2.8	3440.6	4.8[8]	5849.0	8856.1[3]	0	0	0	0	0	1.4	1670.9	3.4[8]	4010.2	7940.2[3]
rinoseña	2.6	3197.2	4.4	5435.2	10761.7	0	0	0	0	0	0.2	309.2	0.5	742.1	1469.4
a IV:															
L 653	3.6	412.0	12.6[9]	1442.0	1658.3[4]	0	0	0	0	0	0.3	25.9	1.5[9]	129.5	148.9[4]
L 705	5.8	662.2	20.3	2317.7	2665.4	0	0	0	0	0	1.4	166.1	7.0	830.5	955.1
L 640	3.8	440.0	13.3	1540.0	1771.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L 660	1.1	183.4	3.9	641.9	738.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L 645	5.6	645.0	19.6	2257.5	2596.1	0	0	0	0	0	0.5	60.4	2.5	302.0	347.3
a V:															
L 1418	4.4	2934.0	9.2[10]	6161.4	6592.7[5]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L 1869	2.1	1407.4	4.4	2955.5	3162.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L 1791	0.3	221.9	0.6	466.0	498.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
granita	0.2	102.8	0.4	215.9	231.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
al	32.6	13686.1	94.3	29379.5	39662.2	31.0	2599.0	192.2	13438.1	24287.9	3.8	2232.5	14.9	6014.3	10860.9

Precio Promedio $1320/ton.
Precio Promedio $2000/ton.
Precio promedio $1980/ton.
4 Precio promedio $1150/ton.
5 Precio promedio $1070/ton.
6 Rendimiento promedio 4.4 ton/ha.
7 Rendimiento promedio 12.6 ton/ha.
8 Rendimiento promedio 3.0 ton/ha.
9 Rendimiento promedio 6.2 ton/ha.
10 Rendimiento promedio 3.7 ton/ha.

TABLA 17. Resultados hipotéticos de un experimento de fertilizantes

Tierra	Abono	Producción	Producción Promedia	Producción Marginal	Precio (Abono)[1]	Precio (Producción	VPM
(ha)			(kgs)		($/kgs)	($/ton)	($)
1	0	10.000	-		0.50	150	
				10			1.50
1	100	11.000	110.0		0.50	150	
				8			1.20
1	200	11.800	59.0		0.50	150	
				6			0.90
1	300	12.400	41.3		0.50	150	
				4			0.60
1	400	12.800	32.0		0.50	150	
				2			0.50
1	500	13.000	26.0		0.50	150	
				1			0.30
1	600	13.100	21.8		0.50	150	
				-1			0.15
1	700	13.000	18.5		0.50	150	
							-0.15

[1] Asumiendo que todos los otros costos de producción no dependen del nivel de fertilizantes

Tema: Análisis Económico de los Resultados Experimentales *

Naturaleza y Utilidad del Análisis Económico-

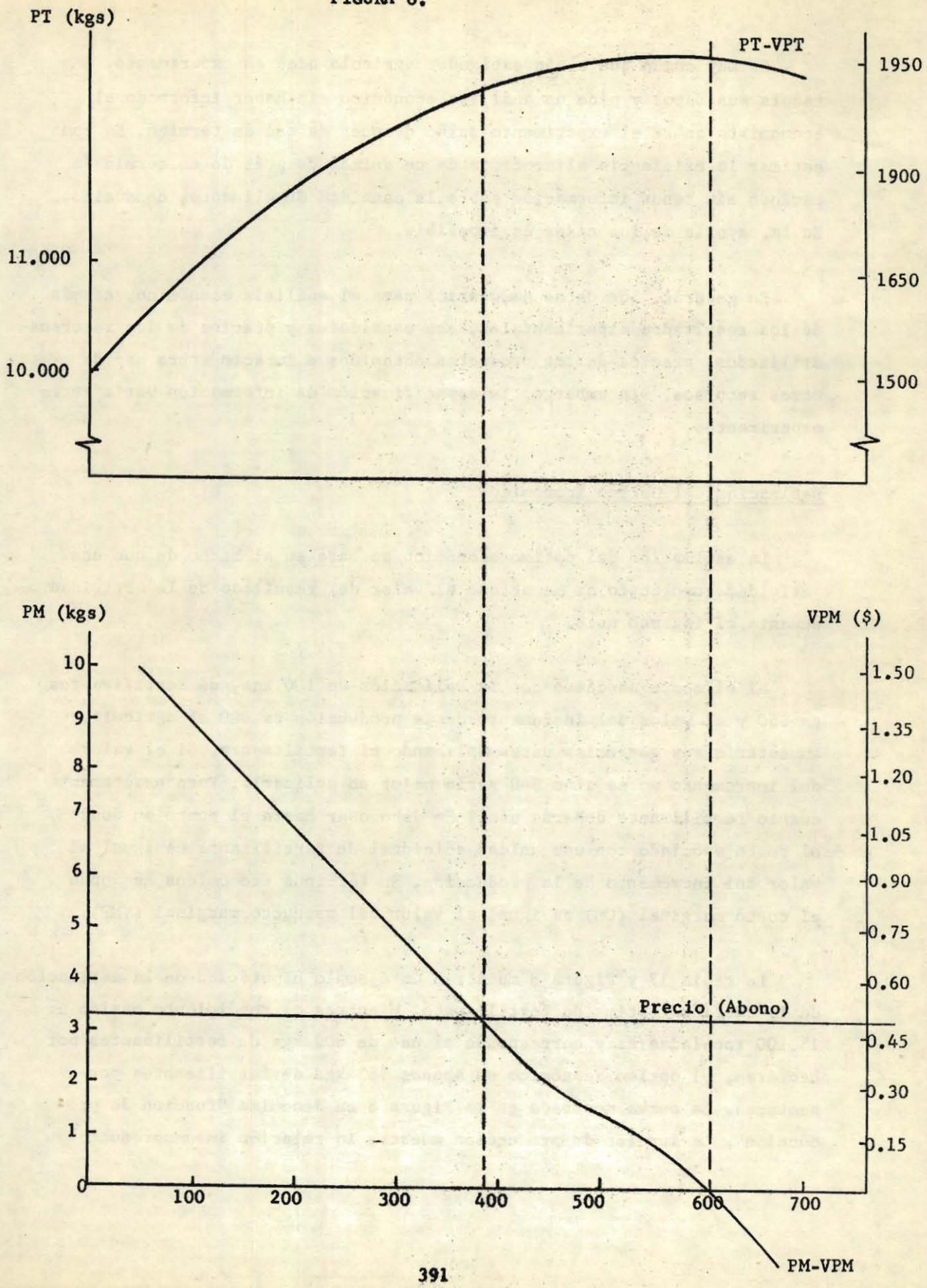
El principal propósito del análisis económico de los resultados experimentales es el de ayudar a establecer recomendaciones a los agricultores sobre el uso de recursos y la técnica de producción. El análisis económico busca el óptimo económico en base de los datos experimentales. Es de poca utilidad para el agricultor saber que el uso de 500 kilos de urea resulta en el mayor rendimiento de yuca por hectárea. Igualmente es de poca utilidad saber que una desyerba por semana durante los primeros siete meses del cultivo resulta en la mayor producción. El objetivo del agricultor normalmente no es maximizar rendimiento sino maximizar ingresos netos. Por lo tanto, lo que al agricultor le interesa es el óptimo económico y no el máximo físico. Entonces, para que los resultados experimentales tengan relevancia entre los agricultores se debería complementar los experimentos agro-biológicos con análisis económicos.

Datos Necesarios-

El tipo de datos necesarios depende del análisis específico que se quiere hacer. Por lo tanto, es esencial decidir si se va a hacer un análisis económico y específicamente que análisis antes de comenzar el experimento. Si no se incluyen consideraciones del análisis económico en la planeación del experimento es muy probable que no se pueda hacer el análisis después, por falta de datos.

* Per Pinstrup-Andersen, Notas sobre el Análisis Económico relacionados con la Investigación sobre Yuca. CIAT, Publicación interna, Agosto 1974.

FIGURA 8.


PT (kgs)
PT-VPT
1950
1900
11.000
1650
10.000
1500
PM (kgs)
VPM ($)
10
1.50
9
1.35
8
1.20
7
1.05
6
0.90
5
0.75
4
0.60
Precio (Abono)
3
0.45
2
0.30
1
0.15
0
100
200
300
400
500
600
700
PM-VPM

Es muy común que el investigador agrícola hace su experimento, tabula sus datos y pide un análisis económico sin haber informado al economista sobre el experimento sino después de que se terminó. Es como estimar la eficiencia alimenticia de un animal después de un terminado período sin tener información sobre la cantidad de alimentos consumidos. En la mayoría de los casos es imposible.

En general, los datos necesarios para el análisis económico, además de los resultados experimentales, son cantidades y precios de los recursos utilizados, precios de los productos obtenidos e impacto sobre uso de otros recursos. Sin embargo, la especificación de información varía entre experimentos.

Estimación del Optimo Económico-

La estimación del óptimo económico se basa en el hecho de que una actividad cuyo costo es menor que el valor del resultado de la actividad aumenta el ingreso neto.

Si el costo asociado con la aplicación de 100 kgs, de fertilizantes es $50 y el valor del incremento de la producción es $60 el agricultor aumentaría sus ganancias netas aplicando el fertilizante. Si el valor del incremento no es sino $40 sería mejor no aplicarlo. Pero exactamente cuanto fertilizante debería usar? Se debe usar hasta el punto en donde el costo asociado con una unidad adicional de fertilizante es igual al valor del incremento de la producción. En términos económicos es donde el costo marginal (CM) es igual al valor del producto marginal (VMP).

La tabla 17 y Figura 8 muestran un ejemplo hipotético de la estimación de la cantidad óptima de fertilizante. Mientras el rendimiento máximo es 13.100 toneladas/ha y corresponde al uso de 600 kgs de fertilizantes por hectárea, el óptimo económico es apenas 383 kgs de fertilizantes por hectárea. La curva mostrada en la Figura 8 se denomina "función de producción". La función de producción muestra la relación insumoproducto

para un determinado insumo en este caso fertilizante manteniendo constantes todos los otros insumos.

No siempre es posible transformar los resultados experimentales a una función continua como en el caso anterior. Por ejemplo, un análisis comparatiro de la ganancia neta de cada uno de los tres tipos de herbicida. En casos como éste se utiliza métodos presupuestales estimando el costo y beneficio de cada una de las tres posibilidades.

El papel de Riesgo e Incertidumbre-

La respuesta a fertilizantes mostrada en la tabla 17 y expresada como la función de producción en la Figura 8 se refiere a un experimento ya hecho (datos hipotéticos). Si podemos repetir tal experimento bajo condiciones exactamente iguales la respuesta será igual. Sin embargo, hay factores que influyen en la respuesta de fertilizantes que no podemos ni controlar ni predecir con certeza. Estos factores se refieren principalmente al medio ambiente (lluvia, vientos, etc.) precios de los productos y ataques de enfermedades e insectos.

