CIAT
COLECCION HISTORICA

YUCA:

Investigación, Producción y Utilización

CIAT
COLECCION HISTORICA

Referencia de los cursos de Capacitación sobre Yuca dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical



PNUD

CIAT

SB
211
.C3
Y85
c.2

YUCA:

Investigación, Producción y Utilización

Programa de Yuca

Referencia de los cursos de Capacitación sobre Yuca dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical

7221

Compilado por:
Carlos E. Domínguez. M. Sc..

CIAT
BIBLIOTECA
24 ENE. 1983

PNUD

CIAT

CONTENIDO

Prologo XI
Introducción XIII
Autores XV

POTENCIAL FUTURO E INVESTIGACION NECESARIA
PARA EL INCREMENTO DE LA YUCA. J.H. Cock. 1

CAPITULO 1 : MORFOLOGIA Y FISIOLOGIA 27

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE YUCA
C.Dominguez; L.F.Ceballos; C.Fuentes.

Introducción. 29
Taxonomía. 29
Descripción Morfológica. 31
Hojas. 31
Inflorescencia. 33
Fruto. 38
Semilla. 39
Tallos. 41
Sistema Radical. 44
Contenido de Acido Cianhídrico 48
Bibliografía. 49

ASPECTOS FISIOLOGICOS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DE LA PLANTA DE YUCA. J.H.Cock.

Introducción. 51
Propagación. 52
Crecimiento y Desarrollo. 53
Anatomía de la Hoja y Fotosíntisis. 53
Crecimiento de la Hoja. 54
Crecimiento del Tallo. 55
Crecimiento de la Raíz. 55
Análisis de Crecimiento. 56
Aumento en el Rendimiento. 56
Estabilidad en el Rendimiento. 58
Temperatura y Fotoperíodo. 58
Estres por Agua. 60
Suelos. 60
Enfermedades y Plagas. 61
Bibliografía 72

CAPITULO II : MEJORAMIENTO GENETICO 75

GERMOPLASMA DE YUCA: EVOLUCION, DISTRIBUCION Y COLECCION. C.Hershey; A.Amaya.

El Genero Manihot 77
Domesticación de la Yuca 81
Distribución. 82
Colección Internacional. 84
Bibliografía. 89

MEJORAMIENTO GENETICO DE YUCA PARA PRODUCTIVIDAD. K. Kawano.

Clasificación de Cultivos por Métodos de Mejoramiento Genético. 91
Clasificación de Cultivos por Factores Fisiológicos que Afectan Rendimiento. 92
Objetivo de Mejoramiento Genético de Yuca. 93
Caracteristicas Biológicas de la Yuca Relacionados con el Trabajo de Fitomejoramiento. 94
Variación Genética y Selección. 94
Conclusiones. 96
Bibliografía. 111

GENETICA, CITOGENETICA, ESTRUCTURA FLORAL Y TECNICAS DE HIBRIDACION DE LA YUCA. C.Hershey; A.Amaya.

Sistemas de Mejoramiento de los Cultivos. 113
Genética y Citogenética de la Yuca. 114
Habito de Floración y Estructura de la Flor. 115
Técnicas de Hibridación. 116
Almacenamiento y Germinación de la Semilla. 117
Bibliografía. 125

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA EL INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA DE YUCA. J.H.Cock.

Semilla Sexual. 127
Material Vegetativo. 128
Lanzamiento de Variedades. 129
Conclusiones. 129

INFLUENCIA DEL ECOSISTEMA EN LAS ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA. J.C.Lozano; D.Byrne; A.Bellotti

Introducción. 131
Programas de Mejoramiento - Impacto de las estrategias Pasadas. 132
Resultados Experimentales Relacionados con las Estrategias de Mejoramiento. 133
Resistencia a Grupos Específicos de FNP 135
Estrategia de Mejoramiento Recomendada. 136
Bibliografía. 144

METODOS DE MULTIPLICACION ACELERADA DE MATERIAL GENETICO PROMISORIO DE YUCA. J.C.Toro; W.Roca; J.H.Cock.

Introducción. 147
Método de Retoños. 147
Método de Esquejes de una Hoja y Yema. 149
Bibliografía. 152

CULTIVO DE TEJIDOS EN YUCA. W.Roca.

Introducción. 153
Cultivo de Meristemas en Yuca. 154
Aplicaciones de la Técnica en Yuca. 157
Bibliografía. 162

CAPITULO III : PRACTICAS AGRONOMICAS 165

PRACTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCION DE YUCA. J.C. Toro; C.B. Atlee.

Introducción. 167
Material de Propagación. 168
La Siembra. 173
El Control de Malezas. 186
El Riego. 190
La Poda. 191
La Cosecha. 192
La Rotación de Cultivos. 193
Conclusiones. 194
Bibliografía. 198

SELECCION Y PREPARACION DE ESTACAS DE YUCA PARA SIEMBRA. J.C.Lozano; J.C.Toro; A.Castro; A.C.Bellotti.

Introducción. 209
Aspectos Sanitarios Relacionados con la Propagación Vegetativa de la Yuca. 209
Aspectos Patológicos. 210
Aspectos Entomológicos. 213
Aspectos Agronómicos y de Manejo Relacionados con la Calidad de las Estacas de Yuca 214
Resumen. 227
Bibliografía. 229

METODOS Y DURACION DEL ALMACENAMIENTO DE ESTACAS.
D.Leihner; A.S.Andrade.

Introducción. 231
Período Adecuado de Almacenamiento. 231
Sistemas de Almacenamiento. 232
Germinación y Rendimiento. 232
Conclusiones. 233
Bibliografía. 238

METODOS DE CONTROL DE MALEZAS EN YUCA.
J.D. Doll; W. Piedrahita; D.E. Leihner.

Sistemas de Control. 241
Efectos de la Competencia de las Malezas. 242
Selectividad de los Herbicidas. 242
Bibliografía. 249

CONTROL CULTURAL DE LAS MALEZAS EN YUCA. D.E.Leihner; J.D.Doll.

Introducción. 251
Prácticas Agronómicas. 251
Conclusiones. 255

PRODUCCION DE YUCA EN CULTIVOS MULTIPLES.
D.E. Leihner; M. Thung; J.H. Cock; J.K. Lynam.

Definición de los Sistemas de Cultivo. 261
Ventajas del Cultivo Intercalado. 262
Tecnología Mejorada para Yuca Intercalada. 264
Selección de Tipos de Plantas para la Asociación. 265
Tiempo Relativo de Siembra. 268
Densidad de Siembra. 271
Patrón de Siembra. 275
Nutrición Mineral y Fertilización. 279
Competencia por Nutrimentos. 282
Manejo de Pestes. 289
Evaluación de Sistemas Intercalados. 297
Evaluación Económica. 305
Bibliografía. 309

NUTRICION MINERAL Y FERTILIZACION DE LA YUCA. R.H. Howeler.

Absorción de Nutrientes. 317
Acumulación de Nutrientes en la Planta. 318
Contenido de Nutrientes en la Planta. 319
Fertilización Nitrogenada. 321
Deficiencia de Fósforo. 323
Deficiencia de Potasio. 326
Deficiencia de Calcio y Magnesio. 327
Toxicidad del Aluminio y del Manganeso y efecto del pH. 328
Deficiencia de Azufre. 329
Deficiencias de Microelementos. 329
Resumen y Conclusiones. 331
Bibliografía. 352

* COSECHA MECANICA DE LA YUCA, DOS EQUIPOS DIFERENTES. D.E.Leihner.

Evaluación de las Cosechadoras. 359
Desempeño de las Cosechadoras en Comparación con la Cosecha Manual. 359
Efectos del Sistema de Siembra. 361
Diferencias Varietales. 361
Implicaciones Agronómicas y Socioeconomicas. 363

CAPITULO IV : PLAGAS Y ENFERMEDADES 365

INSECTOS Y ACAROS DE LA YUCA Y SU CONTROL.
A.C. Bellotti; J.A. Reyes; B. Arias; O. Vargas.

Introducción. 367
Insectos que Atacan el Material de Siembra. 368
Daños de las Estacas en Pre y Posgerminación y de las Plantas Jovenes. 369
Insectos y Acaros que Atacan las Partes Aereas. 371
Insectos Perforadores del Tallo. 377
Barrenadores del Tallo. 378
Deformadores Foliares. 380
Insectos que Atacan el Tallo Externamente. 381
Insectos que Atacan las Raíces. 383
Plagas de la Yuca Seca Almacenada. 384
Principios Básicos de un Sistema de Control Integrado de Plagas. 384
Bibliografía. 388

PERDIDADAS EN RENDIMIENTO EN YUCA CAUSADAS POR INSECTOS Y ACAROS. A.C.Bellotti; O.Vargas; J.E.Peña; B.Arias.

Introducción 393
Distribución de las Plagas Importantes en Yuca. 393
Relación entre el Daño de Plagas y Pérdidas en Rendimiento. 394
Plagas que Causan Daño Economico. 394
Discusión. 398
Conclusiones. 399
Bibliografía. 407

MANEJO DE PLAGAS EN YUCA. A.C. Bellotti; J.A.Reyes; B.Arias.

Introducción. 409
Consideraciones Importantes sobre los Insectos. 411
Control Integrado. 412
Control Biológico. 412
Manejo de Plagas. 413
Bibliografía. 420

ENFERMEDADES DE LA YUCA. J.C.Lozano; R.H.Booth.

Introducción. 421
Enfermedades Bacteriales. 422
Enfermedades de Tipo Viroso y de Micoplasma. 426
Enfermedades Fungosas. 430
Resumen. 453
Bibliografía. 454

CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PESTES EN LA YUCA. J.C.Lozano; A.C. Bellotti.

Introducción. 463
Prácticas Culturales. 464
Control Biológico. 469
Control Varietal. 470
Bibliografía. 472

EL PELIGRO DE INTRODUCIR ENFERMEDADES Y PLAGAS DE LA YUCA POR MEDIO DE MATERIAL VEGETATIVO DE PROPAGACION. J.C.Lozano.

Introducción. 475
Distribución Geográfica de las Enfermedades y de las Pestes de la Yuca. 476
Conclusiones y Recomendaciones Generales. 479
Bibliografía. 483

PROBLEMAS FITOPATOLOGICOS EN LA YUCA DISEMINADOS POR SEMILLA SEXUAL Y ASEXUAL. J.C.Lozano; U.Jayasinghe.

Patógenos Diseminados por Semilla Sexual. 485
Patógenos Diseminados por Material Vegetativo. 486
Medidas Sanitarias. 488
Bibliografía. 490

CAPITULO V : PROCESAMIENTO Y UTILIZACION 491

DETERIORACION POSTCOSECHA Y ALMACENAMIENTO DE RAICES DE YUCA. C.Wheatley; C.Lozano; G.Gomez

Introducción. 493
Deterioración Postcosecha. 493
Evaluación de la Susceptibilidad a la Deterioración Fisiológica. 497
Causas de la Deterioración Fisiológica 499
Factores que afectan la Susceptibilidad a la Deterioración Fisiológica 502
Técnicos de Conservación y Almacenamiento de las Raíces de Yuca. 507
Conclusiones. 510
Bibliografía. 511

PROCESAMIENTO DE LAS RAICES DE YUCA PARA ALIMENTACION ANIMAL. R.Best; G.Gomez.

Introduccion. 513
El Proceso de Secado de la Yuca. 514
Métodos de Secado. 516
Teoría de Secado. 519
Requerimientos para el Establecimiento de una Planta Procesadora. 532
Conclusiones. El caso Colombiano. 533
Bibliografía. 537

UTILIZACION DE RAICES Y PRODUCTOS DE YUCA EN ALIMENTACION ANIMAL. G.Gomez; J.Santos; M.Valdivieso.

Introducción 539
Composición Química de las Raíces y Productos de Yuca. 540
Contenido de Cianuro en Raíces y Productos de Yuca. 542
Utilización de la Yuca en la Alimentación de Aves. 543
Utilización de la Yuca en Alimentación Porcina. 548
Utilización de Yuca en Alimentación de Rumiantes - Yuca Forrajera. 554
Conclusiones. 556
Bibliografía. 558
Apendice. 562

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA Y ALMIDON EN YUCA POR EL SISTEMA DE GRAVEDAD ESPECIFICA. J.C.Toro;A.Cañas.

Introducción. 567
Materiales y Métodos. 567
Conclusiones. 569
Bibliografía. 575

CAPITULO VI : EVALUACIONES AGRONOMICAS Y ECONOMICAS 577

NUEVA GUIA PARA LA CONDUCCION DE PRUEBAS REGIONALES DE YUCA. J.C.Toro; E.Celis; G.Jaramillo.

Pasos Necesarios. 579
Tecnología Usada. 581

SISTEMA PARA LA TOMA DE DATOS EN PRUEBAS REGIONALES DE YUCA. J.C.Toro; A.Cañas; E.Granados.

Introducción. 587
Instrucciones para llenar los Registros. 588
Tablas de Evaluación de Plagas y Enfermedades. 591

METODOLOGIA EN LOS ENSAYOS DE YUCA A NIVEL DE FINCA. J.K.Lynam.

Introducción. 607
Metodología. 608
Resultados Ilustrativos. 613
Conclusiones. 617
Bibliografía. 641

ANALISIS ECONOMICO DE UN ENSAYO DE FERTILIZACION EN YUCA R.O.Diaz; R.Howeler; L.F.Cadavid.

Metodología 643
Resultados y Discusión. 644
Conclusiones. 656

APENDICE 657

EL PROGRAMA DE YUCA DEL CIAT

PROLOGO

La yuca es la cuarta fuente de calorías en la alimentación humana producida en el trópico; en esta misma zona, su demanda como fuente de energía básica ha crecido en los últimos años. A pesar de la gran importancia que tiene, este cultivo ha recibido muy poca atención en las políticas generales de desarrollo y en los programas de investigación y extensión en la mayoría de los países tropicales.

En 1971 el Centro Internacional de Agriculture Tropical, CIAT, inició un gran esfuerzo integrado para desarrollar la investigación y capacitar a los profesionales de las instituciones nacionales en el cultivo de la yuca. Como material de enseñanza, el programa de yuca, elaboró a través del tiempo un manual preliminar de producción que contenía los avances más recientes de la investigación; la dinámica del proceso investigativo ha hecho que este manual no se haya publicado formalmente. Sin embargo, la continua demanda por información más reciente por parte de los participantes en los primeros cursos, universidades, instituciones de investigación y extensión, industrias particulares y agricultores, nos han impulsado a realizar esta publicación.

Es importante poner énfasis en que los artículos que se incluyen en este manual no dan respuesta completa a la totalidad de problemas e inquietudes sobre el cultivo de la yuca.