La presencia de estos factores causan riesgo e incertidumbre en la producción agrícola. Entonces, el agricultor tiene que decidir sobre la cantidad de cada insumo a usar en base de los resultados experimentales y las probabilidades de los diferentes estados de los factores no controlables.

La aplicación de los resultados experimentales sin considerar riesgo e incertidumbre puede dar lugar a severas fallas. Por ejemplo, en Puebla, México, se encontró que los niveles óptimos delnitrógeno de 0 a 200 kgs/ha en los años 1968-69 señalandose que la variación en el régimen de

lluvias ha sido la causa fundamental de la variación en estos óptimos[4]. Consideraciones adicionales sobre la importancia de riesgo e incertidumbre y métodos de estimar el óptimo económico bajo estas condiciones se presentan en el trabajo de Flor y Pinstrup-Andersen[4].

Implicaciones para el Agricultor y a Nivel Sectorial-

Un sólo agricultor normalmente produce una parte muy pequeña de la producción total que se vende en un determinado mercado. También, el uso de un cierto insumo normalmente forma una parte pequeña de la venta total del insumo. Por lo tanto, un aumento en la producción o un aumento en el uso de un insumo dentro de una o pocas fincas no causan cambios en los precios de productos e insumos. Por otra parte, cuando una gran parte de los agricultores aumentan su producción o uso de insumos los precios si tienden a cambiar. Por lo tanto, estimativos del beneficio de nueva tecnología para el agricultor estimados en base de precios fijos no son válidos si una gran parte de los agricultores adoptan la tecnología. En vez de usar precios fijos de productos e insumos se debería estimar el cambio esperado de los precios debido al aumento de producción y/o uso de insumos. El cambio reciente de los precios de fertilizantes es una ilustración de la necesidad de considerar el impacto del aumento del uso de insumos sobre sus precios.

[4] Carlos A. Flor M. y Per Pinstrup-Andersen. "Algunos Modelos Económicos para situaciones de riesgo y de incertidumbre- el caso del Nitrógeno". Trabajo presentado en el Segundo Coloquio de Suelos, Palmira, Agosto 29 a Septiembre 3, 1971.

Estudio de Caso No.1 Estimación del nivel óptimo de nitrógeno para yuca

(Datos hipotéticos)

Nitógeno	Producción	Costo Aplicación	Costo Desyerba	Costo Cosecha	Otros Costos	P.M.	(1) VPM	(1) CM	(2) VPM	(2) CM	(3) VPM	(3) CM
-------(kgs/ha)-----		--------($/ha)----------					---($)----					
0	5.000	0	200	100	100							
50	6.000	10	200	110	100							
100	7.000	11	180	120	100							
200	8.500	12	150	135	100							
300	9.500	12	130	145	100							
400	10.000	13	120	150	100							
500	10.200	13	120	150	100							
600	10.200	14	120	150	100							

1 Precio de nitrógeno: $400/tonelada
Precio de Yuca $100/tonelada
Nivel óptimo de nitrógeno.

2 Precio de nitrógeno: $300/tonelada
Precio de yuca: $100/tonelada
Nivel óptimo de nitrógeno.

3 Precio de nitrógeno: $400/tonelada
Precio de yuca: $80/tonelada
Nivel óptimo de nitrógeno.

Estudio de Caso No. 2 Estimación de la densidad óptima de plantas

(datos hipotéticos)

Plantas/ha	Producción (kg/ha)	Costo Semilla	Costo Siembra	Costo Desyerba	Costo Cosecha	Otros Costos	PM	VPM	C.M.
		($/ha)							
5.000	6.000	100	50	200	100	100			
10.000	10.000	200	70	170	150	100			
15.000	13.000	300	80	160	180	100			
20.000	15.000	400	90	160	190	100			
25.000	16.000	500	100	160	200	100			
30.000	13.000	600	110	160	200	100			

Precio de semilla: $20/mil estacas.

Precio de yuca: $100/tonelada.

La óptima población de plantas por ha es:

Estudio de Caso No. 3. Número y tiempo óptimo de desyerbas de la yuca (datos hipotéticos)

Número de desyerbas	Edad del cultivo (dias)	Producción (kg/ha)	Jornales/ha para desyerba	Costo de cosecha	Otros Costos	Costo Total	Valor total del producto
				($/ha)			
1	30	5.000	15	95	200		
1	60	6.000	23	100	200		
1	90	3.000	35	70	200		
2	30 /60	10.000	30	150	200		
2	60 /90	11.000	38	160	200		
3	30/60 /90	12.000	45	170	200		
4	30/60/90/120	12.400	60	170	200		

Costo del jornal : $ 3.oo

Precio de la yuca : $ 100/tonelada

Número y tiempo óptimo de desyerbas:

Estudio de Caso No. 4. Tiempo óptimo de cosecha (datos hipotéticos)

Edad del cultivo a la cosecha (Meses)	Producción (kg/ha)	Precio de la yuca ($/ton)	Costo de cosechar ($/ha)	Otros Costos ($/ha)	PM	VPM	CM
12	10.000	100	150	300			
14	11.500	100	170	300			
16	12.600	100	185	300			
18	13.200	100	195	300			
20	13.600	100	200	300			
22	13.900	80	200	300			
24	14.100	80	200	300			

Costo alternativo de la tierra: $ 20/mes

Precio de la yuca: $ 100/tonelada

Edad óptima del cultivo a la cosecha meses

COSTOS Y UTILIZACION DE INSUMOS EN LA PRODUCCIÓN DE YUCA EN COLOMBIA

Rafael O. Díaz*
Per Pinstrup-Andersen**
Rubén Darío Estrada***

INTRODUCCION

Hasta hace poco, la yuca era un cultivo que recibía escasa atención por parte de científicos agrícolas y políticos. Sin embargo, esta situación está cambiando al percibirse su importancia como alimento básico en los países tropicales y su potencial como alimento para ganado. En un lapso de cinco años, dos institutos internacionales de investigación agrícola han nombrado grupos multidisciplinarios para investigaciones sobre yuca[1/] algunos programas nacionales de investigación están recibiendo un mayor apoyo y se están creando nuevos programas nacionales.[2/] La industria privada y la banca indican que existe un creciente interés en la producción, el procesamiento y la exportación de yuca pues se le considera una inversión rentable y algunos gobiernos están comenzando a tomar conciencia de su potencial para promover el desarrollo agrícola y obtener

---

* M.S., Investigador Asociado
** M.S., Economía Agraria
*** Ph. D., Economista Agrícola

1/ El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia y el Instituto Internaciona de Agricultura Tropical (IITA), Nigeria.

2/ Además de recibir fondos públicos de los países productores, la investigación sobre yuca a nivel nacional e internacional es patrocinada por varias agencias, entre otras, el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo (IDRC) del Canadá, y la Overseas Development Administration (ODA) de Inglaterra.

divisas.3/

Todo parece indicar que en el futuro habrá una gran demanda de yuca deshidratada para la alimentación de ganado, tanto en los países productores como en los que no lo son.4/ Por una parte, esta demanda es el resultado del aumento de precio en los granos empleados para la alimentación animal y, por otra, de la eficiencia de la yuca en la producción de carbohidratos.

Sin embargo, para satisfacer la demanda potencial, debe aumentarse su rendimiento, que es la meta de la mayoría de las investigaciones sobre producción de este cultivo. Estas investigaciones deben enfocar los problemas a nivel de la finca. Sin embargo, se sabe poco sobre el proceso de producción de yuca y la importancia relativa de los factores limitantes de la producción y de la productividad debido al poco énfasis que se le ha dado en años anteriores a este cultivo, Por lo tanto, los economistas del Programa de Yuca del CIAT han concentrado sus esfuerzos en esta investigación. El análisis empleado en este informe describe brevemente los sistemas de cultivo, el uso de recursos y costos para los productores de yuca en Colombia. Este es un informe preliminar, pero actualmente se está preparando un estudio más amplio y completo sobre el proceso de producción y la importancia relativa de los factores que limitan la producción y la productivilidad.

3/ En países tales como Indonesia y Malasia se están desarrollando esquemas para incrementar la producción de yuca para exportación y para la alimentación de ganado dentro de cada país.

4/ Un estudio reciente hecho por Truman Phillips, indica que habrá una gran demanda de yuca deshidratada en Europa ("Cassava Utilization and Potential Markets", International Research Centre, Ottawa, Canadá, 1974). El Japón es otro de los mercados que ofrecen potencial para el futuro. Además, en la mayoría de los países productores de yuca, hay una creciente demanda de alimentos para el ganado.

Después de una breve explicación de la metodología, se hace una descripción de la muestra. Luego se presentan los resultados y el informe termina con un breve resumen y un análisis de las implicaciones que puede haber en la investigación y la política gubernamental en el futuro.

En el CIAT puede obtenerse un grupo de cuadros que resume los datos obtenidos en las encuestas.

METODOLOGIA Y DESCRIPCION DE LA MUESTRA

Recolección de datos

Basándose en datos secundarios disponibles, se recolectó información sobre los agricultores de 18 departamentos de Colombia (Figura 1). La encuesta se efectuó durante 1971. Aunque los datos secundarios de producción y área sembrada de yuca no son fidedignos, parece que los departamentos seleccionados representan aproximadamente el 92 por ciento de la producción nacional y el 80 por ciento del área total (1969).

Como no existe información que permita identificar todos los productores de yuca en la nación o en los departamentos seleccionados, no fue posible hacer un muestreo al azar. Con base en la información suministrada por los extensionistas y agentes de crédito de la localidad y por los mayoristas y detallistas, se preparó una lista parcial de las regiones productoras y de los productores que trabajan en ellas. De esta lista se seleccionó una muestra de 300 productores y se obtuvo información entrevistando a cada agricultor una vez.

Análisis de datos

Como los datos son preliminares, el análisis se limitó al cálculo de promedios simples y ponderados de distribución total y porcentual.

Para el análisis de datos, las fincas de la muestra se dividieron

en tres grupos según la topografía, de la siguiente manera:

Zona I: Cultivadores de yuca en terreno plano (fuera de la región de la Costa Norte).

ZONA II: Cultivadores de yuca en laderas.

ZONA III: Cultivadores de yuca en la región de la Costa Norte.

Dentro de cada zona se estratificaron las fincas de la muestra según el tamaño del área sembrada:

Estrato 1: Menos de 2 ha

Estrato 2: 2,0 - 3,99 ha

Estrato 3: 4,0 - 9,99 ha

Estrato 4: 10,0 ó más ha

Finalmente, en algunas secciones de análisis, las fincas de las muestras se dividieron en dos grupos; en uno se incluyeron aquellas en que la preparación de la tierra se hizo manualmente y en el otro, las que lo hicieron mecánicamente.

Descripción de la muestra

El 42 por ciento de las fincas de la muestra está localizado en la región de la Costa Norte, el 30 por ciento en terrenos pendientes y el 28 por ciento en terrenos planos. Aproximadamente el 40 por ciento de las fincas de la muestra tiene menos de dos hectáreas de yuca y el 15 por ciento tiene 10 ó más. Por razones obvias, la mayoría de los agricultores que cultivan laderas preparan el terreno manualmente. Resulta menos obvio el que sólo una tercera parte de los agricultores de terrenos planos y menos de la mitad de los agricultores en la región de la Costa Norte usen maquinaria para la preparación del terreno, práctica que es muy común en las fincas de gran extensión.

El tamaño promedio de las fincas de la muestra es de 5 ha en la

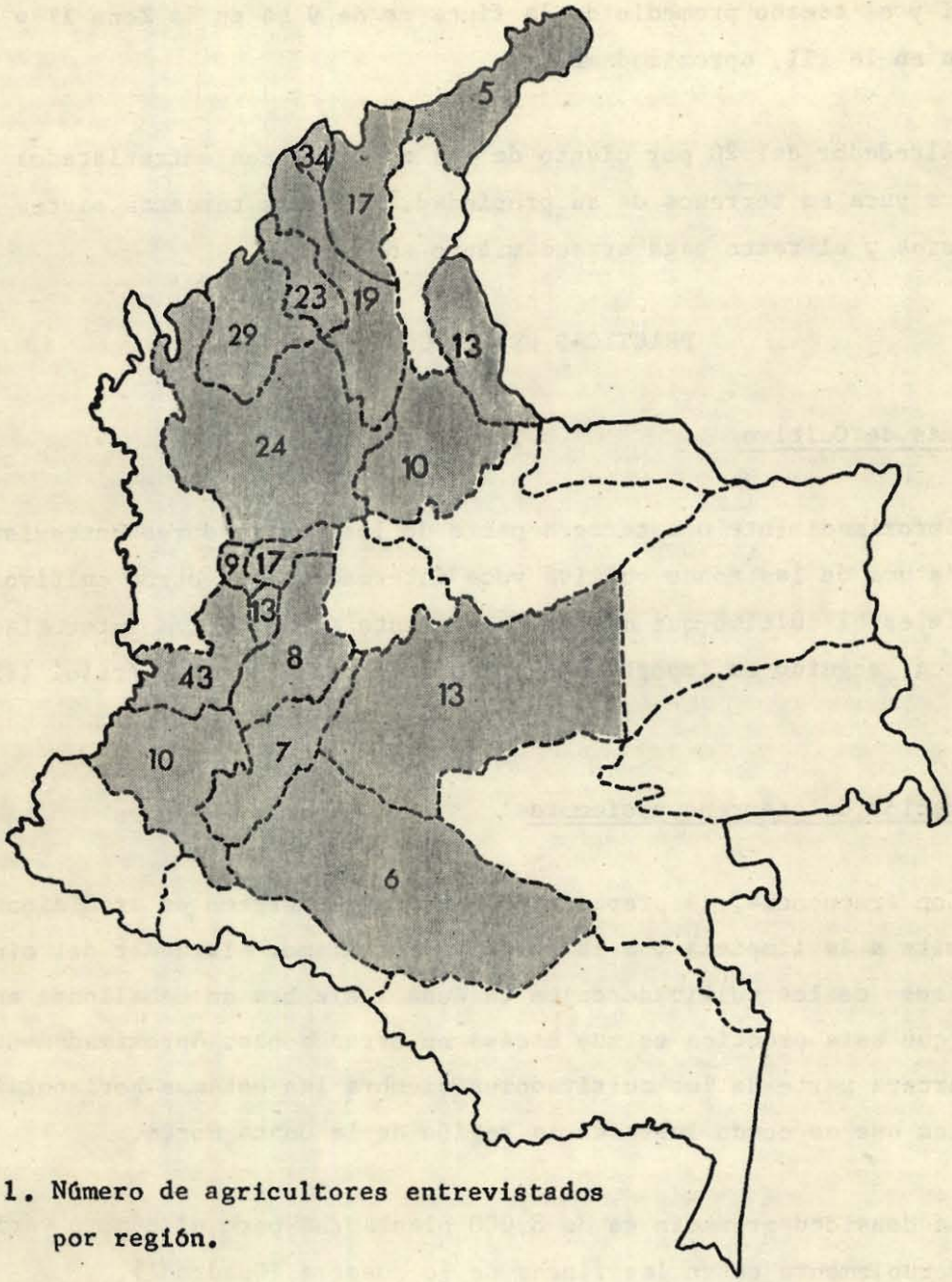


Figura 1. Número de agricultores entrevistados por región.

Zona I y el tamaño promedio de la finca es de 9 ha en la Zona II y de 3,5 ha en la III, aproximadamente.

Alrededor del 20 por ciento de los cultivadores entrevistados siembra yuca en terrenos de su propiedad. Casi dos terceras partes son aparceros y el resto paga arrendamiento en dinero.

PRACTICAS DE PRODUCCION

Sistemas de Cultivo

Aproximadamente una tercera parte de los cultivadores entrevistados en cada una de las zonas cultiva yuca intercalada con otros cultivos. El maíz es el cultivo que más frecuentemente se encuentra intercalado con yuca, seguido en importancia por plátano café, ñame y frijol (Figura 2).

Preparación del terreno y siembra

Con frecuencia, la preparación manual del terreno es tradicional y se limita a la limpieza y a la desyerba del mismo. Alrededor del cinco por ciento de los cultivadores en la Zona I siembra en caballones en tanto que esta práctica es muy escasa en otras zonas. Aproximadamente una tercera parte de los cultivadores siembra las estacas horizontalmente, práctica que es común fuera de la región de la Costa Norte.

La densidad promedio es de 8,000 plantas/ha pero el número varía considerablemente entre las fincas de la muestra (Cuadro 1).

La distancia de siembra más comúnmente usada es de 1 x 1 metro, seguida de 1,2 x 1,2 metros. La mayoría de los cultivadores entrevistados siembra una sola estaca en cada lugar (83 por ciento) en tanto que el 17 por ciento siembra dos estacas juntas. Esta última práctica es más frecuente en la Zona I (35 por ciento de los agricultores), menos importante

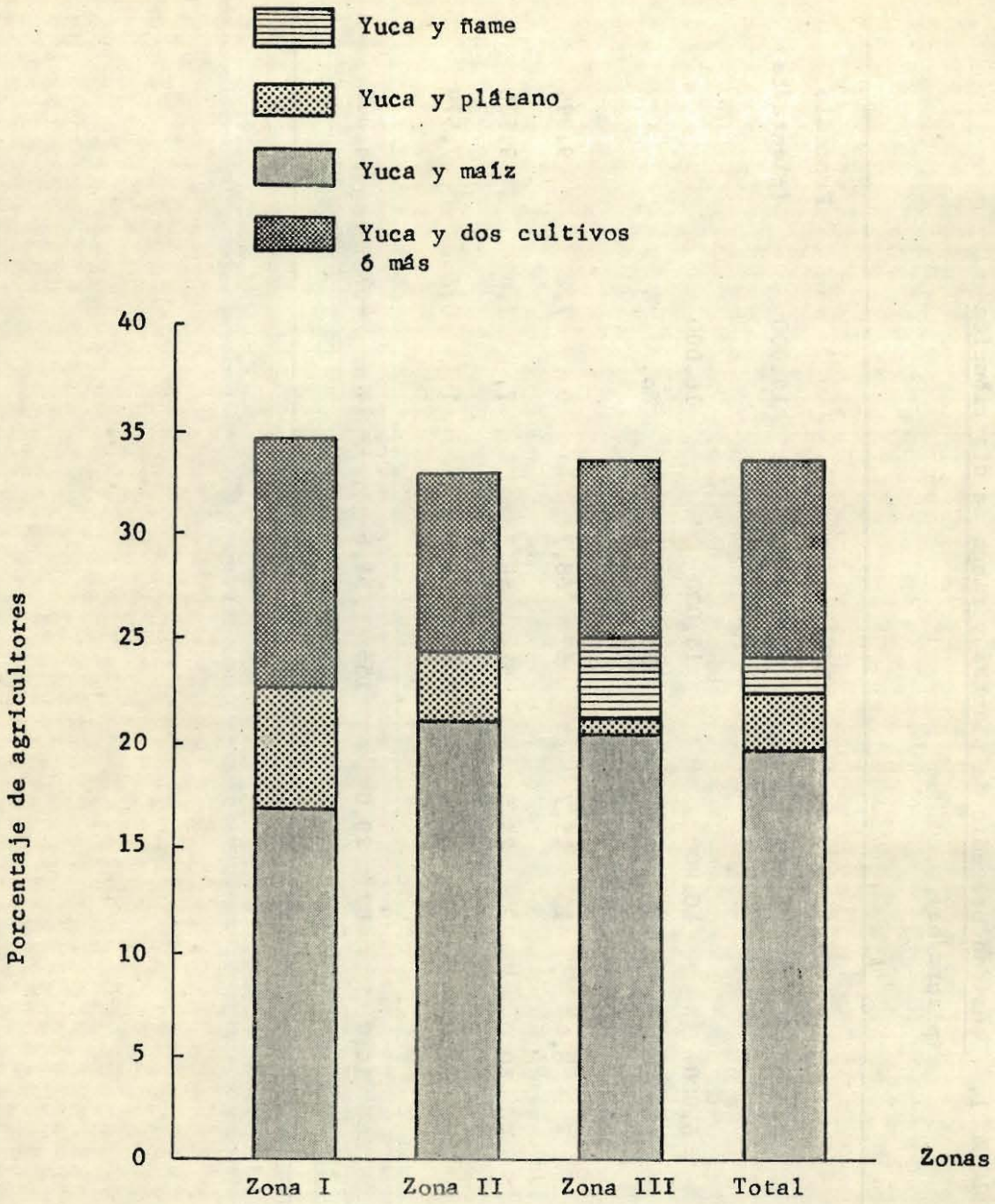


Figura 2. Sistemas de cultivos intercalados.

CUADRO 1. Densidad promedio de plantas y rango de distribución (planta/ha).

	Distribución (plantas/ha)								Promedio (planta/ha)
	2.000 a 6.000		6.000 a 10.000		10.000 a 14.000		14.000 a 16.000		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
ZONA I	7	8,4	13	15,7	57	68,7	6	7,2	9.999
ZONA II	9	10,0	23	25,5	51	56,7	7	7,8	9.500
ZONA III	28	22,0	51	40,2	47	37,0	1	0,8	7.579
TOTAL	44	14,7	87	29,0	155	51,6	14	4,7	8.800

en la Zona II (25 por ciento) e inexistente en la Zona III, donde ninguno de los agricultores entrevistados siembra dos estacas juntas. Aproximadamente el 27 por ciento de los cultivadores de todas las zonas siembra por segunda vez y en ningún caso se tratan las estacas contra agentes patógenos.

Más o menos una tercera parte de los cultivadores entrevistados siembra dos o más cultivos de yuca consecutivamente en el mismo campo. Los otros practican la rotación de cultivos o siembran la yuca en terrenos donde nunca se había cultivado ésta.

Cinco por ciento de los agricultores cultiva la variedad Llanera. En el resto de las fincas, las variedades cultivadas se identifican con 56 nombres locales.

Desyerba

En ninguna de las fincas de la muestra se lleva a cabo control mecánico ni químico de malezas. Aproximadamente la mitad de los cultivadores desyerba tres veces durante el período vegetativo en tanto que el 26 por ciento desyerba cuatro veces (Figura 3). El promedio de desyerbas es de 3,2.