Este trabajo no tiene, todavía, el acabado de un texto definitivo, pero en su contenido se registran los conceptos y los resultados de investigación más actualizados que existen hasta el momento. Debido a la creciente información derivada de nuevos resultados de investigación nos veremos obligados en el futuro a complementar periódicamente esta publicación para mantenerla al día con los avances de investigación y producción de yuca en América Latina.

James H. Cock
Coordinador
Programa de Yuca

INTRODUCCION

La creciente importancia del cultivo de yuca en las Zonas Tropicales, ha motivado la implementación de programas de investigación y capacitación de profesionales de los países interesados en la producción y el aprovechamiento de ésta importante fuente energética. Como una consecuencia del interés por éste cultivo surge la necesidad de difundir la información disponible y los últimos resultados obtenidos a través de la investigación.

La presente compilación de artículos científicos se realizó por primera vez en 1976 y ha sido revisada y adicionada cada 2 años con las más recientes informaciones producidas gracias al esfuerzo de los integrantes del programa de investigación de yuca del CIAT. Después de 3 publicaciones no editadas entregamos hoy una excelente edición cuyo objetivo principal es complementar los cursos de capacitación sobre investigación, producción y utilización de yuca dictados en el CIAT para facilitar la implementación de programas en los países tropicales de América Latina.

Esta publicación ha sido dividida en 6 capítulos cuya secuencia le permiten al lector iniciar con el conocimiento morfológico y fisiológico de la planta y del potencial del cultivo para el aprovechamiento de los recursos energéticos (Cap.I), antes de profundizar en los aspectos de mejoramiento que facilitarán al investigador las mejores combinaciones para aprovechar al máximo la inmensa variabilidad genética disponible. (Cap.II).

En el capítulo III se presentan las prácticas agrónomicas y de manejo del cultivo a través de las cuales es posible obtener excelentes rendimientos. Dado que la yuca se siembra generalmente en suelos de baja fertilidad y que su mayor potencial de expansión está en las zonas marginales del trópico, éstas prácticas culturales son recomendaciones de fácil aplicación que benefician principalmente al agricultor sin aumentar los costos de producción. Con este mismo criterio, en el capítulo IV se describen las principales plagas y enfermedades que atacan la planta y las prácticas de manejo requeridas para que un cultivo de ciclo largo como la yuca pueda alcanzar el máximo de su potencial sin los efectos nocivos de las plagas y enfermedades en la producción y sin la aplicación de insumos costosos para su control.

La sección de utilización del programa es la de más reciente creación; sin embargo los avances obtenidos hasta el momento (Cap.V) permiten vislumbrar alternativas para romper el cuello de botella que la rápida perecibilidad de las raíces crea para su utilización en la alimentación energetica humana y animal. El uso de harina de yuca en las dietas balanceadas es muy común en Europa pero poco conocida en la zona donde precisamente la yuca se presenta como una excelente alternativa de producción.

Por último en el capítulo VI se describe la metodología recomendada para la evaluación Agronómica de las variedades mejoradas, y de la tecnología a nivel de finca desde el punto de vista económico.

Todos los artículos han sido revisados cuidadosamente de tal manera que sean entendibles para los lectores pero conservando el estilo de cada uno de los autores; al final de la mayoría de los artículos se incluye una extensa bibliografía que facilitará a los interesados profundizar en los aspectos de mayor interés.

Especial reconocimiento al Ing. Jesús A. Reyes por su colaboración en la revisión técnica de algunos artículos y por sus excelentes ideas en la organización del presente trabajo.

Agradecimientos a las Señoritas Esperanza Jaramillo y Margarita Pulgarin por su dedicación en la mecanografía del texto.

Esta publicación ha sido realizada gracias al apoyo recibido del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo a través del proyecto GLO/79/013 sobre raíces y tuberculos PNUD/CIAT.

Carlos E. Domínguez

Asociado

Capacitación Científica

AUTORES

Mientras no se especifique, los autores son miembros del Programa de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Alvaro Amaya, M.Sc. Mejoramiento Genético; CENICAÑA.
Antonio Andrade, Ing. Agr. EPAMIG Brasil.
Bernardo Arias, Ing. Agr. Entomología.
Charles B. Atlee, Ph.D. Agrónomo. Profesor, Politecnic. State Un.California
Anthony C. Bellotti, Ph.D. Entomólogo.
Rupert Best, Ph.D. Ing. Químico.
R.H. Booth, Ph.D. Fitopatologo. CIP.
David Byrne, Ph.D. Entomólogo. IPRII. California
Luis Fdo. Cadavid, Ing. Agr. Suelos.
Luis Fdo Ceballos, M.Sc. FEDECAFE, Colombia.
Ernesto Celis, Ing. Agr. Agronomía.
Christopher Wheatley, Ph.D. Bioquímico
Alonso Cañas, Tec.Agrp. Agronomía.
Abelardo Castro, Ph.D. Edafologo. Universidad Católica de Chile.
James H. Cock, Ph.D. Fisiólogo (Coordinador).
Rafael O. Diaz, M.Sc. Economía Agrícola.
Jerry Doll, Ph.D. Fisiólogo. University of Wisconsin.
Carlos Domínguez, M.Sc. Capacitación.
Cilia Fuentes de Piedrahita, Ing.Agr. Unidad de Comunicación CIAT.
Guillermo Gomez, Ph.D. Bioquímico Nutricionista.
Eduardo Granados, M.Sc. Unidad de Servicio de Datos, CIAT.
Clair Hershey, Ph.D. Fitomejorador.
Reinhardt Howeler, Ph.D. Edafologo.
Gustavo Jaramillo, Ing.Agr. Agronomía.
Upali Jayasinghe, Ph.D. Fitopatologo.
Kasuo Kawano, Ph.D. Fitomejorador.
Dietrich Leihner, Ph.D. Agrónomo.
José Carlos Lozano, Ph.D. Fitopatologo.
John K. Lynam, Economista Agrícola.
Jorge E. Peña, Ph.D. Entomólogo Un.of Florida.
Wilson Piedrahita, Ing. Agr. Química Sttanfor, México.
Jesús Antonio Reyes, M.Sc. Capacitación.
William Roca, Ph.D. Fisiólogo; Unidad de Recursos Genéticos.
Jorge Santos, M.Sc. Utilización.
Michell Thung, Ph.D. Agrónomo, Programa de Fríjol, CIAT.
Julio C. Toro, Ph.D. Agrónomo.
Octavio Vargas, M.Sc. Entomología.
Mauricio Valdivieso, Zootecnista. Utilización.

10015

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

James H. Cock *
John K. Lynam

Introducción

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

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

Incrementar la productividad de la tierra especialmente en las áreas de alta precipitación parece ser esencial para generar mayor producción de alimentos. Incrementar la productividad de la mano de obra es crítica por razones de tipo social; sin embargo, alta producción y sobrantes agrícolas, se ven cada vez más reducidos por el incremento en los precios de los insumos agrícolas

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

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

especialmente aquellos que dependen del petróleo para su manufacturación; por lo tanto, altas producciones deben provenir de un muy eficiente uso de fertilizantes especialmente nitrogenados, herbicidas, insecticidas y fungicidas cuya base es el petróleo.

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

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

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

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

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

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

Los planificadores nacionales y administradores de programas internacionales de agricultura han puesto su mayor interés en la generación de tecnologías para la producción de cereales como primera estrategía para incrementar la producción de alimentos (por ejemplo: Wortman y Cummings 1978 IFPRI, 1978), basados en la importancia actual de los cereales en los presupuestos nacionales de alimentos. Esto parecería ser una buena estrategía; sin embargo, esta política ha desviado el interés a favor de los cereales como la solución única, en vez de ser tratada como una solución potencial dentro de muchas otras. Así por ejemplo, los gastos de investigación en porcentaje del valor total de la producción en Asia en 1975 fueron de 0.12% para

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

Producción Potencial de la Yuca y Desarrollo de Necesidades

Situación actual y potencial:

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

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

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

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

Edward (1976) concluyó que "muchos de los aspectos que podrían estar asociados con la adaptación de la yuca a las áreas de baja fertilidad y alta acidez, ya han sido identificados". En CIAT-Quilichao, lugar que tiene una buena distribución de lluvias, pero un pH de 4.2 y baja fertilidad se obtuvieron 27 ton/ha. aplicando solamente 0.5 ton/ha de cal sin fertilización ni uso de fungicidas o insecticidas excepto los que usaron en el tratamiento de las estacas con un costo de 4 dólares por ha; y 52 ton/ha de raíces frescas cuando se aplicó 1 ton/ha de 10-20-20 (Toro, comunicación personal, CIAT 1978). Estos datos sugieren que la yuca se adapta bien para producir carbohidratos en las áreas de suelos infértiles y ácidos de los trópicos. Estos suelos existen en una extensión de 760, 650 y 250 millones de hectáreas en América trópical, Africa y Asia respectivamente y aproximadamente la mitad está disponible para la producción de cultivos o pastos (1976). Aparte del incremento en rendimientos de las áreas donde la yuca se siembra actualmente hay, un gran potencial para incrementar el cultivo en las áreas marginales. Sin embargo, los rendimientos no están restringidos solamente por condiciones de baja fertilidad del suelo, sino también por la disponibilidad del agua, las pérdidas causadas por las malezas los insectos y las enfermedades. La yuca no tiene un período crítico como es por ejemplo, el período de floración en los cereales y su ciclo vegetativo es largo; estos factores favorecen la planta de yuca para resistir períodos de stress y recuperarse fácilmente cuando el stress ha sido cuasado por insectos, por enfermedades o por deficiencia de agua. El período más crítico es el establecimiento donde la falta de agua, o un severo ataque de insectos, o la competencia de malezas pueden reducir bastante los rendimientos, (Piedrahita, 1976).

Aunque la yuca se recupera facilmente después de un ataque de enfermedades o de insectos, una presión continua de estos tienden a reducir los rendimientos (Cock, 1978). Sin embargo, por ser la yuca un cultivo de ciclo vegetativo largo y reproducirse vegetativamente, ha desarrollado clones locales con una alta resistencia de campo a las enfermedades e insectos prevalentes en el área bajo cultivo (Lozano et al). Esto conlleva a mantener una relativa estabilidad de rendimientos para las variedades locales, pero también significa que debe tenerse mucho cuidado cuando se introducen nuevas variedades, para asegurar que éstas tienen una adecuada tolerancia a las enfermedades e insectos. El mantenimiento de un alto nivel de resistencia de campo en las nuevas variedades implica un bajo uso de insecticidas para maximizar los rendimientos en yuca.

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

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

Punto de Vista de la Investigación

a. Política general

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

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

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

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

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

despertarse algún interés en investigar y desarrollar fertilizantes para yuca.

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

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

b. Areas de investigación

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

Desarrollo Varietal

Las oportunidades para mejorar la productividad de la yuca son numerosas: sin embargo, dadas las restricciones en el diseño tecnológico para las condiciones asubóptimas una opción que puede ser muy apropiada es el mejoramiento de la planta. Una variedad que sea resistente a todas las enfermedades e insectos, que tenga alto potencial de rendimientos bajo condiciones de stress combinadas con baja fertilización y requerimiento de agua podría ser la forma más simple de mejorar la tecnología; sin embargo, el progreso en el mejoramiento genético, es generalmente inversamente proporcional al número de objetivos del programa. Por lo tanto, los objetivos deberían ser cuidadosamente seleccionados de acuerdo con lo que se considere que daría una mejor contribución al incremento de la producción nacional. Se espera que los centros internacionales produzcan variedades altamente rendidoras y resistentes al mayor número de enfermedades e insectos. Estas líneas podrían entregarse para su uso directamente como variedades a los agricultores después de

haber sido probadas bajo las condiciones locales; sin embargo, también podrían ser usadas como padres en programas nacionales donde se tengan requerimientos locales que puedan ser añadidos. Adicionalmente se espera que a medida que las agencias nacionales produzcan nuevos clones, estos podrían ser intercambiados. Por ejemplo, una línea brasileña que se envió a Cuba, esta actualmente en observación bajo una prueba regional y las líneas más cultivadas en Tailandia fueron probablemente obtenidas de Malasia hace algunos años. Se prevee por lo tanto, que en el futuro una red de programas de producción de variedades mejoradas a nivel nacional e internacional podrían intercambiar líneas promisorias. Esto es ahora mucho más factible que hace algunos años, porque con la técnica de cultivos de meristemas se puede intercambiar germoplasma en una forma mucho más segura desde el punto de vista de la cuarentena, de lo que es el intercambio de estacas por los sistemas tradicionales.

Manejo de plagas

La incidencia y la severidad de las enfermedades y de los ataques varía enormemente de una región a otra. La yuca es tradicionalmente considerada como una planta altamente tolerante a las enfermedades y los insectos, sin embargo, cuando las áreas de producción se expandan fuera de las áreas tradicionales y los métodos de cultivo se vuelvan más intensivos, las enfermedades y los insectos podrán atacar más severamente. Por lo tanto, se deben desarrollar sistemas de control de plagas adecuados. Como un resultado del taller de trabajo en protección de la yuca, Thurston (1978), concluyó que los sistemas de control integrado de plagas en la yuca deberían enfatizar la combinación de tres tácticas fundamentales:

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

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

Prácticas agronómicas

Experimentos recientes del segundo autor sugieren que los pequeños agricultores que están bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas muy desfavorables en el norte de Colombia, podrían incrementar sus rendimientos en un 70% a través del uso de simples prácticas agronómicas mejoradas que requieren cantidades muy limitadas de insumos (CIAT 1978, 1979), es también interesante notar que en Kerala, India, los promedios de rendimiento en los suelos ácidos e infértiles del área están entre los más altos del Asia y esto es probablemente debido a las buenas prácticas agronómicas desarrolladas en muchos años de investigación en el Instituto Central de Investigación de Tubérculos.

Aunque ciertos principios básicos pueden ser aplicados en todo el mundo como una buena práctica agronómica, los detalles específicos son de carácter local. Por ejemplo, la investigación agronómica de factores tales como fertilización, población, control de malezas, períodos de siembra, cosecha y rotación de cultivos, ofrecen tremendas oportunidades de desarrollo de sistemas agrícolas capaces de incrementar la producción de yuca en diferentes áreas. El desarrollo de estos sistemas individuales tiene que ser hecho por las instituciones nacionales o las agencias locales.