Cosecha y duración del período vegetativo

La cosecha se efectúa manualmente en su totalidad. La extención del período vegetativo depende de condiciones ecológicas, variedad, disponibilidad de mano de obra para la cosecha, precios de la yuca y otros factores. La mayoría de los cultivadores de las Zonas I y II cosecha la yuca a una edad de 12-14 meses mientras que el 13 por ciento la cosecha a los 10-12 meses y otros 13 por ciento a los 14-16 meses, En la región de la Costa Norte, una tercera parte de los productores cosecha a los 6-8 meses en tanto que el resto lo hace entre 8 y 14 meses (Figura 4). La edad promedio de cosecha es de 12,7, 12,5 y 9,1 meses en las Zonas I, II y III respectivamente.

USO DE INSUMOS

Mano de Obra

El nivel de mecanización en la producción de yuca en Colombia es bajo y está limitado a la preparación de la tierra en una pequeña proporción de las fincas productoras de yuca. Además, como se verá más adelante, el uso de tecnología química, tal como herbicidas, para ahorrar mano de obra, es casi nulo. De aquí que la producción de yuca requiera una cantidad considerable de mano de obra. Los Cuadros 2 y 3 muestran la mano de obra usada en cada actividad de producción, por zona, tamaño de la finca y método de preparación del terreno. El uso total de mano de obra se estimó en 88 hombres-día/ha cuando la preparación se hizo mecánicamente y en 110 hombres-día/ha cuando se hizo manualmente. La desyerba que utiliza aproximadamente 40 por ciento del requerimiento total de mano de obra, es la actividad con el mayor porcentaje dentro de este insumo (Figura 5). Siguen la cosecha y el empaque con un poco menos de 30 por ciento de mano de obra, la preparación del terreno (22) y la siembra (10).

El uso de mano de obra/ha aumenta a medida que crece el área sembrada de yuca. Este es, principalmente, el resultado del incremento en el uso de mano de obra para labores de desyerba a medida que aumenta el área.

Los mayores requerimientos de mano de obra/ha en la producción de yuca se presentan en las laderas y donde la preparación de la tierra se hace manualmente (119 hombres-día/ha). El menor requerimiento de mano de obra se registra en la región de la Costa Norte donde la preparación de tierra se hace mecánicamente (67 hombres-día/ha). Se cree que las razones primordiales de esta gran diferencia son: 1) los diversos métodos de preparación de la tierra; 2) un período vegetativo más corto en la región de la Costa Norte; 3) condiciones más difíciles de trabajo en las laderas y 4) un suelo más favorable en la región de la Costa Norte. Los requeri

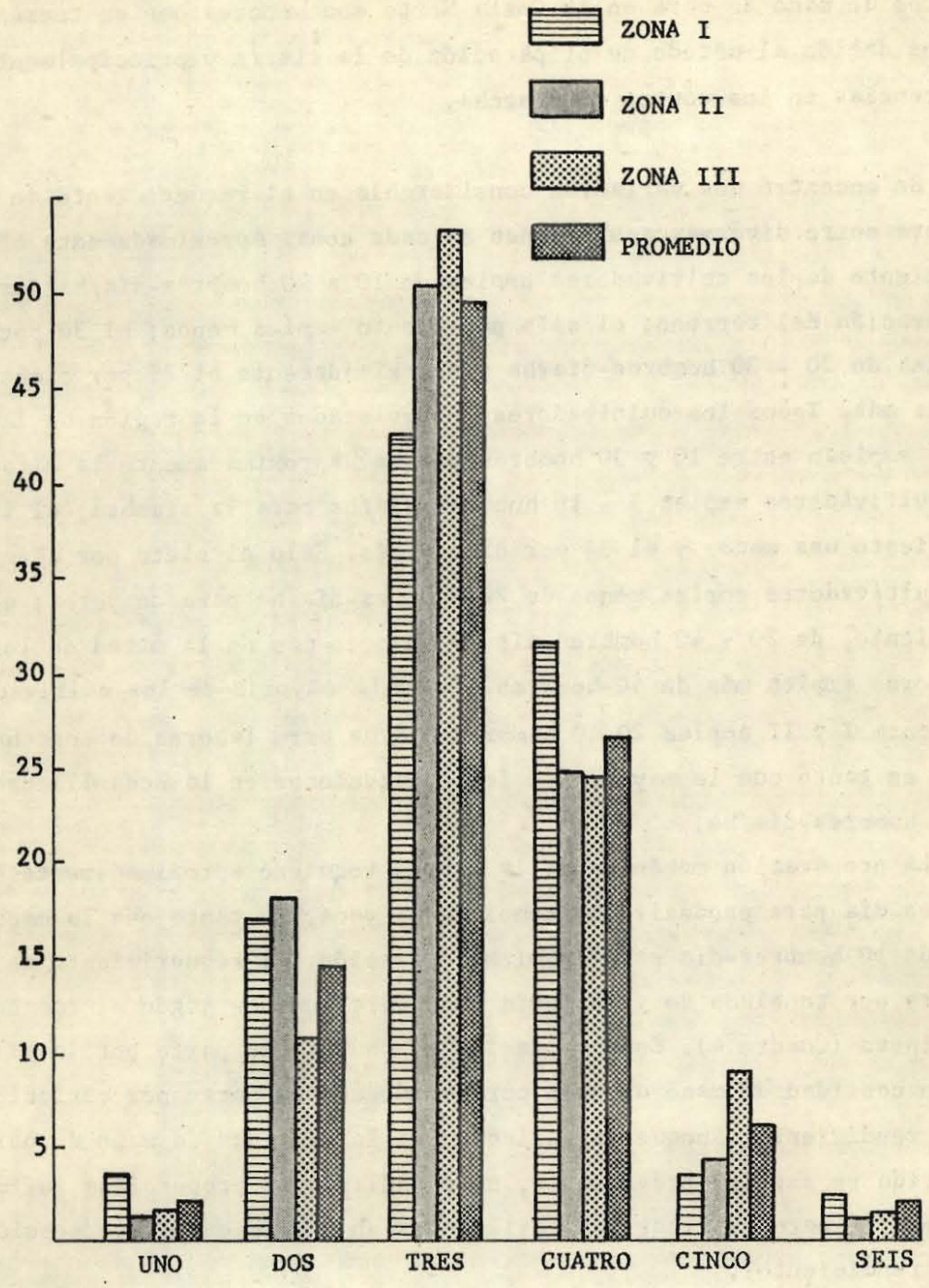


Figura 3. Número de desyerbas.

mientos de mano de obra en la Costa Norte son menores que en terrenos planos debido al método de preparación de la tierra y principalmente a diferencias en los costos de cosecha.

Se encontró una variación considerable en el requerimiento de mano de obra entre diversas actividades en cada zona. Aproximadamente el 38 por ciento de los cultivadores emplea de 10 a 20 hombres-día/ha para la preparación del terreno; el seis por ciento emplea menos; el 30 por ciento utiliza de 20 - 30 hombres-día/ha y aproximadamente el 25 por ciento emplea más. Todos los cultivadores entrevistados en la región de la Costa Norte emplean entre 10 y 30 hombres-día/ha. Aproximadamente la mitad de los cultivadores emplea 5 - 10 hombres-día/ha para la siembra, el 16 por ciento usa menos y el 34 por ciento más. Sólo el siete por ciento de los cultivadores emplea menos de 20-hombres-día/ha para desyerba; el 39 por ciento, de 20 - 40 hombres-día y un poco más de la mitad de los cultivadores emplea más de 40-hombres-día/ha. La mayoría de los cultivadores en las Zonas I y II emplea 20-40 hombres-día/ha para labores de cosecha y empaque en tanto que la mayoría de los cultivadores en la Zona III usan menos de 20 hombres-día/ha.

La preparación mecánica de la tierra requiere aproximadamente 8 hombres-día para producir una tonelada de yuca, en tanto que la manual demanda 10 hombres-día para la misma operación. El requerimiento de mano de obra por tonelada de yuca varía considerablemente según el tamaño de las fincas (Cuadro 4). Esta variación es causada en parte por la diferencia en cantidad de mano de obra por hectárea y en parte por variaciones en el rendimiento. Aunque la variación en la cantidad de mano de obra requerida se explicó previamente, este análisis no proporciona suficiente información para explicar las variaciones en rendimiento (ver sección sobre rendimiento).

Los análisis adicionales sobre el uso actual de mano de obra en la producción de yuca en Colombia y el impacto esperado con introducción de tecnología mecánica, biológica y química en el requerimiento de mano de obra están contenidos en el documento: "Present and Potential Labor Use

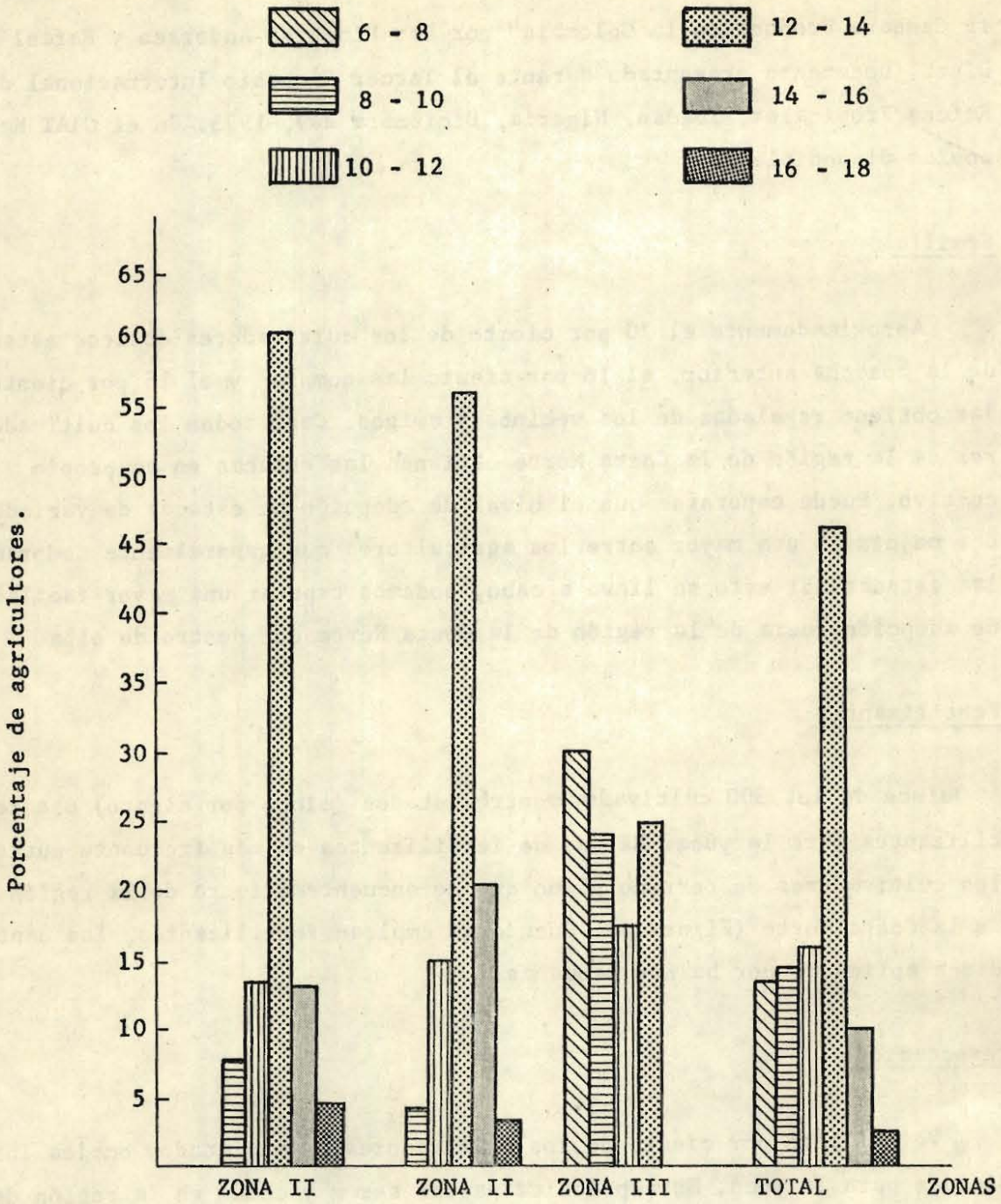


Figura 4. Duración del período vegetativo en meses.