Cultivos múltiples

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

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

Requerimientos de Transferencia de Tecnologías

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

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

Como has ido demostrado, la yuca responde a las prácticas mejoradas de manejo. Esta respuesta será mucho más grande cuando se utilicen variedades mejoradas. Por lo tanto, la extensión será necesaria para alcanzar niveles de rendimiento potencial máximo. Por lo tanto, el viejo adagio de que una buena tecnología se vende por sí misma es cierto hasta un determinado punto; en el caso de la yuca, parece ser para los autores, que existe otro factor particular que va en contra de este adagio. El soporte empírico está basado en la difusión de tecnología en zonas irrigadas, donde por naturaleza hay una alta concentración de población y en la cual la cooperación es un factor esencial. La yuca es generalmente cultivada en zonas muy pobres donde la comunicación entre los agricultores es muy limitada por la deficiencia de la infraestructura, especialmente en los sistemas nómadas de exploración; además la yuca es cultivada en áreas muy pequeñas, eparadas o distribuídas, limitando la difusión de la tecnología por la observación de los campos. Todos estos facotes ponen en evidencia la necesidad de los servicios de extensión si se quiere alcanzar el potencial de rendimiento de la nueva tecnología. Las compañías comerciales juegan un papel muy importante en estos programas de extensión proveyendo supervisión sin costo alguno de los métodos de producción utilizados con sus productos particulares que pueden ser semillas, fungicidas, hebicidas, insecticidas o fertilizantes. Como se ha dicho anteriormente, no se espera que las casas comerciales se interesen en el cultivo de la yuca. Esta conclusión se podría aplicar por el mismo hecho de la pobre infraestructura de las áreas productoras de yuca, la amplia diseminación de los productores y el bajo nivel de utilización de insumos por los agricultores; estos factores causarán costos de mercadeo de insumos muy altos que harán que el desarroll de una red de distribución sea incosteable. El resultado de este análisis es que si los rendimientos de yuca se quieren incrementar, los programas iniciales de extensión deben ser realizados por el sector público. Una vez que la nueva tecnología haya sido probada se puede esperar una integración vertical agro-industrial que produzca yuca para la industria del almidón, alimentación animal o alcohol y ésta agro-industria daría los servicios de extensión a productores grandes; sin embargo, la extensión para los agricultores pequeños tendrá que seguir siendo realizada por el sector público. Por lo tanto, aunque la nueva tecnología esté basada particularmente en las nuevas variedades, con mínimo incremento en la compra de insumos y en muchos casos basada en un simple paquete tecnológico, la inversión del sector público en los programas de extensión y

en la distribución de insumos será indispensable si se quiere obtener todo el potencial de la tecnología. En el caso de la semilla por ejemplo, es esencial la inversion en los procesos de multiplicación para producir rápidamente semilla básica. La semilla y los insumos requeridos deben ser proveidos por el sector público y necesitan ser subsidiados. Las facilidades para producir semilla son relativamente baratas (Cock, Wholey, Lozano y Toro, 1974) y los precios para los agricultores podrían cubrir los costos de producción. Por ejemplo, los agricultores en Colombia pagan hasta cuatro dólares por 100 estacas de cultivares promisorios. En el caso de los insumos el precio a los agricultores debería reflejar los costos reales, de tal manera que la inversión en los canales de distribución de productos y los servicios de extensión se justifiquen en base al potencial de beneficio social. Estos beneficios se derivan del potencial de expansión en la utilización final de la yuca. Veamos ahora en la siguiente sección un análisis del potencial de mercado para la yuca y la tecnología necesaria para desarrollar estos mercados.

Utilización de la Yuca.

a. Potencial y Desarrollo de Necesidades.

Status quo y potencial: Existe una dualidad entre la nueva tecnología de producción de yuca y la expansión y diversificación de su mercado y de los productos derivados. Por una parte la expansión de la demanda es necesaria para absorver el incremento potencial causado por el uso de la nueva tecnología. Dado el hecho de que este incremento potencial puede ser bastante grande, los incrementos de la demanda debidos a la posible caída de los precios no sería suficiente para absorver la producción en una misma área. Por el otro lado para que la yuca pueda llegar a ser una alternativa de acuerdo a los precios del mercado, el precio de la yuca tiene que ser mucho más bajo que los precios actuales. Por lo tanto, una tecnología barata es un elemento necesario para hacer de la yuca un producto competitivo con la mayoría de los productos sustitutos en el mercado. Cuáles son los principales usos que se le da a la yuca actualmente? Cuáles son los mercados potenciales y el crecimiento de éste mercado, si la yuca pudiera servir como sustituto con un precio competitivo? Cuáles son los problemas técnicos (y por lo tanto, las áreas de investigación) para que la yuca pueda convertirse como un buen sustituto con las alternativas existentes?

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

Alimentación Humana.

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

El consumo de la yuca es mucho más alto en las áreas rurales cerca a los sitios de producción que en las áreas urbanas y por lo tanto, la tendencia del consumo en las áreas urbanas será como un producto procesado. En Brasil, por ejemplo, el promedio per cápita de consumo de yuca fresca es de 24.7 kgs. en las áreas rurales y solamente 3 kgs. en las áreas urbanas, mientras que el consumo de harina de yuca es de 38,3 kgs. en las áreas rurales y de 11.6 kg. en las áreas urbanas (Fundación Getulio Vargas, 1970). La yuca fresca es altamente perecible y muy voluminosa para su transporte, esto hace que el márgen del precio sea un 75 a 100% por encima del precio a nivel de la finca. Adicionalmente cuando la yuca llega a los mercados urbanos generalmente ha iniciado un proceso de deterioración lo que forza a los consumidores a adquirir un producto de baja calidad y a consumirlo inmediatamente o a almacenarlo, lo cual solamente es posible en espacios refrigerados. Además el alto contenido de almidón en la yuca está asociado con una mejor calidad, pero también con un período de vida mucho más corto; como resultado, los productores para mercados urbanos tienden a seleccionar variedades que tengan un bajo contenido de almidón y por lo tanto, un período de vida más largo. En el mercado de Bogotá, por ejemplo, la calidad del producto, está compensada por una diferencia de un 40 a un 60% en precio, por lo tanto, dado el alto grado de perecibilidad del producto, el precio en las áreas urbanas es generalmente alto, la calidad es baja y el consumidor que no tiene un espacio refrigerado extra para almacenarla, no consumirá la yuca con regularidad; se podría esperar que mejorando el período de vida de la yuca, el precio al consumidor podría reducirse, (asumiendo un ajuste en el márgen del precio del mercado mayorista) la calidad del producto mejoraría y la demanda se incrementaría en las áreas urbanas. Existe también un considerable potencial de incremento en la demanda por el producto de la yuca procesada. Fuera de Brasil, Africa Occidental e Indonesia (países que tienen el maś alto consumo per capita de yuca) la mayor parte de la yuca es mercadeada en forma fresca. No hay razón para dudar que los productos de yuca procesada no puedan ser una fuente barata de calorías para las zonas urbanas en los otros países tropicales. La promoción de los productos procesados de yuca, se podría extender hasta el uso de la harina de yuca para reemplazar importaciones de cereales para la elaboración de pan. Dado el hecho de que la mayor parte de los países tropicales son importadores netos de trigo, existe un buen márgen para alcanzar un alto grado de suficiencia en producción de calorías en esta zona. La harina de yuca podría ser un producto que reemplazará parcialmente la harina de trigo hasta un nivel del 10% con cambios muy pequeños en la calidad del pan; la suplementación con harina de soya puede asegurar un producto con mayor valor nutritivo, sin embargo, la ventaja económica depende del precio más barato de la harina de yuca en relación con otras harinas importadas.

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

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

---

* PED: Países en Vía de Desarrollo.

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

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

La promoción de la yuca como una fuente de caloría barata ha preocupado a algunos nutricionistas, ya que ésta contiene pocos elementos nutritivos; tambien han habido algunas consideraciones sobre la relación del contenido de HCN de la yuca con la producción del bocio y cretinismo potencial. Estudios mas recientes han unido el consumo de la yuca con el incremento en la excreción de iodine (Delange et al 1976), sin embargo, el efecto tóxico de la yuca para producir el bocio, solamente ha sido reportado en poblaciones que consumen grandes cantidades de yuca y cuyas dietas son deficientes en iodina y aminoácidos sulfúricos. Obviamente en estas poblaciones es muy costoso cambiar el alimento local y la utilización de sal iodinizada es la solución más práctica. Fuera de estas poblaciones no hay evidencia que sugiera la existencia de este problema; en Paraguay y Brasil el consumo per cápita es mayor de 100 kgs. por año y no hay ningun reporte de problemas de toxicidad. Sobre el primer punto, dado el hecho de que la deficiencia de calorías es el principal tipo de mal-nutrición, una fuente barata de calorías es la forma más eficiente para mejorar la dieta calórica de los grupos vulnerables y al aumentar el consumo de calorías también incrementará el impacto nutricional de la dieta proteínica existente (Hegstead, 1978). Es muy raro encontrar en una población que consume alta cantidad de yuca un problema de deficiencia proteínica (Goering, 1979). Las madres lactantes y los niños no alimentados por sus madres siempre exhibirán una particular vulnerabilidad. En resúmen hay una evidencia muy pequeña para sostener que existe una deteriorizaciôm nutricional cuando se incrementa el consumo de la yuca y muchas evidencias que sugieren que en cambio hay un mejoramiento.

Alimentación Animal

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

Alcohol

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

b. Implementación

1. Investigación.

Alimentación humana

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

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

Alimentación animal

Recientemente Nestel y Graham hicieron una revisión de las investigaciones sobre el uso de la yuca en alimentación animal. Las necesidades de investigación más urgentes están en las áreas de los sistemas de alimentación y en los métodos de secamiento de la yuca antes de incorporarla en las dietas balanceadas. Hasta el momento se han obtenido considerables avances en la metodología de secamiento (Tanh y Lohani, 1979; Best, 1979); sin embargo, la tecnología para áreas de alta humedad no ha sido todavía desarrollada. Estas técnicas no deben ser específicas de cada localidad y podrían ser desarrolladas por instituciones, tales como el Instituto Asiático de Tecnología, el Instituto de Productos Tropicales y el CIAT.

Alcohol

Las técnicas para la producción de alcohol en base a yuca han sido desarrolladas por la industria privada y se espera que éstas continúen mejorándolas. El principal obstáculo tecnológico que existe es lograr reducir los requerimientos energéticos para la destilación por el uso de los tallos de yuca como una fuente de energía para el proceso. MacLann y Paince (1978) sugieren que las levaduras del alcohol que incrementan el contenido de etanol en la fermentación de 6 al 12% podrían reducir el requerimiento de vapor en un 30% y la fermentación termofílica de desechos, ejemplo, tallos y desechos fibrosos, pueden producir una mezcla de gas, metanodioxido de carbono que pueden ser usados para calentamiento de hornos. Los requerimientos energéticos podrían reducirse también por la destilación al vacío o por el uso de

CIAT
BIBLIOTECA

filtros moleculares para separar el alcohol del agua. Adicionalmente si se usan las mezclas de alcohol-agua en vez de las mezclas de alcohol-petróleo, el alcohol no necesita ser anidro. Los motores con una alta compresión (14:1) pueden trabajar con alcohol que contenga 10% de agua sin reducir la fuerza producida por unidad de alcohol consumido (Stumpf, 1978). El uso de estas mezclas podrían reducir mucho más los requerimientos de energía para la destilación. Se requiere mayor investigación para desarrollar estas técnicas de tal manera que lleguen a ser comercialmente viables (2).

2. Política

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

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

Primero los gobiernos deben invertir en la investigación para desarrollar nuevas tecnologías de producción de bajo costo. Cuando la nueva tecnología para la producción de yuca esté disponible se requiere una mayor inversión en el proceso de difusión de esta tecnología. Todas las políticas de gobierno deberían estar enforcadas directamente hacia el desmantelamiento del amplio rango de políticas que tienden a subsidiar la importación de los granos en contra de la producción doméstica de yuca y granos.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Para entrar en el mercado del almidón y de la industria de concentrados se requieren rendimientos más altos; sin embargo, si el costo de la mano de obra fuera más bajo (US$ 2 y 4/día para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente), aún con rendimientos bajos, la yuca sería competitiva, especialmente si continúan los precios actuales de los granos. En el caso de la sustitución del petróleo la yuca está llegando a ser competitiva y si los precios del petróleo se incrementaran aún más, la yuca podría ser una alternativa muy importante y muy viable para la situación de los productos importados del petróleo. De estos datos especulativos se puede concluir que si los rendimientos de 15 a 30 ton/ha pueden ser obtenidos para tierras marginales y tierras de primera calidad respectivamente, la yuca inmediatamente pasaría a ser un atractivo producto para reemplazar o complementar los cereales como el arroz en las dietas alimenticias. Como resultado de una investigación concentrada y un esfuerzo de un programa de extensión iniciado por el sector público, los rendimientos podrían incrementarse hasta 25 ton/ha y 40 ton/ha en tierras marginales y en tierras de primera calidad respectivamente, la yuca podría llegar a ser un producto básico o un recurso básico de energía para la alimentación animal y para la sustitución de productos del petróleo.

Tabla I. Rendimiento potencial de yuca bajo diferentes condiciones con buen manejo y variedades mejoradas.
Nota: No hya disponibles variedades mejoradas para todas las condiciones.

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

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

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Cock, J.H. (1974), Agronomic Potential for Cassava Production. In Cassava Processing and Storage. Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, Pattaya, Thailand. 17-19 April, 1974. Ed: E.V. Araullo, B. Nestel and M. Campbell. IDRC-031, Ottawa, Canada. 21-26.

Cock, J.H. (1978), The Physiological basis of yield loss in Cassava due to Pests. In Proceedings Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colom-

bia 7-12 Nov., 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J. C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia, 9-16.

Cock, J.H., D.W. Wholey, J.C. Lozano (1976), A Rapid Propagation System for Cassava. CIAT, Series EE-20. CIAT, Cali, Colombia. 10pp.

Cock, J.H. and R. Howeler (1979), The Ability of Cassava to Grow on Poor Soils. In Crop Tolerance to Suboptimal Conditions. Ed: G.A. Jung. ASA special publication No. 32, 677 South Segoe Rd. Madison, Wisconsin 53711. 145-154.

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

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

Daylrymple, D.G. (1978), Development and Spread of High Yielding Varieties of Wheat and Rice in the Less Developed Countries. USDA-FAER Report No. 95. 134 pp.

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

Díaz, R.O. and P. Pinstrup-Andersen (1977), Descripción Agro-Económica del Proceso de Producción de Yuca en Colombia. CIAT, Cali, Colombia.

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

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

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

FAO (1977), The Fourth World Food Survey. FAO, Rome, 1977. 128 pp.

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

Goering, T.J. (1979), Tropical Root Crops and Rural Development. World Bank Staff Working Paper No. 324. 85 pp.