in Cassava Production in Colombia" por Per Pinstrup-Andersen y Rafael O. Díaz. (Documento presentado durante el Tercer Simposio Internacional de Raíces Tropicales, Ibadan, Nigeria, Diciembra 2-9, 1973. En el CIAT hay copias disponibles).

Semilla

Aproximadamente el 70 por ciento de los cultivadores obtiene estacas de la cosecha anterior, el 16 por ciento las compra y el 15 por ciento las obtiene regaladas de los vecinos y amigos. Casi todos los cultivadores de la región de la Costa Norte obtienen las estacas en su propio cultivo. Puede esperarse que el nivel de adopción de estacas de variedades mejoradas sea mayor entre los agricultores que generalmente compran las estacas. Si esto se lleva a cabo, podemos esperar una mayor facilidad de adopción fuera de la región de la Costa Norte que dentro de ella.

Fertilizantes

Quince de los 300 cultivadoresentrevistados (cinco por ciento) usa fertilizantes para la yuca. El uso de fertilizantes es más frecuente entre los cultivadores de terreno plano que se encuentran fuera de la región de la Costa Norte (Figura 6). Cuando se emplean fertilizantes, las cantidades aplicadas por ha son pequeñas.

Insecticidas

Veintisiete por ciento de los cultivadores entrevistados emplea insecticidas para la yuca. Esta práctica parece ser muy común en la región de la Costa Norte pero menos común en terrenos planos localizados fuera de esa región (Figura 6).

Herbicidas

Ninguno de los cultivadores entrevistados usa herbicidas para la yuca.

al preparar el terreno mecánicamente.

ACTIVIDAD	0-2 ha		2-4 ha		4-10 ha		10 ó mas ha		Promedio ponderado	
ZONA I	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%
Actividad										
Siembra	4,0	5	12,6	13	8,5	9	7,7	6	8,6	8
Resiembra	0,5	1	0,7	1	0,4	1	0,4	1	0,5	1
Desyerba	37,3	43	57,8	58	48,5	52	59,1	47	53,7	50
Aplic. fertilizantes	0,4	1	0,6	1	1,3	1	1,2	1	1,0	1
Aplic. insecticidas	0,3	1	0,3	1	0,5	1	0,4	1	0,4	1
Cosecha	32,7	38	20	20	23,2	24	47	38	33	31
Empaque	9,5	11	6,6	6	11,1	12	8	6	8,7	8
TOTAL DE LA ZONA	84,7	100	98,6	100	93,5	100	123,8	100	105,9	100
ZONA II										
Siembra	-	-	17,5	18	15,3	17	-	-	16,8	18
Resiembra	-	-	0,3	1	0	0	-	-	0,2	1
Desyerba	-	-	43,6	45	49,3	55	-	-	45,5	48
Aplic. fertilizantes	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
Aplic. insecticidas	-	-	0,2	1	0,3	1	-	-	0,2	1
Cosecha	-	-	19,9	21	18,2	20	-	-	19,3	20
Empaque	-	-	13,9	14	5,8	7	-	-	11,2	12
TOTAL DE LA ZONA	-	-	95,4	100	88,9	100	-	-	93,2	100
ZONA III										
Siembra	7,7	12	9,3	13	-	-	6,8	8	8,0	12
Resiembra	0,3	1	0,3	1	-	-	0	0	0,3	1
Desyerba	41,0	66	40,1	56	-	-	53,3	60	42,3	61
Aplic. fertilizantes	0	0	0,2	1	-	-	1,0	1	0,2	1
Aplic. insecticidas	0,3	1	0	0	-	-	0	0	0,2	1
Cosecha y empaque	12,6	20	20,6	29	-	-	26,8	31	16,2	24
TOTAL DE LA ZONA	61,9	100	70,5	100	-	-	87,9	100	67,2	100
PROMEDIO DE TODAS LAS ZONAS										
Siembra	5,9	8	13,1	15	11,9	13	7,3	6	9,1	10
Resiembra	0,4	1	0,4	1	0,2	1	0,2	1	0,3	1
Desyerba	39,2	52	47,2	51	48,9	53	56,2	53	46,8	53
Aplic. fertilizantes	0,2	1	0,3	1	0,7	1	1,1	1	0,5	1
Aplic. insecticidas	0,3	1	0,2	1	0,4	1	0,2	1	0,3	1
Cosecha y empaque	27,4	37	27,0	30	29,2	32	40,9	38	30,7	34
TOTAL DE TODAS LAS ZONAS	73,4	100	88,2	100	91,3	100	105,9	100	87,7	100

al preparar el terreno manualmente. Promedio por tamaño de la finca.

ACTIVIDAD	0-2 ha		2-4 ha		4-10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderado	
ZONA I	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%	Hombre-día/ha	%
Preparación del terreno	20,0	19	20,8	22	18,2	16	20,8	19	20,0	19
Siembra	7,9	7	10,5	11	9,2	8	12,3	11	10,3	9
Resiembra	1,2	1	0,8	1	0,6	1	0,2	1	0,7	1
Desyerba	31,7	30	39,2	41	46,3	41	50,7	47	43,3	41
Aplic. fertilizantes	0	0	0	0	0	0	0,3	1	0,1	1
Aplic. insecticidas	0	0	1,2	1	0	0	0,1	1	0,4	1
Cosecha	40,6	39	14,5	15	22,8	20	16,5	15	21,5	20
Empaque	4	4	8,8	9	16	14	6	5	9,0	8
TOTAL DE LA ZONA	105,4	100	95,8	100	113,1	100	106,9	100	105,3	100
ZONA II										
Preparación del terreno	37,5	31	30,7	27	36,6	32	48,8	33	35,1	29
Siembra	14,2	11	13,7	12	13,2	11	9,5	6	13,3	11
Resiembra	0,4	1	0,6	1	0,4	1	0,5	1	0,5	1
Desyerba	40,4	34	37,8	33	46,7	41	68,0	46	42,8	36
Aplic. fertilizantes	1,2	1	0,4	1	0	0	0	0	0,5	1
Aplic. insecticidas	3,0	2	0,8	1	0,2	1	0,3	1	1,2	1
Cosecha	20,3	16	23,0	20	12,5	11	15,6	10	20	17
Empaque	4,9	4	5,7	5	3,7	3	4,6	3	5,1	4
TOTAL DE LA ZONA	121,9	100	112,7	100	113,3	100	147,3	100	118,5	100
ZONA III										
Preparación del terreno	22,3	24	17,5	19	0	0	-	-	19,6	21
Siembra	9,3	10	8,5	9	10,7	10	-	-	9,2	9
Resiembra	0,5	1	1,1	1	0,3	1	-	-	0,6	1
Desyerba	43,0	46	51,0	55	47,0	45	-	-	45,2	48
Aplic. fertilizantes	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
Aplic. insecticidas	0	0	0,5	1	0	0	-	-	0,1	1
Cosecha y empaque	17,9	19	14,5	15	45,9	44	-	-	19,1	20
TOTAL DE LA ZONA	93,0	100	93,1	100	103,9	100	-	-	93,8	100
TOTAL DE LAS ZONAS										
Preparación del terreno	26,6	25	23,0	20	18,3	16	34,8	27	25,0	24
Siembra	10,5	9	10,9	10	11,0	10	10,9	8	10,8	10
Resiembra	0,7	1	0,8	1	0,4	1	0,4	1	0,6	1
Desyerba	38,4	35	42,7	38	46,7	42	59,4	45	43,7	41
Aplic. fertilizantes	0,4	1	0,1	1	0	0	0,2	1	0,3	0
Aplic. insecticidas	1,0	1	0,8	1	0,1	1	0,2	1	0,6	1