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

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

Lozano, J. C., J.H. Cock and J. Castaño (1978), New Developments in Cassava Storage. In Proceedings Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, 7-12 Nov., 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti and J. C. Lozano, CIAT, Cali, Colombia. 135-142.

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

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

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

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

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

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

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

Pinstrup-Andersen P., N.R. de Londoño and E. Hoover (1976), The Impact of Increasing Food Supply on Human Nutrition: Implications for Commodity Priority in Agricultural Research and Policy. Amer. J. of Agri. Econ. 58:131-142.

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

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

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

Schuh, G.E. (1978), Approaches to basic needs and to equity that distort incentives to agriculture. In distortions of Agriculture Incentives. Ed: T.W. Schultz. Indiana University Press, Bloomington 307-327.

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

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

Thanh, N.C. and B.B. Lohani (1978), Cassava chipping and drying in Thailand. In cassava harvesting and processing. Proceedings of a Workshop held at CIAT Cali, Colombia, 24-28 April, 1978. IDRC 114e, Ottawa, Canada. 21-25.

Thurston, D. (1978), Summary conclusions and recommendations of proceedings cassava protection workshop. CIAT, Cali, Colombia, 7-12 Nov. 1977. Ed: T. Brekelbaum, A. Bellotti, J.C. Lozano. CIAT, Cali, Colombia, 239-244.

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

Timmer, C.O. and H. Alderman (1979), Estimated consumption parameters for food policy analysis. Paper presented at the American Agricultural Economics Association Summer Meetings, Pullman, Washington, July 1979.

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

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

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

CAPITULO I

MORFOLOGIA Y FISIOLOGIA

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE YUCA.

ASPECTOS FISIOLOGICOS DEL CRECIMIENTO
Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE YUCA.

IC 2016

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE YUCA

Carlos E. Domínguez*
Luis Fernando Ceballos**
Cilia Fuentes

Introducción

La yuca es una de las principales plantas útiles tropicales difundidas en todos los continentes. Existen diversas opiniones acerca del centro de origen de esta especie, se acredita al Africa, al Asia, las Islas del Pacífico, América Central, Mexico, Brasil y la región Amazónica. Otros investigadores se inclinan a admitir más de un lugar de origen, indicando como probables el Brasil, América Central y Mexico. Sin embargo, la mayoría de los botánicos y ecólogos consideran la yuca como una planta originaria de América Tropical, y el Nordeste del Brasil como el más probable centro de origen. La diversidad más amplia del género Manihot se encuentra en el Brasil, Sur-Occidente de Mexico y Guatemala.

Existen evidencias que indican que el área de domesticación de la yuca comprende una extensa región geográfica que abarca desde el Sur de Brasil hasta Mexico; en esa zona la yuca ha sido cultivada desde hace aproximadamente 5.000 años. En el territorio Peruano por ejemplo, estudios arqueológicos indican que la yuca fué cultivada hace 4.000 años por antiquísimas civilizaciones preincaicas.

La distribución de la yuca a otros continentes se inició después del descubrimiento de América. Los Portugueses la llevaron desde Brasil a las Costas Occidentales de Africa en el siglo XI; posteriormente a finales del siglo XVIII la introdujeron por Madagascar y luego por la costa oriental. El hecho de que la introducción al Africa haya sido por ambas costas, explica la existencia de la amplia dispersión de esta especie en el continente Africano.

La introducción al Sureste del continente Asiático ocurrió a principios del siglo XVII por parte de comerciantes españoles. Finalmente, la yuca pasó del Africa a la India aproximadamente en 1800; donde se encuentra extensamente difundida y constituye un renglón importante en la alimentación.

Actualmente la yuca se ha constituido en un cultivo de gran importancia en todas las regiones tropicales del mundo, tanto por el consumo de raíces frescas, es decir como un cultivo de subsistencia, como por su uso agroindustrial.

Taxonomía

Dentro de las jerarquías sistemáticas, la yuca pertenece a la clase Dicotyledoneae, caracterizada por la producción de semilla con dos cotiledones, y a la subclase Archichlamydeae, que se diferencia por el perianto po-

* Agrónomo, Asociado de Capacitación Programa de Yuca, CIAT
** Asistentes de Comunicación, CIAT

co evolucionado; al orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihoteae, género Manihot y especie Manihot esculenta Crantz (Cuadro 1).

CUADRO 1. CLASIFICACION TAXONOMICA DE LA YUCA

Clase :	Dicotyledoneae
Subclase:	Archichlamydeae
Orden :	Euphorbiales
Familia :	Euphorbiaceae
Tribu :	Manihoteae
Género :	Manihot
Especie :	Manihot esculenta Crantz

Puede decirse que el orden Euphorbiales está representado por la gran familia de las Euforbiáceas, constituida por unas 7.200 especies. Las Euforbiáceas se caracterizan principalmente por el notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras que reciben el nombre de galactocitos.

Dentro de la familia Euphorbiaceae se encuentran plantas de porte muy diferente: árboles, arbustos, hierbas y de diversa importancia económica; unas se caracterizan por la producción de latex, (Ej: Hevea brasiliensis) de aceite (Ricinus comunis) o de raíces comestibles, (Manihot spp.) y otras se comportan como malezas (Euphorbia spp.). Existen, además, muchas Euphorbiáceas ornamentales y también medicinales. En el variado conjunto floral de las Euforbiáceas, se encuentran varios tipos de inflorescencias: racimo, panícula y ciatio, principalmente. Las flores son unisexuales y el fruto es trilocular.

Una de las tribus más importantes de la familia de las Euforbiáceas es la Manihoteae, representada por el género Manihot. Las plantas que agrupa este género son arbustos o hierbas de porte alto.

Dentro del género Manihot se han clasificado alrededor de un centenar de especies, entre las cuáles la única cultivada comercialmente es Manihot esculenta (Crantz), cuyos sinónimos son: Manihot utilissima, Manihot edulis y Manihot aipi. Comúnmente se conoce como yuca, mandioca, cassava, manioc, manioca, tapioca, suahili, mhogo y omowgo.

La yuca es una planta monóica, de ramificación simpodial y porte arbustivo. Según el cultivar y las condiciones ecológicas, su altura varía de 1 a 5 metros, siendo más común encontrar plantas entre 1 y 3 metros.

Dentro de esta especie existen variedades amargas y dulces, según su contenido de ácido cianhídrico. El número de cromosomas de la especie es 2N=36, y no es común que se presente la poliploidia.

Las características botánicas de M. esculenta muestran una amplia variabilidad, que indica un alto grado de hibridación interespecífica, por lo tanto existen numerosos cultivares de esta especie, los cuáles se distinguen en base a características morfológicas, tales como altura de la planta, tamaño, forma y color de la hoja; tamaño, forma y color de las raíces, etc.

Descripción Morfológica

Los caracteres morfologicos de las plantas se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables; los constantes son aquellos que tipifican el taxon, es decir la especie o la variedad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y pueden ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.

La gran cantidad de genotipos de yuca cultivados comercialmente y la diversidad de ambientes ecológicos en los cuáles se encuentra sembrada la yuca, dificultan una descripción precisa de los caracteres morfológicos, respecto a los cuáles se debe tener siempre presente la interacción del genotipo (variedad) y de las condiciones ambientales donde éste se desarrolla.

Hojas

Las hojas de la planta de yuca, al igual que las de cualquier otra planta, son los órganos en los cuáles, mediante el proceso fotosintético, se transforma la energía radiante del sol en energía química. El número total de hojas producidas, su tasa de producción y longevidad son características varietales que varían según las condiciones ambientales.

En la yuca las hojas se forman a partir de los meristemas axilares localizados en los nudos del tallo, y están dispuestas en forma de espiral según la filotaxia 2/5. Este tipo de filotaxia indica que la hoja 1 está exactamente superpuesta a la hoja 6. Partiendo de la hoja 1 hay que dar dos vueltas alrededor del tallo para alcanzar la 6 encontrándose 5 hojas en las dos vueltas, sin contar la hoja 1.

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. La lámina foliar es palmeada y lobulada. Según el cultivar, las hojas maduras son de diferentes colores; morado, verde oscuro y verde claro, son los colores básicos.

El número de lóbulos, por lo general impar, entre 3 y 9, varía según la variedad; puede variar también en hojas de una misma planta. Los lobulos miden entre 4 y 20 cm de longitud y entre 1 y 6 cm de ancho. Los lóbulos centrales son de mayor tamaño que los laterales.

En el CIAT se han tomado 3 denominaciones básicas para identificar la forma de los lóbulos: lineal o recta, abovada y pandurada; sin embargo, en otras instituciones tienen una clasificación más amplia que incluye además las formas: elíptica, laceolaca y oblongolanceolada (Fig. 1).

Las hojas que la planta produce entre el primero y cuarto mes después de la siembra, son de mayor tamaño que las hojas que la planta desarrolla entre el cuarto mes y la cosecha (Fig. 2). Existen marcadas diferencias entre variedades en cuanto al tamaño de las hojas.

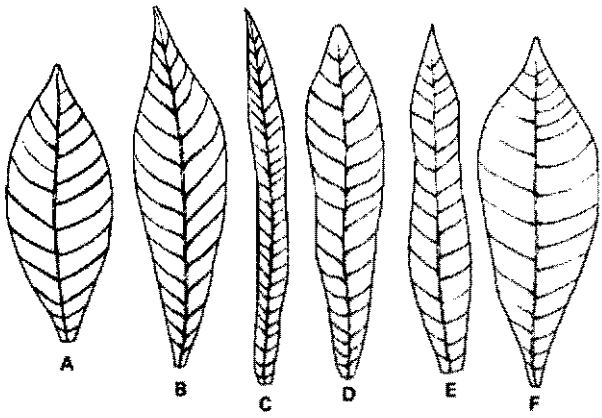


Fig. 1. Formas de lóbulos (A) Elíptica, (B) Lanceolada, (C) Recta o lineal, (D) Oblongolanceolada, (E) Pandurada, (F) Abovada (tomado de: Catálogo de la colección de yuca Manihot esculenta Crantz del CATIE, 1980).

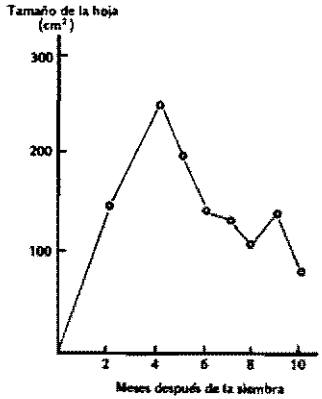


Fig. 2. Tamaño de las hojas de la variedad M Col-72 en diferentes edades de la planta.

Las hojas maduras son glabras, es decir carecen de pubescencia. La haz de la hoja está cubierta por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco. En el envés se encuentran localizados la mayoría de los estomas; sin embargo, algunas variedades también tienen una cantidad significativa de estomas en la haz.

El color de las nervaduras, de verde a morado, es otra característica varietal y puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja.

Los pecíolos de las hojas varían entre 9 a 20 cm de longitud, son delgadas y de diferente pigmentación, entre verde (pigmentación ausente), y morada (pigmentación intensa). No siempre el color del pecíolo es igual al de las nervaduras.

Cada hoja está rodeada de 2 estípulas de aproximadamente 0.5 a 1 cm de largo, las cuáles permanecen o nó adheridas al tallo una vez que la hoja se desarrolla completamente.

Inflorescencia

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

Normalmente la polinización en la yuca es cruzada; de ahí que sea una planta altamente heterocigota. Esta polinización se realiza básicamente por la acción de los insectos.

En una misma inflorescencia, las flores femeninas abren primero que las masculinas, una o dos semanas antes; esto se conoce con el nombre de protoginia. También sucede que flores masculinas y femeninas de la misma planta pero de distinta ramificación abren al mismo tiempo.

En la yuca se encuentra una variación de arreglos estructurales de la inflorescencia que tienen como unidades básicas el racimo y la panícula, estructuras que se combinan originando diversas formas (Fig. 3):

1. Grupo de racimos

2. Grupo de racimos y/o panículas que rodean una panícula central. Por lo general la panícula central es sobresaliente.

La inflorescencia, por lo general, se forma en el punto de inserción de las ramificaciones reproductoras; también pueden encontrarse inflorescencias formadas en las axilas de las hojas de la parte superior de la planta (Fig.4).

Comúnmente las flores femeninas están localizadas en la parte basal de la inflorescencia, con preferencia en la parte inferior de los racimos o de las panículas; las masculinas se agrupan en la parte superior (Fig. 5).

Cuando la inflorescencia posee una panícula central, esta se compone en su gran mayoría por flores masculinas, y las pocas flores femeninas se en-

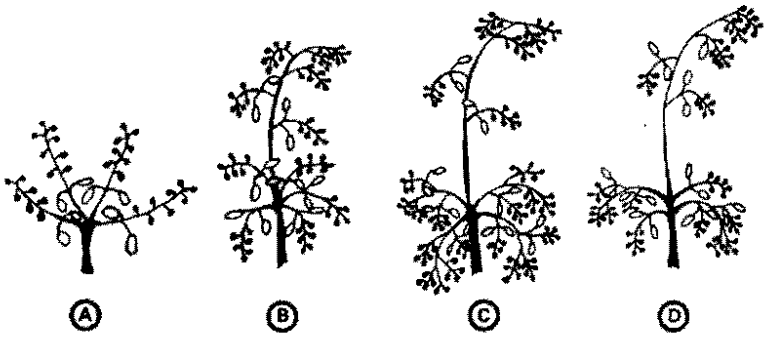


Fig. 3. Arreglos estructurales de la inflorescencia. (A) Grupo de racimos, (B) Grupo de racimos que rodean una panícula central, (C) Grupo de panículas que rodean una panícula central, (D) Grupo constituído por racimos y panículas que rodean una panícula central.

cuentran también en la parte inferior de la panícula. Se presentan casos en que la panícula central esté compuesta sólo por flores masculinas.

En un racimo se distinguen las siguientes partes (Fig. 6):

- Flores femeninas: dispuestas en posición opuesta, su número varía entre uno y tres.

- Flores masculinas: de menor tamaño y más numerosas que las femeninas, están dispuestas en posición alterna.

- Pedúnculo: es el eje inferior del racimo.

- Raquis floral: eje superior del racimo a partir de la primera inserción floral, siendo una continuación del pedúnculo.

- Pedicelo: parte cilíndrica que une el disco basal de una flor al eje del racimo.

- Cada flor, masculina o femenina, tiene una bráctea primaria y una bracteola, órganos foliáceos que se presentan en las inflorescencias y permanecen o no adheridos una vez las flores se desarrollan.

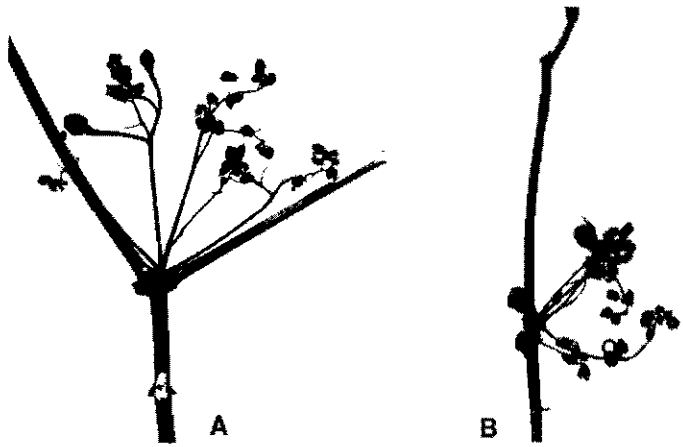


Fig. 4. (A) Inflorescencia formada en el punto de inserción de las ramificaciones reproductoras. (B) Inflorescencia formada en la axila de una hoja.

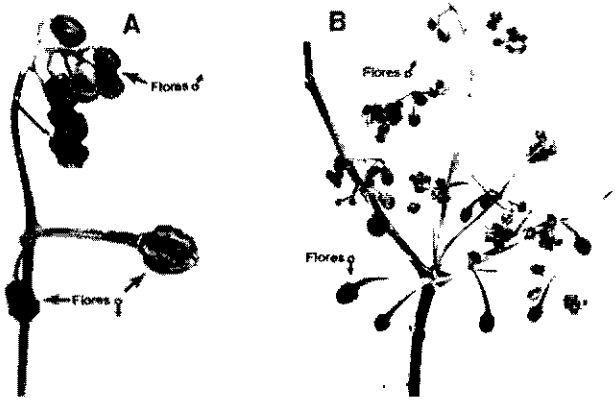


Fig. 5. Localización de las flores femeninas y masculinas en (A) una inflorescencia y (B) en un racimo

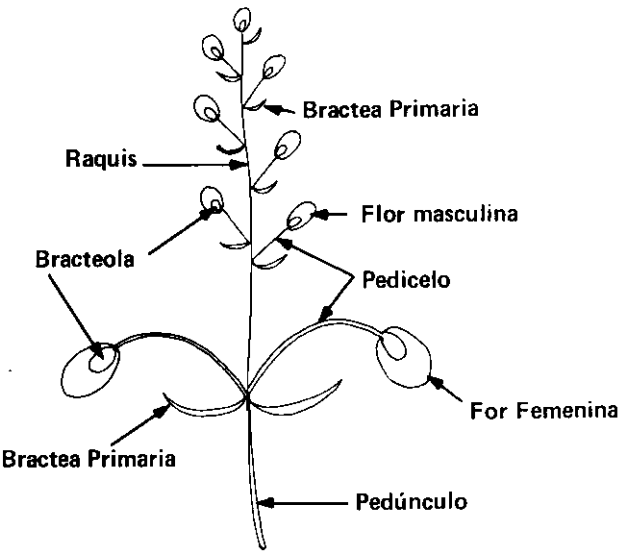


Fig. 6. Componentes de un racimo.

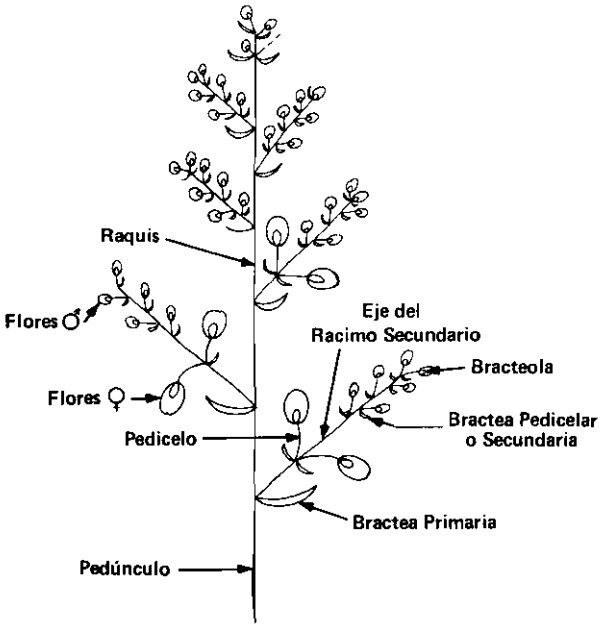


Fig. 7. Componentes de una panícula.

La panícula, desde el punto de vista botánico, se considera como un racimo de racimos, es decir una recimo principal compuesto de racimos secundarios. En la panícula se distinguen las siguientes partes (Fig. 7):

- Pedúnculo, raquis, brácteas primarias, brácteas pedicelares o secundarias, ejes de los racimos secundarios, pedicelos y flores.

Flor Masculina y Femenina.

Las flores no tienen cáliz ni corola, sino una estructura indefinida denominada perianto, compuesta de cinco tépalos de color amarillo, rojizo o morado, los cuáles en la flor femenina se encuentran separados hasta la base, lo que no sucede en la masculina.

La flor masculina es de aproximadamente la mitad del tamaño de la flor femenina, tiene el pedicelo recto y muy corto; mientras que el de la flor femenina es más grueso y largo.

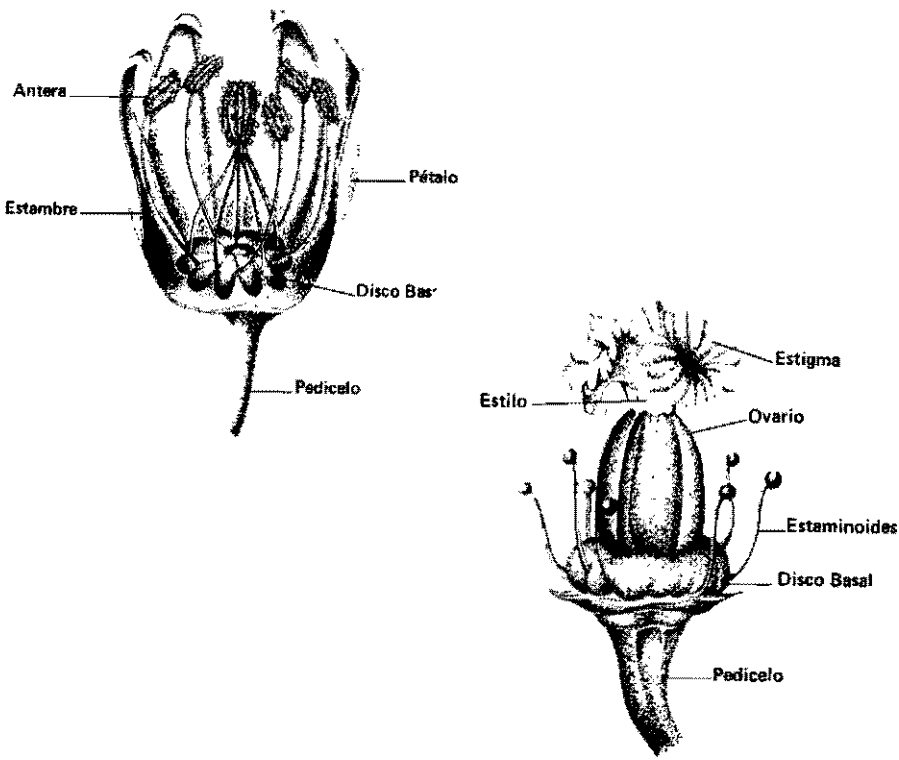


Fig. 8. Flor masculina (A) y femenina (B).

En el interior de la flor masculina se encuentra un disco basal dividido en 10 lóbulos. En el centro del disco se observa un rudimento de ovario. De los espacios entre los lóbulos del disco basal nacen, dispuestos en dos series, los 10 filamentos que sostienen las anteras; de estos filamentos 5 son externos, separados y más largos que los internos, y al unirse forman un conjunto de anteras. Sobre elos filamentos se encuentran las anteras que tienen forma elongada, y están inclinadas hacia la parte central de la flor (Fig. 8A)

La flor femenina tiene en su interior un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual descansa sobre la pared central del ovario. En algunas variedades se observan estaminoides provenientes de los lóbulos glandulares del disco basal. El ovario es súpero, dividido en 3 lóculos que contienen cada uno un óvulo individual. Sobre el ovario se encuentra un estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de 3 lóbulos ondulados y carnosos (Fig. 8B).

Las flores masculinas una vez que producen el polen por lo general se desprenden del racimo floral, mientras que las femeninas que han sido fecundadas permanecen en la planta para convertirse en frutos.

Fruto

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

El fruto es una cápsula dehiscente y trilocular de forma ovoide o globular, de 1 a 1.5 cm de diámetro, con 6 aristas longitudinales, estrechas y prominentes.

Al hacer un corte transversal se observan una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpo, mesocarpo y endocarpo (Fig. 9).

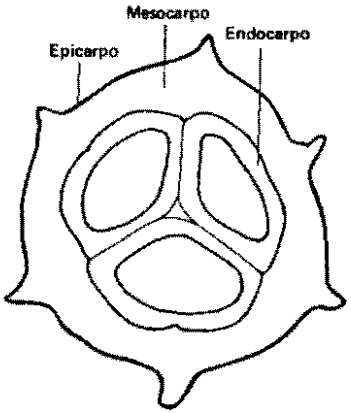


Fig. 9. Sección transversal del fruto de la yuca y tejidos que lo componen.

El endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco para liberar y dispersar las semillas. Al madurar la semilla el epicarpo y el mesocarpo se secan.

La dehiscencia del fruto de la yuca es biscida, o sea, es una combinación de dos tipos de dehiscencias: septicida y loculicida.

La dehiscencia septicida se produce en el fruto cuando sus diseptimentos se hienden por un plano paralelo a los mismos, que los divide en dos, como tales diseptimentos proceden de la soldadura de las paredes de dos carpelos contiguos, esta manera de abrirse no hace sino disolver lo que antes quedó unido, y si nó interviniera ninguna otra forma de deshiscencia, dichos carpelos se separarían conservando toda su integridad (Fig. 10A). No suele ocurrir así, antes al contrario, la dehiscencia septicida acostumbra a presentarse con alguna otra manera de abrirse el fruto, que en el caso del fruto de la yuca se combina con la dehiscencia loculicida.

Con la dehiscencia loculicida las hendiduras se originan a lo largo de los nervios medios de los carpelos, de forma tal que si éstos son cerrados y por ende el fruto tiene varias cavidades, estos quedan destruídos con este tipo de dehiscencia (Fig. 10B).

Por lo tanto, al combinarse los dos tipos de dehiscencia (septicida y loculicida), el fruto se abre en seis valvas, como se ilustra en la (Fig. 10C).

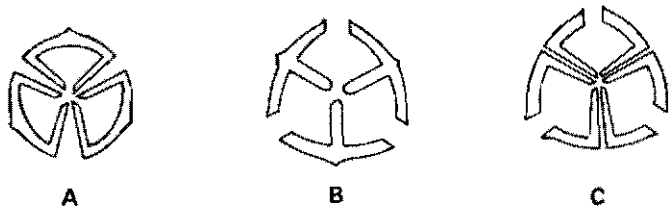


Fig. 10. Deshiscencia septicida (A), deshiscencia loculicida (B), y (C) combinación de las dehiscencias septicida y loculicida, forma de dehiscencia del fruto de la yuca.

Semilla

La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y por consiguiente es de incalculable valor en el mejoramiento genético del cultivo.

La semilla es de forma ovoide-elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteado gris. En la parte superior se encuentra, especialmente en semillas nuevas, la carúncula, estructura que se pierde una vez que la semilla ha caído al suelo. El extremo opuesto a la carúncula termina en una pequeña cavidad. De la carúncula sale una sutura que termina en la cavidad basal.

En la Fig. 11 se puede observar los constituyentes internos de la semilla en tres cortes (transversal, longitudinal y ventral).

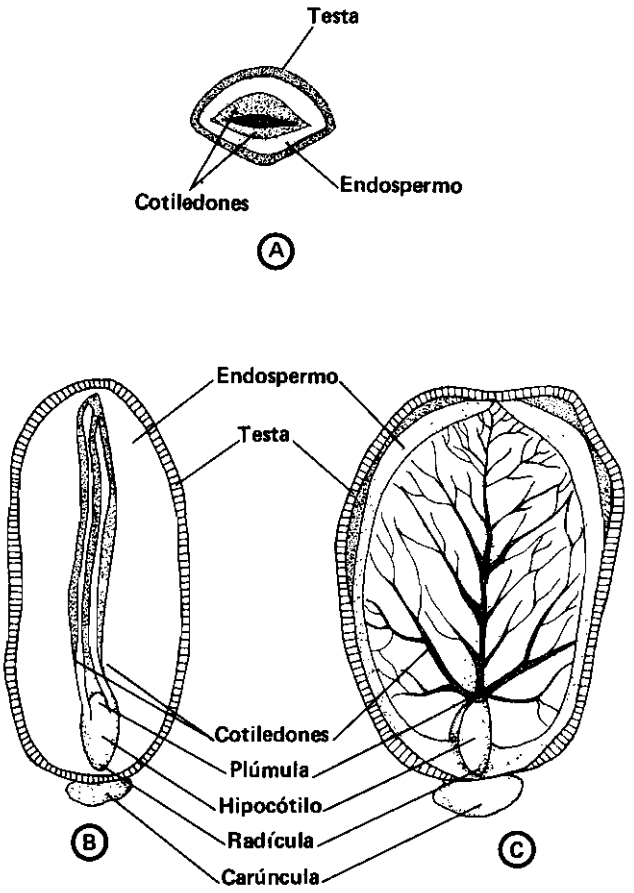


Fig. 11. Constituyentes de la semilla de yuca que se observa en: (A) Sección transversal, (B) Sección longitudinal, y (C) Sección ventral.

Testa.

Es la parte más externa de la semilla.

Endospermo.

Situado inmediatamente después de la testa y está formada por células parenquimatosas poliédricas; es el tejido que forma los cotiledones y tiene como función proteger el embrión y proporcionar las reservas nutritivas. La parte interna de los cotiledones está en contacto con las hojas primarias o cotiledonares.

Embrión.

Formado por las dos hojas cotiledonares, la plúmula, el hipocotilo y la radícula. Las hojas cotiledonares ocupan casi todo el interior de la semilla; son blancas, elípticas y carnosas.