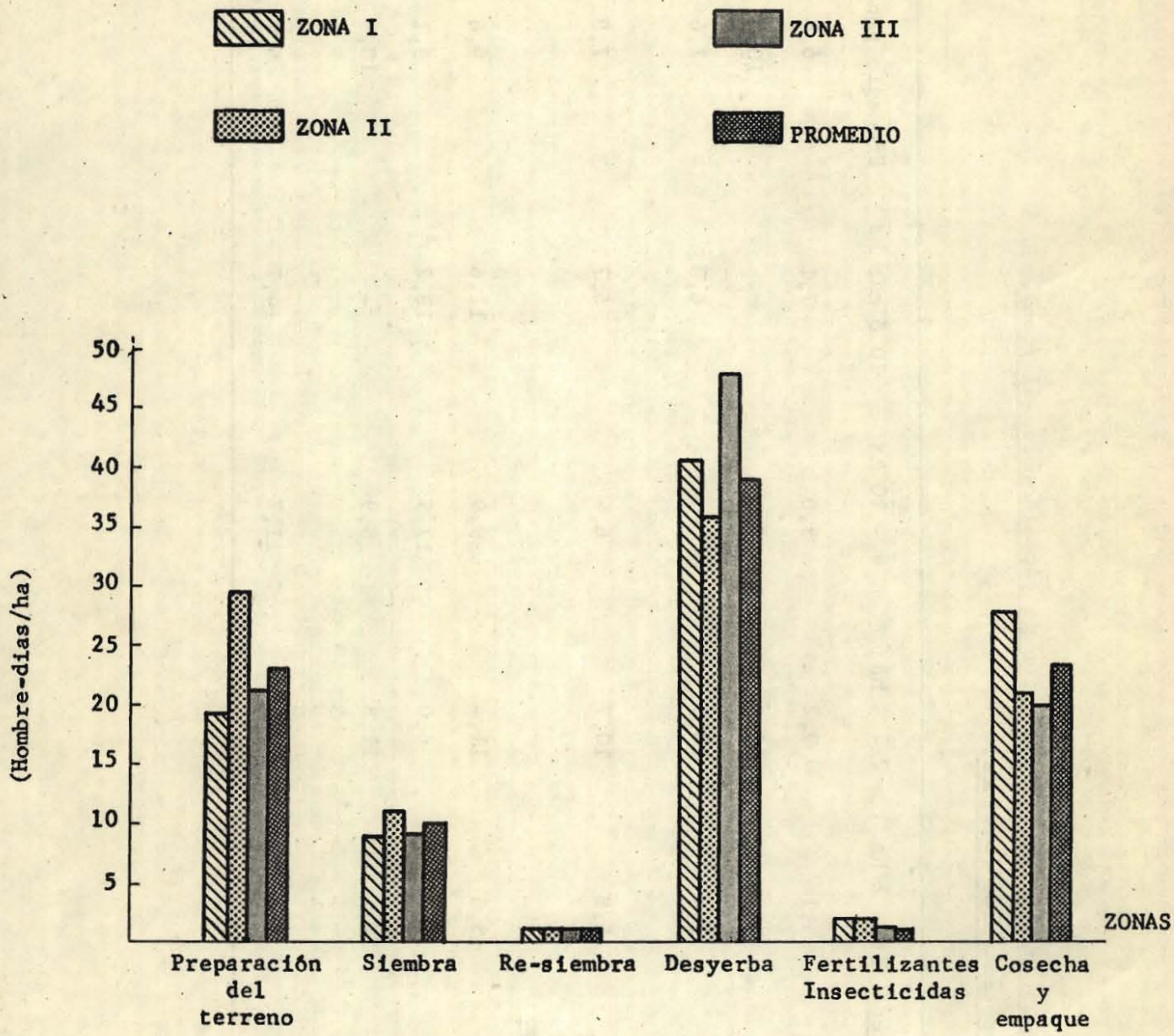


Figura 5. Mano de obra requerida por actividad (los agricultores preparan el terreno en forma manual).

CUADRO 4. Empleo de mano de obra en la producción de yuca (hombres-día/ton). Promedio por tamaño de la finca.

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha	2 - 4 ha	4 - 10 ha	10 ó más ha	Promedio ponderado
ZONA I	5,1	9,2	5,6	7,1	6,8
ZONA II	-	12,8	7,4	-	10,4
ZONA III	7,1	10,9	-	6,3	7,6
TOTAL PREPARACION MECANICA DEL TERRENO	5,8	10,7	6,4	6,7	7,9
Preparación manual del terreno					
ZONA I	5,6	11,4	9,9	11,6	9,4
ZONA II	16,6	6,0	17,5	18,2	9,1
ZONA III	11,1	11,8	8,9	-	10,9
TOTAL PREPARACION MANUAL DEL TERRENO	9,3	8,6	11,2	14,7	9,7

(-) No hay datos disponibles

COSTOS DE PRODUCCION

La estimación de los costos variables de producción aparece en los Cuadros 5, 6, 7, 8, y 9. Se asumió que el jornal era de 20 pesos colombianos en todas las zonas. De ese modo, se culcularon los costos de mano de obra multiplicando por 20 el jornal empleado. Los costos de los insumos se obtuvieron en la encuesta. Los costos de mano de obra representan aproximadamente el 60 por ciento del total de costos variables en las fincas en donde se emplea maquinaria para la preparación del terreno y 90-95 por ciento donde la preparación se hace manualmente.

La inversión en fertilizantes e insecticidas se hace mayor a medida que aumenta el tamaño de la finca. Esto refleja un mayor nivel de tecnología en las fincas de mayor extensión y sirve de explicación parcial a los mayores rendimientos en las fincas más grandes, como se verá más adelante. El total de costos variables es mayor en las fincas donde la tierra se prepara mecánicamente que en aquellas en las cuales se efectúa preparación manual. Esto se debe, en parte, a los mayores costos de preparación mecánica del terreno y también a mayores niveles de empleo de insumos. Los costos variables en la región de la Costa Norte son mucho más bajos que en otras regiones. Se calcula que el costo variable promedio en las fincas de la muestra es de 2.400 pesos colombianos/ha.

Para calcular el total de costos de producción, se ha asumido que el valor promedio de la tierra es de 15.000 pesos colombianos/ha y el alquiler anual de la misma es del 12 por ciento. Al emplear el valor promedio del terreno en lugar del valor real de cada finca se obtiene una cifra alta y torcida de costos de producción en las regiones en donde la tierra cuesta poco, y una cifra baja en regiones con alto costo de tierras. Sin embargo, no fue posible obtener datos confiables sobre el valor de la tierra en las fincas de la muestra. De aquí que los costos totales se hayan estimado como promedio de todas las fincas. Los costos de transporte se obtuvieron en la encuesta y las tasas de interés del capital de operaciones se estimaron en 24 por ciento al año. Finalmente, se añadió una

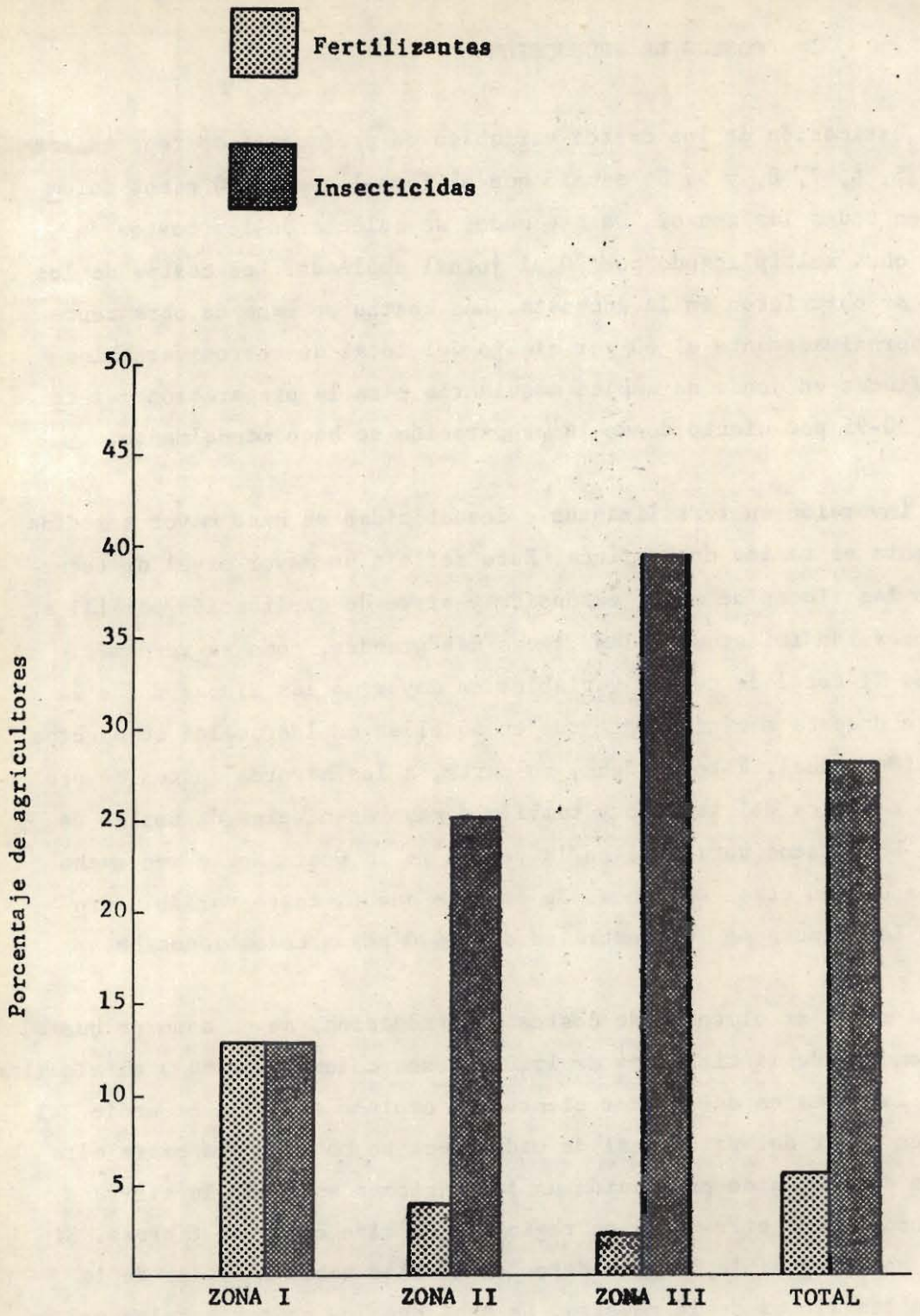


Figura 6. Uso de fertilizantes e insecticidas.

CUADRO 5. Estimación de los costos variables de producción por hectárea de yuca en la Zona I*.

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha		2 - 4 ha		4 - 10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderado	
	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%
Preparación del terreno	650,00	23	897,11	29	950,00	30	853,68	23	869,72	26
Siembra	80,00	3	252,00	8	170,00	5	154,00	4	172,00	5
Resiembra	10,00	1	14,00	1	8,00	1	8,00	1	10,00	1
Desyerba	746,00	26	1.156,00	37	970,00	31	1.182,00	33	1.074,00	33
Aplic. fertilizantes	8,00	1	12,00	1	26,00	1	24,00	1	20,00	1
Aplic. insecticidas	6,00	1	6,00	1	10,00	1	8,00	1	8,00	1
Cosecha	654,00	23	400,00	13	464,00	15	940,00	26	660,00	20
Empaque	190,00	7	132,00	4	222,00	7	160,00	4	174,00	5
TOTAL	2.344,00	85	2.869,77	94	2,820,00	91	3.329,68	93	2.897,72	92
INSUMOS										
Semilla	366,25	13	100,89	3	106,32	3	172,00	5	157,38	5
Fertilizantes	30,00	1	88,69	2	169,27	5	44,69	1	87,38	2
Insecticidas	9,00	1	9,89	1	27,27	1	37,50	1	25,62	1
TOTAL INSUMOS	405,25	15	199,47	6	302,86	9	254,19	7	270,38	8
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	2.749,25	100	3.069,24	100	3.122,86	100	3.583,87	100	3.258,10	100
Preparación manual del terreno										
Preparación del terreno	400,00	18	416,00	19	364,00	15	416,00	17	400,00	17
Siembra	158,00	7	210,00	10	184,00	8	246,00	10	206,00	9
Resiembra	24,00	1	16,00	1	12,00	1	4,00	1	14,00	1
Desyerba	634,00	28	784,00	37	926,00	38	1.014,00	43	866,00	37
Aplic. fertilizantes	0	0	0	0	0	0	6,00	1	2,00	1
Aplic. insecticidas	0	0	24,00	1	0	0	2,00	1	8,00	1
Cosecha	812,00	36	290,00	14	456,00	19	330,00	14	430,00	18
Empaque	80,00	3	176,00	8	320,00	13	120,00	5	180,00	7
TOTAL	2.108,00	93	1.916,00	90	2.262,00	94	2.138,00	92	2.106,00	91
INSUMOS										
Semilla	168,00	7	183,17	8	153,55	6	153,92	6	164,28	7
Fertilizantes	0	0	0	0	0	0	42,77	1	12,93	1
Insectididas	0	0	0	0	0	0	1,23	1	9,72	1
TOTAL INSUMOS	168,00	7	216,67	10	153,55	6	197,92	8	186,93	9
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	2.276,00	100	2.132,67	100	2.415,55	100	2,335,92	100	2,292,93	100

(-) No hay datos disponibles

(*) Valor calculado hasta miles $00,00

CUADRO 6. Estimación de los costos variables de producción por hectárea de yuca en la Zona II

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha		0 - 4 ha		4 - 10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderado	
	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%
Preparación del terreno	-	-	955,33	31	803,33	30	-	-	904,66	31
Siembra	-	-	350,00	11	306,00	11	-	-	336,00	11
Resiembra	-	-	6,00	1	0	0	-	-	4,00	1
Desyerba	-	-	872,00	28	986,00	37	-	-	910,00	31
Aplic. fertilizantes	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
Aplic. insecticidas	-	-	4,00	1	6,00	1	-	-	4,00	1
Cosecha	-	-	398,00	13	364,00	14	-	-	386,00	13
Empaque	-	-	278,00	0	116,00	4	-	-	224,00	7
TOTAL	-	-	2.863,33	94	2.581,33	97	-	-	2.768,66	95
INSUMOS										
Semina	-	-	146,00	5	67,06	2	-	-	119,69	4
Fertilizantes	-	-	0,00	0	0	0	-	-	0	0
Insecticidas	-	-	5,00	1	10,00	1	-	-	6,66	1
TOTAL INSUMOS	-	-	151,00	6	77,06	3	-	-	126,35	5
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	-	-	3.014,33	100	2.658,39	100	-	-	2.895,01	100
Preparación manual del terreno										
Preparación del terreno	750,00	29	614,00	26	732,00	29	976,00	32	702,00	28
Siembra	284,00	11	274,00	11	264,00	10	190,00	6	266,00	10
Resiembra	8,00	1	12,00	1	8,00	1	10,00	1	10,00	1
Desyerbe	808,00	31	756,00	32	934,00	38	1.360,00	45	856,00	34
Aplic. fertilizantes	24,00	1	8,00	1	0	0	0	0	10,00	1
Aplic. insecticidas	60,00	2	16,00	1	4,00	1	6,00	1	24,00	1
Cosecha	406,00	15	460,00	19	250,00	10	312,00	10	400,00	16
Empaque	98,00	4	114,00	4	74,00	3	92,00	3	102,00	4
TOTAL	2.438,00	94	2.254,00	95	2.266,00	92	2.946,00	98	2.370,00	95
INSUMOS										
Semilla	94,89	4	83,31	3	183,35	7	53,42	1	99,28	3
Fertilizantes	19,50	1	4,40	1	0	0	0	0	6,98	1
Insecticidas	25,15	1	7,85	1	1,54	1	11,88	1	11,51	1
TOTAL INSUMOS	139,54	6	95,56	5	184,89	8	65,30	2	117,77	5
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	2.577,54	100	2.349,56	100	2.450,89	100	3.011,30	100	2.487,77	100

CUADRO 7. Estimación de los costos variables de producción por hectárea de yuca en la Zona III.

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha		2 - 4 ha		4 - 10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderad	
	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%
Preparación del terreno	378,52	21	393,50	21	-	-	520,00	20	398,92	20
Siembra	154,00	9	186,00	10	-	-	136,00	5	160,00	8
Resiembra	6,00	1	6,00	1	-	-	0	0	6,00	1
Desyerba	820,00	47	802,00	42	-	-	1.066,00	41	846,00	44
Aplic. fertilizantes	0	0	4,00	1	-	-	20,00	1	4,00	1
Aplic. insecticidas	6,00	1	0	0	-	-	0	0	4,00	1
Cosecha y Empaque	252,00	14	412,00	21	-	-	536,00	21	324,00	17
TOTAL	1.616,52	93	1.803,50	96	-	-	2.278,00	88	1.742,92	92
INSUMOS										
Semilla	111,79	6	70,59	3	-	-	203,17	8	112,86	6
Fertilizantes	0	0	0	0	-	-	83,00	3	9,88	1
Insecticidas	7,04	1	3,9	1	-	-	4,00	1	5,93	1
TOTAL INSUMOS	118,83	7	74,49	4	-	-	290,17	12	128,67	8
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	1.735,35	100	1.877,99	100	-	-	2.568,17	100	1.871,59	100
Preparación manual del terreno										
Preparación del terreno	446,00	23	350,00	18	0	0	-	-	392,00	19
Siembra	186,00	9	170,00	8	214,00	8	-	-	184,00	9
Resiembra	10,00	1	22,00	1	6,00	1	-	-	12,00	1
Desyerba	860,00	43	1.020,00	51	940,00	43	-	-	904,00	45
Aplic. fertilizantes	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
Aplic. insecticidas	0	0	10,00	1	0	0	-	-	2	1
Cosecha y Empaque	358,00	18	290,00	14	918,00	42	-	-	382,00	19
TOTAL	1.860,00	94	1.862,00	93	2.078,00	94	-	-	1.876,00	94
INSUMOS										
Semilla	98,66	5	111,30	6	101,17	5	-	-	101,81	5
Fertilizantes	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
Insecticidas	13,93	1	14,95	1	21,58	1	-	-	14,71	1
TOTAL INSUMOS	112,59	6	126,25	7	122,75	6	-	-	116,52	6
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	1.972,59	100	1.988,25	100	2.200,75	100	-	-	1.992,52	100

(-) No hay datos disponibles

CUADRO 8. Estimación de los costos variables de producción por hectárea de yuca.

Promedio de todas las zonas.

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha		2 - 4 ha		4 - 10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderado	
	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%
Preparación del terreno	514,26	22	748,87	27	876,67	30	686,84	22	674,29	25
Siembra	118,00	5	262,00	10	238,00	8	146,00	4	182,00	7
Resiembra	8,00	1	8,00	1	4,00	1	4,00	1	6,00	1
Desyerba	784,00	34	944,00	34	978,00	32	1.124,00	36	936,00	34
Aplic. fertilizantes	4,00	1	6,00	1	14,00	1	22,00	1	10,00	1
Aplic. insecticidas	6,00	1	4,00	1	8,00	1	4,00	1	6,00	1
Cosecha y empaque	548,00	24	540,00	20	584,00	20	818,00	26	614,00	23
TOTAL	1.982,26	88	2.512,87	94	2.702,67	93	2.804,84	91	2.428,29	92
INSUMOS										
Semilla	239,02	10	105,82	4	86,69	3	187,58	6	167,12	6
Fertilizantes	15,00	1	29,56	1	84,64	3	63,84	2	40,99	1
Insecticidas	8,02	1	6,26	1	18,63	1	20,75	1	12,10	1
TOTAL INSUMOS	262,04	12	141,64	6	189,96	7	272,17	9	220,21	8
TOTAL DE COSTO VARIABLES	2.244,30	100	2.654,51	100	2.892,63	100	3.077,01	100	2.648,50	100
Preparación manual del terreno										
Preparación del terreno	532,00	23	460,00	19	366,00	15	696,00	25	500,00	21
Siembra	210,00	9	218,00	9	220,00	9	218,00	8	216,00	9
Resiembra	14,00	1	16,00	1	8,00	1	8,00	1	12,00	1
Desyerba	768,00	33	854,00	35	934,00	39	1.188,00	43	864,00	35
Aplic. fertilizantes	8,00	1	2,00	1	0	0	4,00	1	6,00	1
Aplic. insecticidas	20,00	1	16,00	1	2,00	1	4,00	1	14,00	1
Cosecha y empaque	580,00	25	442,00	27	672,00	28	426,00	16	530,17	25
TOTAL	2.132,00	93	2.008,00	93	2.202,00	93	2.544,00	95	2.142,17	93
INSUMOS										
Semilla	120,51	5	125,92	5	146,02	6	103,67	3	124,34	5
Fertilizantes	6,50	1	1,47	1	0	0	21,39	1	5,33	1
Insecticidas	13,03	1	18,77	1	7,71	1	6,56	1	13,59	1
TOTAL INSUMOS	140,04	7	146,16	7	153,73	7	131,62	5	143,26	7
TOTAL DE COSTOS VARIABLES	2.272,04	100	2.154,16	100	2.355,73	100	2.675,62	100	2.285,43	100

CUADRO 9. Estimación de los costos variables de producción por hectárea. Promedio para todos los agricultores.

	0 - 2 ha		2 - 4 ha		4 - 10 ha		10 ó más ha		Promedio ponderado	
	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%	$/ha	%
Preparación del terreno	523,13	23	604,44	24	621,34	23	691,42	24	569,96	23
Siembra	164,00	7	240,00	9	229,00	9	182,00	6	195,16	8
Resiembra	11,00	1	12,00	1	6,00	1	6,00	1	9,52	1
Desyerba	776,00	34	899,00	35	956,00	35	1.156,00	39	869,50	36
Aplic. fertilizantes	6,00	1	4,00	1	7,00	1	13,00	1	6,28	0
Aplic. insecticidas	13,00	1	10,00	1	5,00	1	4,00	1	9,16	0
Cosecha y Empaque	564,00	23	491,00	23	628,00	23	622,00	21	557,90	24
TOTAL	2.057,13	90	2.260,44	94	2.452,34	93	2.674,42	93	2.217.48	92
INSUMOS										
Semilla	179,77	8	115,87	4	116,36	4	145,63	5	139,04	6
Fertilizantes	10,75	1	15,52	1	42,32	2	42,62	1	21,03	1
Insecticidas	10,53	1	12,52	1	13,17	1	13,66	1	11,65	1
TOTAL INSUMOS	201,05	10	143,91	6	171,85	7	201,91	7	171,72	8
TOTAL COSTOS VARIABLES	2.258,18	100	2.404,35	100	2.624,19	100	2.876,33	100	2.389,20	100

cantidad igual al 20 por ciento de los costos totales estimados hasta entonces para cubrir los costos no incluídos previamente, tales como administración, protección contra robo de la cosecha,etc.

Con base en lo anterior, se estimó el promedio de costos totales en 6.586 pesos/ha y en 598 pesos/ton de la siguiente manera:

	Pesos/ha	Pesos/ton
Promedio de costos variables	2.390	217
Alquiler del terreno	1.800	164
Costos de transporte	720	65
Interés en capital activo	576	52
Otros costos	1.100	100
Costo total	6.586	598

Al cambio de 20 pesos por un dólar, el costo por tonelada sería aproximadamente de 30 dólares. Este precio es mucho mayor que el pagado al productor de yuca en Tailandia que es el principal país exportador. Por consiguiente, Colombia actualmente no parece tener condiciones competitivas en el mercado mundial. La introducción de tecnología para aumentar el rendimiento podría reducir rápidamente los costos por unidad y colocar a Colombia en una posición competitiva en lo relacionado con el precio de la materia prima para los productos de yuca procesados.