Tallos

Los tallos son el medio para la multiplicación asexual de la especie al servir como "semilla" para la producción comercial de la yuca.

El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2 a 6 centímetros. Tanto el grosor del tallo como el color, varían de acuerdo a la edad de la planta y a la variedad. Se presentan tres colores básicos del tallo maduro: plateado o gris, morado y amarillo.

Los tallos están formados por la alternación de nudos y entrenudos. En las partes más viejas del tallo se observan algunas protuberancias que marcan en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. El nudo es el punto en que una hoja se une al tallo y el entrenudo es la porción del tallo comprendida entre dos hojas sucesivas. En el nudo se insertan el pecíolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales.

El largo de los entrenudos en el tallo principal es muy variable, porque depende además de la variedad, de otros factores, tales como: la edad de la planta, una sequía, un ataque de insectos, etc.

Una planta proveniente de material vegetativo, es decir de una estaca, puede producir tantos tallos primarios cuantas yemas viables tenga la estaca. En algunas variedades con fuerte dominancia apical sólo se desarrolla un tallo (Fig. 12). Otros factores que determinan el número de tallos primarios, además de la variedad son: las condiciones del material de siembra, el tamaño y la posición en que se siembra la estaca.

El tallo produce dos tipos de ramificaciones: las ramificaciones reproductoras y las ramificaciones laterales. De estos dos tipos de ramificaciones, la ramificación reproductora constituye el caracter varietal más estable.

Ramificaciones Reproductoras.

La yuca es una planta de ramificación simpodial, cuyo tallo o tallos principales se ramifican en dicotomía, tricotomía o tetracotomía (Fig. 13), originando ramas secundarias, las cuáles a su vez dan origen a otras ramificaciones sucesivas. Estas ramificaciones son inducidas por una floración, por lo cual han sido llamadas "Ramificaciones Reproductoras".

Sin embargo, las ramas secundarias o reproductoras se desarrollan produciéndose o nó la inflorescencia. El momento en el cual se producen estas ramificaciones y los factores que la controlan, aún no están totalmente determinados.



Fig. 12. Tallos de plantas adultas, provenientes de estacas que produjeron (A) uno, (B) dos y (C) tres tallos primarios.

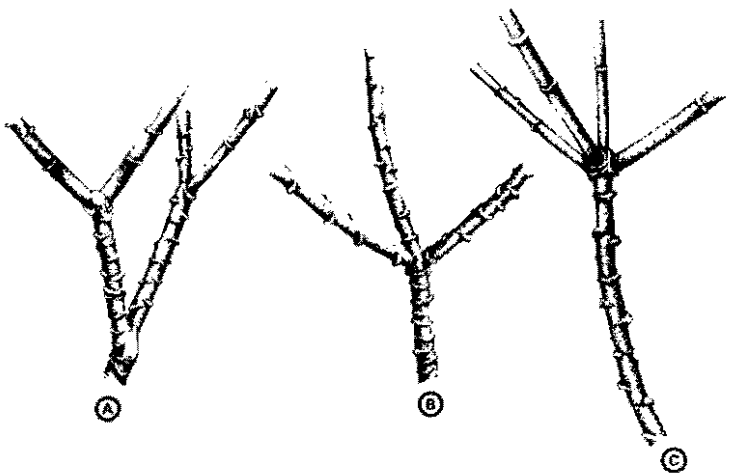


Fig. 13. Ramificación del tallo principal en (A) dicotomía, (B) tricotomía y (C) tetracotomía.

El patrón de ramificación de la planta de yuca varía en los distintos cultivares. En algunos, una vez que el tallo principal se ha desarrollado produce simultáneamente, por ejemplo, tres ramas, cada una de éstas produce también tres ramificaciones simultáneas y así sucesivamente. En otros cultivares el patrón de ramificación no es tan regular.

Otras características importantes de la ramificación son la altura de la primera ramificación y el ángulo formado entre las ramas de la primera ramificación con el tallo central. Esta última característica determina el hábito de ramificación que varía desde decumbente u horizontal (± 90°), hasta erecta (25°) (Fig. 14).

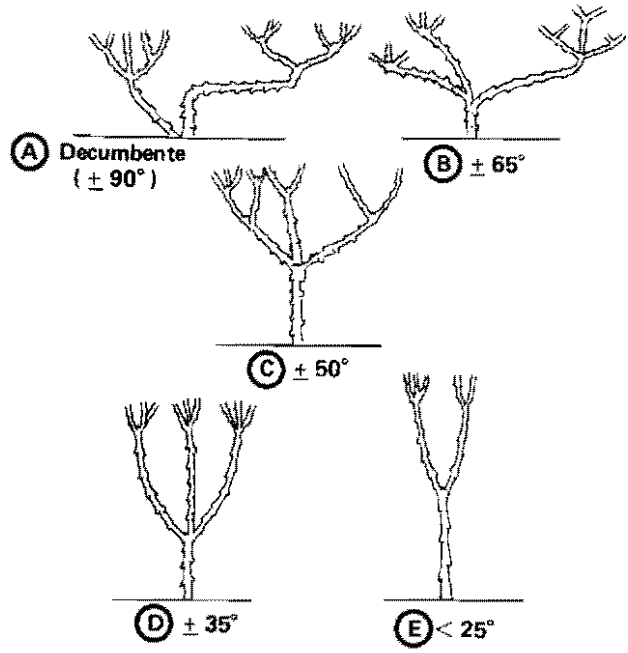


Fig. 14. Hábitos de ramificación (tomado de: Catálogo de la colección de yuca Manihot esculenta Crantz del CATIE, 1980).

Ramificaciones Laterales.

Las ramificaciones laterales son esporádicas y dependen del número de plantas/ha, de las condiciones climáticas y del cultivar. Son ramas o chupones provenientes de las yemas axilares de las hojas del tallo principal; generalmente estas ramas son más delgadas que el tallo principal, con entrenudos más largos y hojas pequeñas.

Se presenta también otro tipo de ramificaciones cuando se ocasionan daños a las yemas terminales tales como los producidos por la mosca del cogollo

(Silva pendula), o por un ataque de trips: las yemas axilares se desarrollan originando ramificaciones.

La estructura interna del tallo de la planta de yuca es típica de las plantas dicotiledóneas. La primera capa es la epidermis, debajo de la cual está la corteza y a continuación está la capa leñosa. El centro del tallo está ocupado por una médula prominente compuesta de células parenquimatosas. A medida que el diámetro del tallo aumenta, se acumulan grandes cantidades de xilema que le dan al tallo maduro una consistencia leñosa.

Sistema Radical

Las raíces de la planta de yuca tienen como característica principal la capacidad de almacenamiento de almidones, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico.

El sistema radical de la planta de yuca tiene una baja densidad de raíces pero una penetración profunda, lo cual le da a la planta capacidad para resistir períodos largos de sequía. Hasta la fecha se ha encontrado que las raíces fibrosas de la yuca pueden penetrar alrededor de 2 y medio metros.

Las plantas provenientes de semilla sexual desarrollan una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. Parece ser que la raíz primaria siempre se convierte en raíz tuberosa y es la primera en hacerlo.

En las plantas provenientes de material vegetativo las raíces son adventicias; se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca que se convierte en una callosidad y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo tierra; estas raíces al desarrollarse forman un sistema fibroso. Posteriormente, algunas de ellas inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas.

La planta absorve el agua y los nutrimentos por medio de las raíces fibrosas y aparentemente todas estas raíces tienen esa capacidad, la cual disminuye considerablemente cuando se vuelven tuberosas. Solamente unas pocas raíces fibrosas en cada planta, por lo general menos de diez, se vuelven tuberosas de manera tal que la mayoría de las raíces fibrosas permanecen y continúan en su función de raíces alimentadoras. El número de raíces tuberosas generalmente se determina en las primeras etapas de crecimiento del cultivo.

Las raíces tuberosas de la yuca son morfológicas y anatómicamente idénticas a las raíces fibrosas, pero la diferencia esencial radica en que la polaridad del crecimiento de la raíz cambia de longitudinal a radial cuando se inicia la acumulación de almidones. Sin embargo, esto no implica que la raíz no siga creciendo longitudinalmente.

Como se mencionó anteriormente, las raíces tuberosas de la yuca provienen del engrosamiento secundario de las raíces fibrosas. Esto significa que la penetración al suelo del sistema radical la efectúan raíces delgadas y solamente después de esa penetración se inicia el engrosamiento.

Componentes Externos e Internos.

Externamente, las partes que se distinguen en el sistema radical de una planta adulta de yuca son: Las raíces tuberosas, las cuáles terminan en una raíz fibrosa; en la parte superior nace del cuello el pedúnculo, mediante el cual las raíces tuberosas se unen al tallo. El otro tipo de raíces que se distinguen como se había mencionado son las fibrosas (Fig. 15).

El pedúnculo es de tamaño muy variable, desde muy corto y considerado como sesil (1 cm de longitud) hasta largo (de 8 cm de longitud). La profundidad a la cual se siembre la estaca afecta la longitud de este pedúnculo, que es más largo cuando la profundidad de siembra es mayor.

Tejidos que componen una raíz tuberosa: La raíz tuberosa de la yuca está compuesta de tres partes esenciales: La cáscara, la pulpa y las fibras centrales (Fig. 16).

La Cáscara.

Está formada por el peridermo y la corteza. El peridermo está compuesto por células de corcho muertas que envuelven la superficie de la raíz. A medida que la raíz aumenta en diámetro la continuidad de las capas celulares se rompe, lo que causa fisuras longitudinales que caracterizan la superficie de la raíz de la yuca. Sin embargo, otras células de corcho se agrupan detrás de estas fisuras restableciendo el tejido.

Los colores básicos del peridermo son blanco o crema, café claro y café oscuro, siendo este último el color más común. La superficie puede ser rugosa o lisa. Estos caracteres son de los más estables en las variedades.

Debajo del peridermo se encuentra la corteza o capa cortical, que tiene 1 a 2 mm de espesor y es de color variable (blanco, crema o rosado). En esta capa encuentran comprimidos los tejidos del floema que contienen glicósidos cianogénicos, responsables de la formación del ácido cianhídrico. También se encuentran los canales laticíferos, especialmente en las raíces jóvenes. Enseguida de la corteza y separando la pulpa está el cambium.

La Pulpa.

Es la parte utilizable de la raíz, es una masa sólida compuesta principalmente por tejido secundario del xilema derivado del cambium, cuyas células contienen almidón en abundancia en forma de gránulos redondos de tamaño desigual.

Las Fibras Centrales.

En el centro de la raíz hay filas de vasos duros de parénquima de xilema, los cuáles forman las fibras centrales de la raíz, cuya dureza, longitud y anchura son características varietales.

Forma y Tamaño de las Raíces Tuberosas.

La forma y tamaño de las raíces tuberosas es muy variado. Algunas variedades siempre producen raíces grandes o pequeñas; sin embargo, en este aspec-

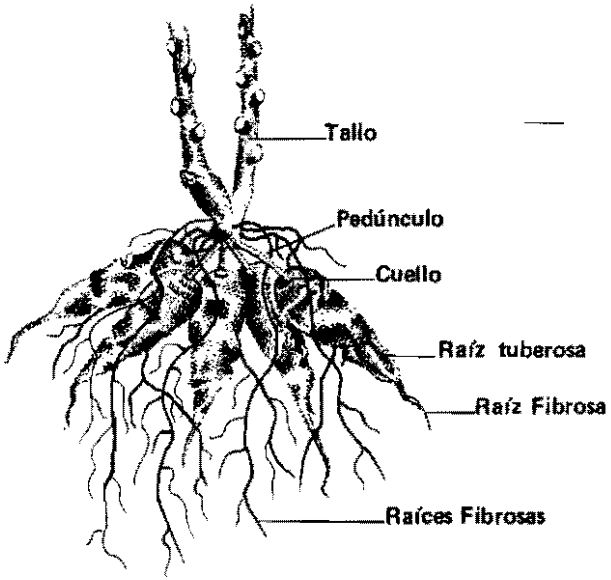


Fig. 15. Componentes del sistema radical de la yuca.

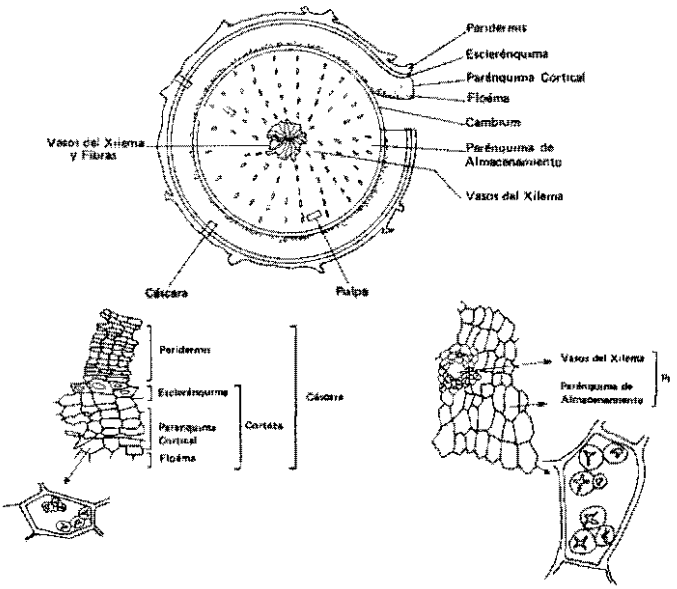


Fig. 16. Tejidos que componen una raíz tuberosa de yuca.

to tienen marcada influencia las condiciones en que la planta se desarrolle.

En cuanto a la forma en el CIAT se han considerado tres formas básicas: cilíndrica, fusiforme y cónica, en otras instituciones consideran formas intermedias entre estas como la cilíndrica-cónica.

Distribución de las Raíces.

En la distribución de las raíces, además del factor varietal,es evidente la influencia de la posición en que la estaca sea sembrada y del ángulo de corte de la estaca. Estacas sembradas verticalmente producen raíces alrededor de la callosidad que se forma en el extremo inferior de la estaca; algunas raíces provenientes de yema laterales de la estaca también pueden convertirse en raíces tuberosas. Cuando la posición de siembra es inclinada, las raíces tuberosas también tienden a formarse en la callosidad, pero como en el caso anterior, otras raíces pueden emerger de las yemas laterales que están bajo tierra. Si la estaca se siembra horizontalmente las raíces tuberosas se distribuyen a lo largo de la estaca, porque se forman en las yemas laterales y en ambos extremos de la estaca (Fig. 17).

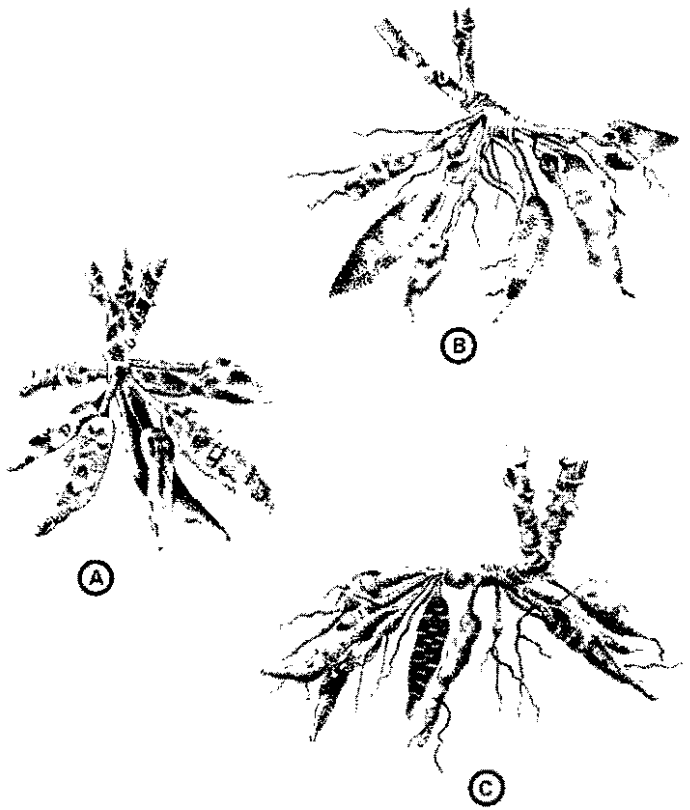


Fig. 17. Distribución de las raíces según la posición de siembra de la estaca. (A) vertical, (B) inclinada y (C) horizontal.

Según el ángulo de corte de la estacas, si el corte es recto se producen raíces distribuidas alrededor de éste; si el corte es en bisel, las raíces se concentran en el extremo inferior del corte.

Contenido de Acido Cianhídrico

La yuca contiene un glucósido cianogênico llamado linamarina, el cual en presencia de enzimas (linamaraza) y de ácidos, se hidroliza originando ácido cianhídrico en dosis que pueden ser desde inocuas hasta mortales. La reacción que se produce es la siguiente:

$C_{10}H_{17}O_6N$ + H_2O $C_6H_{12}O_6$ + $(CH_3)_2$ + HCN

Linamarina Glucosa Acetona Acido Cianhídrico

Al ácido cianhídrico se halla en mayor concentración en la corteza de la raíz; también se encuentra pero en menores cantidades en las hojas y en otros organos de la planta (Cuadro 2).

CUADRO 2. CONTENIDO DE HCN EN DIFERENTES ORGANOS DE PLANTAS DE YUCA (mg/kg de materia fresca) (TOMADO DE: EMPRESA BRASILEIRA DE ASISTENCIA TECNICA E EXTENSAO RURAL, 1979. MANUAL TECNICO, SERIE No. 8).

Organos	Yuca Dulce	Yuca Amarga
Hojas Adultas	16	41
Tallos Verdes	14	24
Tallo leñoso, adulto	43	113
Médula del tallo	19	26
Raíz (pulpa)	4	53

Las condiciones ambientales pueden afectar el contenido de ácido cianhídrico, haciendo que un cultivar dulce proveniente de una determinada zona, se torne amargo en otra región.

Aunque anteriormente se clasifican botánicamente las variedades de yuca como dulces y amargas de acuerdo al contenido de ácido cianhídrico, actualmente esto no se usa pues no hay estabilidad en el contenido de este ácido. Variedades que tengan un contenido mayor de x ppm de ácido cianhídrico son consideradas como amargas y para ser usadas en la alimentación tanto humana como animal, deben pasar por un tratamiento de eliminación del ácido cianhídrico.

BIBLIOGRAFIA

1. BOULOS, N.N. Hydrogen Cyanide content of Cassava Root. Food Research Centre, Shambat. p.o. 94-96. s.f.

2. CATIE, 1981. Catálogo de la Colección de Yuca (Manihot esculenta Crantz) del CATIE. 40 p. (fotocopiado).

3. CARVALHO, U.D., de y J.G. de CARVALHO. 1979. Principios tóxicos da mandioca. Ing. Agr., Belo Horizonte, 5 (59/60) Nov./Dic. pp. 82-87.

4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1981. Morfología de la Planta de Fríjol Común (Phaseolus vulgaris L.). Cali, Colombia. Serie 04SB-09.01 - 2a. Edición. 50p (Unidad Audiotutorial)

5. DE VARELA G. 1960. Industrialización de la Yuca. Tesis para optar el título de Ing. Quim. Univ. Nac. de Colombia. p.p. 1-15.

6. EMBRATER. 1979. Manual Técnico: Cultura de Mandioca Brasilia. Manual No.8 158p.

7. FONT QUER, P. 1977. Diccionario de Botánica. Editorial Labor, Barcelona. 1244 p.

8. GOLA, G.; G. NEGRI y C. CAPPELLETTI. 1965. Tratado de Botánica. 3a. Edición. Trad. por P. Font Quer. Editorial Labor, Barcelona. 1160 p.

9. HUTCHINSON, J. 1969. Traslim in the family Euphorbiaceae. Amer. Jor. Bot. 96(7): 738-758.

10. NARTEY, F. 1978. Manihot esculenta (Cassava): Cyanogenesis, ultrastructure and Seed Germination. Munks Gaard, Copenhagen. p.p. 17-27.

11. ONWUEME, I.C. 1978. Cassava. In. The Tropical Tuber Crops. Chichester, England, John Wiley & Sons, 1978. p.p. 109-163.

12. PEREIRA, S.C. y CARVALHO D.A., de. 1979. Botanica da mandioca (Manihot esculenta Crantz). Ing. Agrop. Belo Horizonte, 5(59/60) Nov./Dic.

13. ROBBINS, W.W.; T.E. WEIR y C. R. STOCKING. 1970. Botánica. Editorial Limusa. Wiley, S. A. Mexico, D.F. 608 p.

14. ROGERS, D.J. y FLEMING, H.S. 1973. A monograph of Manihot esculenta with an explanation of the taximetrics methods used. Economic Botany Vol. 27: 1-113.

15. WEIER, T.C.;C.R. STOCKING y M.G. BARBOUR. 1974. Botany: An introduction to Plant Biology. John Wiley and Sons. 693 p.

102017

ASPECTOS FISIOLOGICOS DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE YUCA

James H. Cock*

Introducción

La yuca es un arbusto de crecimiento perenne, que se caracteriza por sus raíces amilaceas. Se encuentra entre los 30° de latitud Norte y Sur. Cerca al Ecuador crece a altitudes hasta de 2.300 m y a altitudes menores cuando se aparta de este. Generalmente se cultiva en zonas tropicales de suelos pobres donde la precipitación es mayor de 750 mm, por año. El ciclo de crecimiento (siembra a cosecha) depende de las condiciones ambientales, siendo más corto (9 meses - 1 año) en áreas más cálidas y más largo (hasta 2 años) en regiones más frías o más secas.

La yuca es la cuarta fuente energética de importancia producida y consumida en los trópicos (Tabla 1). Aproximadamente el 65% de la producción total se usa para consumo humano, y el 19% para alimentación animal en los países en desarrollo o para exportación a la Comunidad Económica Europea. Aproximadamente el 5% se emplea para uso industrial y el sobrante se pierde (datos extractados de FAO, 1980). La producción total mundial fué estimada en 118 millones de toneladas en 1980, con 45.4 millones de toneladas en Africa, 41.0 millones en Asia y 30.7 millones en América del Sur, con un promedio de producción de 8 t/ha aproximadamente.

La yuca es un cultivo relativamente nuevo, sin embargo el área exacta de su domesticación original no es bien conocida. Los Centros de diversificación de Manihot spp. son un centro primario en Brasil y uno secundario en Mesoamérica. Renvoise (1973) opina que la yuca dulce puede haber sido domesticada en Mesoamérica y la yuca amarga en la parte septentrional de América del Sur (la yuca dulce tiende a tener un bajo contenido de ácido cianídrico en comparación con la yuca amarga), sin embargo no hay una definida discontinuidad entre los tipos dulces y amargos.

En la época en que los Españoles llegaron a las Américas, la yuca se encontraba distribuída en todas las tierras bajas de las zonas tropicales; después se diseminó primero en Africa y luego en Asia, siendo ahora ampliamente cultivada fuera del hemisferio de su origen. La yuca fué introducida primeramente en la Cuenca del Congo en el año 1558 por los Portugueses y luego distribuida rápidamente en lo que ahora es Angola, Zaire, Congo y Gabón, y más tarde dentro de Africa Occidental (Jones 1959). Introducciones separadas fueron hechas en la costa Oeste de Africa y Madagascar en el sigo XVIII y después se generalizó el cultivo por todas las zonas bajas tropicales (Jones, 1959). La yuca fué probablemente introducida al Asia en el siglo XVII y definitivamente se cultivó en Indonesia en 1740. A fines del siglo XIX el cultivo se propagó en todas las zonas bajas de Asia tropical y Oceania.

---

* Fisiologo y Coordinador del Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.

La yuca (Manihot esculenta Crantz) pertenece a la familia Euphorbiaceae, tribu Manihoteae, subfamilia Crotonoideae (Viegas 1976), (en la literatura más antigua se conoce como M. utilissima). M. esculenta nunca se ha encontrado silvestre y existe solamente como especie cultivada. Hay sin embargo un gran número de Manihot spp. silvestres, con las que M. esculenta puede cruzarse. De otras especies la única de importancia económica es Manihot glaziovii, (Ceará rubber), la cual es usada solamente en escala limitada para la producción de latex, en Brasil y como base para injertos con M. esculenta en el sistema Mukibat en Indonesia.

Propagación

La yuca puede propagarse por medio de estacas o semilla sexual. En todas las siembras comerciales se usan estacas, pero la propagación por semilla es importante para programas de mejoramiento. Poco se sabe acerca de la floración y parece que algunos clones nunca florecen. Hay evidencia de que la yuca florece mejor en temperaturas intermedias (aproximadamente 24°C) y que la ramificación está relacionada con el inicio de la floración, la cual es favorecida por días largos en algunos cultivares (Cunha and Conceicao 1975, Keating 1981, Veltkamp com. pers.). Cuando ocurre la ramificación el ápice se vuelve reproductivo, pero el aborto de flores es muy común. Cock y Rosas (1975) encontraron que en días largos el aborto se reduce en algunos clones y se incrementa en otros; Keating (1981) observó una mejor formación de flores en temperaturas día-noche de 28/16°C.

Las semillas de yuca germinan más rápidamente y con mayor porcentaje bajo temperaturas constantes de 35°C, (Ellis y Roberts 1979). Semillas que han estado almacenadas por algún tiempo necesitan una temperatura óptima más baja, sin embargo con semillas frescas o almacenadas el régimen de temperatura recomendado para máxima germinación es una temperatura alternante de 25/35°C (Ellis y Roberts 1979). Agua caliente, remojo, escarificación y remoción de la cubierta de la semilla, no mejoran la germinación (Martin y Ruberté 1976) y la escarificación puede disminuirla, (Mendes 1977). La luz roja y el tratamiento con ácido giberélico (GA_3) incrementan la germinación (Mendes 1977).

Las estacas de yuca pueden sembrarse inmediatamente después de cortadas de plantas maduras o luego de un período de almacenamiento. Las estacas para almacenar, se cortan normalmente en varas (1m o más largas) y colocadas a la sombra por períodos mayores de 6 meses. Durante este período las yemas axilares en la porción apical de las varas brotan pero se descartan antes de la siembra. Las estacas almacenadas regularmente tienen menor porcentaje de brotación, vigor y rendimiento que las provenientes de estacas frescas, no obstante gran parte de este efecto está relacionado con el ataque microbial al material almacenado. Cuando las estacas son tratadas con fungicidas antes del almacenamiento, el porcentaje final de brotación a los 180 días disminuye ligeramente y el rendimiento final aumenta un poco debido al incremento en el índice de cosecha en algunos casos (Tabla 2, D. Leihner, CIAT 1980). Debe tenerse en cuenta que estos resultados fueron obtenidos en buenas condiciones de crecimiento y que bajo condiciones más adversas el menor vigor puede bajar los rendimientos de las plantas provenientes de las estacas almacenadas.

Las estacas para producción comercial normalmente varían entre 10 y 30 cm de largo y provienen de las partes leñosas de las plantas maduras.

Las yemas axilares de estacas verdes también se desarrollan, pero son muy susceptibles al ataque microbial y no son usadas comercialmente, pero pueden ser empleadas para multiplicación rápida de materiales en experimentación o nuevas líneas (Toro, Cock y Roca 1982). El crecimiento inicial de los brotes provenientes de estacas aumenta si hay mayor peso en la estaca (Wholey 1974), pero esto no está necesariamente correlacionado con la producción final (Rosas, com. per). El estado nutritivo de las estacas afecta el desarrollo inicial de los brotes produciendo mayor crecimiento en estacas tomadas de plantas obtenidas de parcelas fertilizadas. Estas diferencias en el crecimiento inicial son suficientes para aumentar rendimientos cuando estas estacas son sembradas en un suelo infertil (Tabla 3, CIAT 1981).

La velocidad de brotación y el vigor inicial de las plantas depende de la variedad usada. Las bases fisiológicas de estas diferencias no son bien comprendidas, sin embargo Wholey (1974) estimó que los clones que producen más raíces de la parte basal del tallo, la cual tiende a estar en la zona húmeda del suelo, puede tener crecimiento más uniforme en la etapa inicial bajo condiciones de campo.

La germinación de las estacas es muy sensible a cambios de temperatura. En un ensayo con doce variedades las estacas de dos variedades solamente alcanzaron 20% de germinación a 16°C y en las demás la brotación fué muy demorada, a bajas temperaturas (Cock y Rosas 1975). La germinación más rápida ocurre a 28.5 - 30°C y se inhibe cuando las temperaturas son superiores a 37 - 39°C o inferiores a 12 - 17°C (Keating y Evenson 1979); el crecimiento más vigoroso de los brotes que salen ocurre a 30 - 32.5°C (Wholey 1974).

Las estacas de yuca se pueden sembrar en posición vertical, inclinada, u horizontal. La mayoría de las yemas axilares de las estacas comienzan a desarrollarse, pero el crecimiento de los brotes en la parte superior suprime el desarrollo de las otras yemas (Wholey 1974). El número de retoños producidos por estaca es mayor cuando se siembran horizontalmente, ya que los efectos de supresión de brotes es menor.