RENDIMIENTO

El cálculo de rendimiento por zona y por tamaño de la finca aparece en el Cuadro 10. El rendimiento global promedio se estimó en 11 ton/ha. Los rendimientos fueron relativamente bajos en la región de la Costa Norte en tanto que en las llanuras localizadas fuera de la región fueron altos (Zona I). Aunque los rendimientos parecieron ser mayores en las fincas grandes en comparación con las pequeñas, no se estableció una relación definida entre el rendimiento y el tamaño de la finca.

Como los datos son de carácter preliminar, no se ha intentado explicar las diferencias en rendimiento entre distintas zonas y tamaños de fincas. Sin embargo, pata tener una idea de la importancia relativa de los factores limitantes del rendimiento excluyendo las prácticas de producción y la utilización de insumos, se interregó a los cultivadores incluídos en la muestra sobre los principales problemas en la producción de yuca. Los cultivadores encontraron que el exceso de agua durante la estación lluviosa es el problema más apremiante. Otros problemas mencionados incluyen robo en el campo, enfermedades e insectos.

CREDITO Y ASISTENCIA TECNICA

Aproximadamente una tercera parte de los cultivadores de la muestra obtuvo crédito para la producción de yuca. Dos terceras partes de los cultivadores que obtuvieron crédito tenían menos de tres hectáreas de yuca y el crédito concedido generalmente no excedió los 3.000 pesos/ha. La Caja Agraria fue la agencia crediticia mencionada con mayor frecuencia.

Diez cultivadores (tres por ciento) informaron haber recibido asistencia técnica para la producción de yuca. Seis de ellos pertenecen a la Zona I.

MERCADEO Y PRECIOS

Un poco más de la mitad de los cultivadores vendió la yuca en la finca en tanto que el resto la llevó al mercado. Siete cultivadores vendieron yuca para procesamiento, el resto la vendió directamente para consumo humano. Sólo tres cultivadores (de la Zona I) vendieron la yuca antes de cosecharla. En este caso el comprador se encargó de la cosecha.

Con frecuencia, la yuca se produce a grandes distancias de los centros de consumo y las vías de acceso son deficientes o no existen. Además, la yuca es un producto voluminoso. De aquí que con frecuencua haya problemas de transporte y se registren altos costos. El vehículo más usado para el

CUADRO 10. Rendimiento estimado de yuca (ton/ha)

Preparación mecánica del terreno	0 - 2 ha	2 - 4 ha	4 - 10 ha	10 ó más ha	Promedio ponderado
ZONA I	16,47	10,71	16,56	17,44	15,59
ZONA II	-	7,48	11,96	-	8,97
ZONA III	8,75	6,49	-	14,05	8,84
TOTAL PREPARACION MECANICA DEL TERRENO	12,61	9,23	14,26	15,76	11,13
Preparación manual del terreno					
ZONA I	18,82	8,41	11,41	9,22	11,18
ZONA II	7,34	18,85	6,48	8,10	13,00
ZONA III	8,37	7,88	11,70	-	8,58
TOTAL PREPARACION MANUAL DEL TERRENO	11,51	11,71	9,86	8,63	10,92
TOTAL TODOS LOS CULTIVADORES	12,06	9,97	12,06	12,21	11,03

CUADRO 11. Precio promedio de yuca recibido en cada grupo (pesos/ton).

	0 - 2 ha	2 - 4 ha	4 - 10 ha	10 ó más ha	Promedio Ponderado
ZONA I	681,87	736,69	1.061,56	1.117,40	948,82
ZONA II	917,52	800,93	820,45	900,77	868,21
ZONA III	518,31	687,41	907,41	684,70	587,52
TOTAL	656,21	741,68	954,00	955,07	769,36

transporte es el camión pero muchos cultivadores emplean animales, especialmente burros para transportar la yuca al mercado o al camino de donde se traslada al camión, al bus o al campero.

El promedio de los precios pagados a los cultivadores de la muestra antes de realizar la encuesta fue de 769 pesos/ton. Se encontró una diferencia considerable entre los precios pagados a los pequeños cultivadores en comparación con los recibidos por los grandes cultivadores. Los campesinos que tenían un área sembrada de yuca menor de dos hectáreas recibieron 70 por ciento del precio pagado a los cultivadores que tenían 10 ó más hectáreas (Cuadro 11). Los datos obtenidos en la encuesta no indican claramente la causa de esta diferencia de precios. Una explicación puede ser la economía que representa el tamaño de la carga en el transporte y en otras actividades de mercadeo. Además, es posible que las fincas pequeñas tiendan a encontrarse ubicadas a mayor distancia de las carreteras y de los centro de consumo que las fincas grandes, de aquí que los costos de transporte sean altos y que las visitas de los compradores de yuca sean menos frecuentes. Sin embargo, se necesita hacer investigaciones adicionales para explicar satisfactoriamente la diferencia de precios. Este punto parece ser lo suficientemente importante para garantizar esta clase de investigación.

INGRESOS

Teniendo en cuenta la naturaleza preliminar de los datos obtenidos, la amplia variación de costos, precios y rendimientos entre las diferentes fincas y la falta de cálculos precisos sobre el valor de la tierra, cualquier cálculo que se haga de las utilidades netas para el campesino sería superficial. Además, tanto los precios como los costos han aumentado considerablemente después de completar la encuesta. Sin embargo, parece que los precios de la yuca han aumentado más que los costos de producción. De manera que las ganancias netas estimadas aquí pueden ser menores que las prevalentes en el momento de redactar este informe.

Teniendo en cuenta los puntos mencionados anteriormente, las utilidades netas promedio se calculan en 1.896 pesos/ha y en 171 pesos/ton de la siguiente manera:

	Pesos/ha	Pesos/ton
Valor de la producción	8.482	769
Costos totales	6.586	598
Ingreso Neto	1.896	171

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Este informe describe el proceso de producción de yuca en Colombia. La descripción es breve y la información es de carácter preliminar. Se ha dado énfasis a la descripción de las prácticas de producción y al uso y costos de insumos. Los resultados de este estudio suministraron la pauta para realizar un análisis más amplio y completo de los factores que limitan la producción y la productividad de la yuca, el cual actualmente se realiza.

Los datos empleados para este análisis se obtuvieron en 300 fincas de 17 departamentos colombianos.

Las prácticas de cultivo en la mayoría de las fincas de la muestra consistieron en 1) preparación de la tierra, en muchos casos rudimentaria, 2) siembra, 3) desyerba y 4) cosecha. Además, se volvió a sembrar y se aplicaron insecticidas y fertilizantes en algunas fincas. La yuca se produjo como cultivo intercalado con maíz, plátano, café, ñame ó frijol en una tercera parte de las fincas de la muestra.

El nivel de tecnología en la producción de yuca fue bajo. Se encontró que la preparación del terreno se hace mecánicamente en un reducido número de fincas. No se notó el uso de ninguna otra clase de maquinaria en la producción de yuca, El empleo de fertilizantes y de insecticidas fue limitado y no se aplicaron herbicidas. Ninguno de los cultivadores empleó riego. El uso de crédito y asistencia técnica para la producción

de yuca fue limitado.

Puede concluirse que la producción de yuca en Colombia se basa en métodos tradicionales y que la tierra y la mano de obra representan la gran mayoría de los recursos empleados.

El empleo de mano de obra por hectárea varió desde 67 hombres-día en la región de la Costa Norte donde el terreno se preparó mecánicamente hasta 119 hombres-día en las laderas donde la preparación del terreno se hizo en forma manual. En promedio, los cultivadores que prepararon el terreno mecánicamente gastaron 88 hombres-día/ha mientras que con preparación manual del terreno se gastaron 110 hombres-día/ha. La desyerba fue la actividad que empleó una mayor cantidad de mano de obra, seguida por la cosecha y empaque, preparación de la tierra y siembra. Se calcula que el empleo de mano de obra por tonelada de yuca es de aproximadamente 8 y 10 hombres-día con preparación manual y mecánica del terreno, respectivamente.

El rendimiento promedio de yuca se estimó en 11 ton/ha aunque se registró una variación considerable entre las fincas. No se encontró ninguna relación definida entre el nivel de rendimiento y el tamaño de la finca.

Los costos totales se calcularon en 6.586 pesos/ha y en 598 pesos/ton. Las utilidades netas se calcularon en 1.896 pesos/ha y en 171 pesos/ton. Dado el carácter preliminar del análisis y la falta de datos confiables sobre ciertos componentes de los costos, los cálculos de los costos e ingresos totales deben considerarse como magnitudes aproximadas y no como cifras exactas. La confiabilidad de los cálculos se verificará con base en los resultados de un estudio mucho más amplio y completo que se lleva a cabo actualmente.

Los precios recibidos por los agricultores varían considerablemente. Los pequeños agricultores parecen recibir precios mucho más bajos que

los grandes agricultores. En promedio, el precio recibido por el agricultor que tiene menos de dos hectáreas de yuca es más o menos 70 por ciento del precio recibido por el agricultor que tiene más de cuatro hectáreas. La relación entre el nivel de precios y el tamaño de la finca es muy marcado en la región de la Costa Norte donde los cultivadores que tienen menos de dos hectáreas recibieron aproximadamente 60 por ciento del precio que recibieron los cultivadores que tienen 10 ó más hectáreas. En relación con las economías de escala en la producción de yuca en Colombia, parece que las diferencias de precios son más importantes que las de costos y rendimientos. Sin embargo, se necesitan datos adicionales para verificar esta aseveración.

Con base en este análisis, se recomienda hacer investigaciones adicionales en los siguientes aspectos:

1. Factores que explican las diferencias de rendimiento entre fincas y regiones. Esta investigación debe estar enfocada en la identificación de los factores limitantes del rendimiento y en el cálculo de su importancia relativa en la producción y productividad. Este trabajo se lleva a cabo actualmente.

2. El papel de los cultivos intercalados. Debería darse énfasis a) al cálculo de la utilidad neta relativa y del riesgo incluído en sistemas de cultivo alternos en los cuales se emplea la tecnología mejorada disponible actualmente y b) las ganancias netas que espera recibir el cultivador al emplear sistemas alternos.

3. La relación entre el tamaño de la finca y el precio recibido por los cultivadores. Los hallazgos de este estudio deben verificarse y, si se confirman, deberían hacerse esfuerzos para explicar la diferencia de precios.

El propósito de este estudio no es el de sugerir prioridades en investigaciones biológicas en relación con yuca. Sin embargo, los resultados

del mismo indican que puede llevarse a cabo investigación para:

1. Calcular la relación existente entre el nivel de malezas y los rendimientos de yuca. Este trabajo se realiza actualmente.

2. Identificar medios de bajo costo para controlar las malezas en los cultivos de yuca,

3. Calcular el impacto de diferentes sistemas de preparación de la tierra en los rendimientos de yuca. La preparación del terreno representa una parte considerable de los costos totales de producción en algunas fincas aunque en otras es sólo de poca importancia. Se necesitan experimentos controlados para determinar las ventajas de preparación mejorada del terreno.

Se espera que el estudio más amplio y detallado que se realiza actualmente suministre información para el establecimiento de otras prioridades en investigaciones biológicas sobre yuca.