Crecimiento y Desarrollo

Los brotes tienen una marcada dominancia apical y sequencialmente producen nuevas hojas, sin embargo, cuando el apice se vuelve reproductivo se desarrollan de una a seis yemas axilares (normalmente solo 2 o 3) y producen la división o ramificación característica de la yuca (Fig. 1). Los brotes laterales ocasionalmente se desarrollan de yemas axilares en la parte basal del tallo (Fig. 1). Este tipo de ramificación es muy común cuando las plantas se acaman lo que indica que la dominancia apical es dependiente de la posición erecta del tallo principal.

Anatomía de la Hoja y Fotosíntesis

La hoja de la yuca tiene una sola capa de células empalizadas relativamente grande y una capa estrecha y dispersa de mesofilo esponjoso. El tejido vascular está rodeado por un collar de células que contienen abundantes cloroplastos,pero en el tejido empalizado este collar no existe (El-Sharkawy y Cock datos no publicados). Muchos informes sugieren que la planta tiene más estomas en la superficie inferior de la hoja (envés)

y muy pocos o ninguno en la superficie superior (haz) (Tan 1980, Pereira 1977, Connor y Palta 1981), no obstante se han encontrado recientemente clones con cantidades significativas de estomas en la superficie superior de la hoja (El-Sharkawy y Cock, datos no publicados). La densidad de estomas en la superficie inferior de la hoja es alta comparada con la de otros cultivos (entre 400 - 700 mm^{-1}, Pereira 1977, Connor y Palta 1981).

La tasa de fotosintesis en las hojas de yuca y Manihot spp silvestre en mediciones fueron del orden de 15-29 mg CO_2 $dm^{-2}hr^{-1}$(Mahon et al 1977) y 33 mg CO_2 dm^{-2} hr^{-1} en el clon M Col-72; en otros ensayos (CIAT 1977), sin embargo Tan (1980) obtuvo rangos superiores a 45 mg dm^{-2} hr^{-1} en M Col 72. Más recientemente se ha obtenido valores de 40 - 50 mg CO_2 dm^{-2} hr^{-1} utilizando técnicas mejoradas (El Sharkawy y Cock, datos no publicados). Mahon et al (1977) estimó el punto de compensación de CO_2 en 68 ppm y más recientemente El-Sharkawy y Cock (datos no publicados), estimaron este punto cercano a 50 ppm. Además se observó una aparente pérdida de CO_2 por respiración en aire libre de CO_2 y luz intensa; esta información indica un comportamiento fotosintético típico de plantas C-3; sin embargo Pereira (1977) indica que la falta de saturación de fotosíntesis a altas intensidades de luz no es típica de las plantas C-3 y la presencia de cloroplastos en el collar alrededor del tejido vascular es también atípica (El-Sharkawy y Cock datos no publicados).

La tasa de fotosíntesis de hojas individuales cambia poco con la edad de la hoja (Fig. 2) y la temperatura óptima varía entre 20 - 40°C (El-Sharkawy y Cock en imp). La tasa de fotosíntesis es sin embargo extremadamente sensitiva al déficit de presión de vapor entre el aire y la hoja (Fig. 3), (El-Sharkawy y Cock, en imp.). La disminución de fotosíntesis producida por déficits grandes de presión de vapor podría explicarse por la respuesta directa de las estomas a cambios de déficit de presión de vapor entre la hoja y el aire. La hoja palmeada de la yuca está sostenida por pecíolos largos que son normalmente 50% más largos que el lóbulo central de la hoja. Los pecíolos parecen desempeñar un importante papel en la orientación de las hojas para maximizar la intercepción de la luz (El-Sharkawy y Cock, datos no publicados).

Crecimiento de la Hoja

En temperaturas de 24°C o más, las hojas de yuca alcanzan su expansión total aproximadamente a las dos semanas después de iniciar su crecimiento. A temperaturas más bajas el desarrollo es más lento (Cours 1951). Las hojas nuevas totalmente desarrolladas van siendo más grandes hasta los 4 meses de edad de la planta y más pequeñas a partir de esta edad. Sin embargo a bajas temperaturas el tamaño máximo se reduce y el tiempo para alcanzarlo es mayor (Fig. 4, Irikura et al 1979). Esta tendencia es común en todos los clones de yuca estudiados, pero existen grandes diferencias varietales en el tamaño máximo de hoja. Algunos clones tienen áreas máximas de hoja individidual de 800 cm^2/hoja. El tamaño de la hoja se reduce por falta de agua (Connor y Cock 1981) en suelos de baja fertilidad (Parra y Cock datos inéditos, CIAT 1978).

La longevidad foliar puede llegar a 200 días en condiciones de baja temperatura (Irikura et al 1979), pero comúnmente es del orden de 60-120 días. Se han observado grandes diferencias varietales en la longevidad foliar (CIAT 1977). Comúnmente se cree que durante períodos secos las

hojas de yuca se caen, pero parece ser que en períodos secos el área foliar total producida es menor y que la vida de la hoja per se no se reduce (Connor y Cock 1981). No obstante la longevidad foliar es notablemente disminuida por la sombra. Cuando las hojas se someten a períodos de oscuridad de 10 días estas se caen (Rosas y Cock 1975, Cock et al 1979). El efecto de la sombra tiende a reducir los máximos índices de Área Foliar (IAF) obtenibles, pero en Queensland, Australia, durante el verano cuando la radiación solar es muy alta y ocurren días largos se pueden obtener IAF altos (Keating 1981). La abscisión de la hoja resultante de la remoción de la lámina foliar puede ser inhibida con aplicaciones de hormonas (Rosas y Cock 1975) y un fotoperíodo largo puede cambiar el balance hormonal de las plantas suprimiendo así la inducción de abscisión producida por la sombra.

Crecimiento del Tallo

Cada unidad nodal está compuesta por un nudo del cual nace una hoja y un entrenudo. La tasa de producción de nudos en cada rama cambia de aproximadamente un nudo por día en el período de crecimiento inicial hasta una de un nudo por semana en plantas de un año de edad, Fig. 5 (Cock et al 1979, Tan 1980), presentando poca variación varietal. Empero en el clon M Col 72 no ramificado la disminución en la tasa de formación de hojas por apice fué menor que en otros clones extraviados (Tan y Cock 1980). Las temperaturas frías reducen esta tasa (Irikura et al 1979, Keating 1981) y períodos secos prolongados pueden casi suprimir la producción de nuevos nudos (Connor y Cock 1981). Los nudos continúan aumentando su peso durante el período de crecimiento (Fig. 6, Tan y Cock 1979), pero la tasa de incremento es menor en períodos secos o bajo condiciones de baja fertilidad.

El número total de unidades nodales por planta depende no solo de la producción de nudos por rama sino también del número de ramas o apices por planta. Las causas de la ramificación en yuca no son totalmente conocidas; algunos clones ramifican temprano y continuan su ramificación mientras que otros no ramifican. Bajo condiciones ambientales constantes el intervalo entre las ramificaciones tiende a ser constante cuando el número de ramas en cada ramificación es pequeña pero incrementa cuando el número de ramas producidas en cada ramificación es grande, (Tan y Cock 1979, CIAT 1978).

El número de ramificaciones se reduce con bajos niveles de fertilidad del suelo, especialmente en genotipos más ramificados (CIAT 1978). El intervalo entre ramificaciones se incrementa por falta de agua durante el ciclo de crecimiento (Connor y Cock 1981). La influencia de la temperatura sobre la ramificación no es clara todavía; bajas temperaturas retardan la aparición de la primera ramificación e incrementan el intervalo entre ellas, pero en algunos clones el número de ramas producidas en cada ramificación aumenta a bajas temperaturas (Irikura et al 1979). A temperaturas altas >28°C, la ramificación también se reduce (Irikura et al 1979, Keating 1981). Los fotoperiodos largos retardan la primera ramificación (Keating 1981, Veltkamp com. pers.), pero el número total de apices activos se incrementa cuando esto se mide al fín de un año.

Crecimiento de la Raíz

Los principales organos de almacenamiento en yuca son las raíces. A

los 28 días después de la siembra se puede encontrar un gran número de gránulos de almidón en el parénquima del xilema de las raíces fibrosas. Anatómicamente en este estadio no es posible distinguir entre las raíces que más tarde engrosarán y las que permanecerán fibrosas (López 1975, Keating 1981). Cerca de 6 semanas después de la siembra algunas de las raíces fibrosas empiezan a engrosar rápidamente dejando grandes cantidades de gránulos de almidón en el parénquima del xilema. El número de raíces que eventualmente engrosarán se determina en los primeros 2-3 meses después de la siembra en la mayoría de las variedades. Parece que el fotoperíodo no induce el engrosamiento de las raíces y que ésta es la respuesta directa de la planta al exceso de carbohidratos suministrados para el desarrollo de la parte aérea (Cock et al 1979, Tan y Cock 1979).

Análisis de Crecimiento

El área foliar de la yuca depende de la tasa de formación de hojas por planta, su tamaño individual y su longevidad. En un tallo de tipo no ramificado el IAF se incrementa en los primeros cuatro a seis meses con el aumento del número total de hojas y el tamaño de las mismas. Luego el IAF disminuye como consecuencia de la disminución en tamaño y tasa de formación de hojas y de la caída normal de las mismas. Esta disminución del área foliar está parcialmente compensado por un incremento en el número de ápices en genotipos ramificados. Los máximos IAF son superiores a 10 obtenidos por Keating (1981) bajo condiciones de fotoperíodo largo y alta radiación solar durante el verano en Queensland, Australia. IAF máximos reportados por Cours (1951), Cock (1976), Enyi (1972-73) son del orden de 6-7. La tasa de crecimiento del cultivo se incrementa hasta un límite de IAF cercano a 4, llegando a un máximo de aproximadamente 120 gm^{-2} cm^{-1} bajo niveles moderados de radiación solar (Fig. 7, Cock en imp). Las máximas tasas de crecimiento (140 $gm^{-2}cm^{-1}$) obtenidas bajo condiciones de alta radiación solar y días largos se han logrado con IAF más altos que los encontrados normalmente, sin que hasta el momento haya una evidencia clara de un límite máximo de IAF encima de lo cual no aumenta la taza de crecimiento (Keating 1981).

El cultivo de la yuca desarrolla simultáneamente el área foliar y las raíces, contrastándo fuertemente con los cereales que desarrollan primero el área foliar y luego la parte útil económicamente. En la primera fase de desarrollo de los cereales hay poca competencia por substratos entre el desarrollo de la capacidad fotosintética y los órganos de almacenamiento mientras que en un desarrollo simultáneo debería haber un balance contínuo entre el desarrollo de las hojas y las partes útiles, en este caso las raíces. Esta situación conlleva a un óptimo IAF para el desarrollo de la raíz; si el balance favorece el desarrollo de las hojas no hay suficiente exceso para el desarrollo de la raíz; pero poco crecimiento foliar resulta en insuficiente tejido fotosíntetico para obtener altos rendimientos (Fig. 8). La manipulación de este balance abre el camino para la obtención de altas producciones de yuca.

Aumentos en el Rendimiento

Límites Fisiológicos.

Las máximas tasas de crecimiento del cultivo de yuca en los trópicos son del orden de 120 $gm^{-2}sem^{-1}$. Si estos son aceptados como los máximos

posibles, lo cual probablemente no es cierto, este sería el límite superior de productividad. Usando esta tasa como máxima en un modelo de simulación computado (Cock et al 1979) para predecir rendimientos en variedades de yuca que difieren en algunas características morfológicas se obtuvieron producciones máximas de raíces secas cercanas a 30 $t/ha^{-1}año^{-1}$. Recientemente se ha obtenido en CIAT cosechas de 28 $t/ha^{-1}año^{-1}$ (CIAT 1978). Para obtener estos rendimientos el tipo de planta debería tener un tamaño máximo de la hoja de 500 cm^2 o más , una longevidad foliar mayor de 100 días y ramificar a los seis meses después de la siembra (Cock et al 1979). Este tipo de planta logra un balance optimo entre area foliar y crecimiento de la raíz. Sin variaciones en la tasa de crecimiento del cultivo como una función del IAF aparecen a priori dos vías promisorias para incrementar el potencial de rendimiento. Primeramente podría ser obvio que al reducir el peso de la unidad nodal, el peso del brote podría disminuir, sin embargo parece difícil lograrlo en la práctica. El peso del nudo e internudo se redujo en el modelo de simulación logrando efectos menores sobre la producción simulada. Este cambio sería muy difícil de alcanzar si se espera mantener el tamaño de hoja. Tan (1980) encontró poca diferencia entre variedades en la relación del área foliar y el peso de nudo, ya que los nudos livianos estaban asociados con hojas pequeñas. El pecíolo es aproximadamente un tercio del peso total de la hoja y por lo tanto hojas sésiles, las cuáles se sabe que existen, podrían reducir el peso de las hojas. Los pecíolos parecen jugar un papel vital al maximizar la intercepción de la luz solar a IAF bajos e intermedios y desde luego es muy discutible si podría haber algún beneficio en el uso de hojas sésiles, ya que podría reducir el potencial de rendimiento.

La segunda opción es incrementar la longevidad foliar para reducir la materia seca requerida para mantener el área foliar (Fig. 9). El modelo de simulación sugiere que de esta forma se podría incrementar la producción, sin embargo, es difícil mantener las hojas libres del ataque de insectos y enfermedades, por períodos muy largos. Esta estrategia podría implicar una tasa muy baja de formación foliar que podría resultar en una recuperación muy lenta después de una eventual defoliación o reducción del área foliar.

Esto indica que el mayor potencial para aumentar la producción sobre el que puede obtenerse con tipos de plantas ideales morfológicamente es incrementando la tasa de crecimiento del cultivo por unidad de IAF. Con IAF altos la tasa de crecimiento del cultivo puede incrementarse con la orientación más vertical de las hojas, pero hay buenas razones teóricas para creer que con óptimos IAF para desarrollo de raíces no se puede obtener ventajas con una posición más vertical de las hojas (Duncan, Loomis y Williams 1967), ya que se han encontrado pocas diferencias en la tasa de crecimiento del cultivo en clones con hojas más inclinadas (Cock 1976). Quizás la forma más promisoria para incrementar la tasa de crecimiento por unidad de IAF es incrementando la tasa fotosintética de hojas individuales. Este mecanismo no ha tenido éxito en otros cultivos, pero es bien conocido que los cultivos C-4 con altas tasas fotosintéticas tienen mayores tasas de crecimiento que cultivos C-3 (Monteith 1978). El cultivo de la yuca tiene el potencial de incrementar su producción a través del incremento de la tasa de crecimiento, el cual puede lograrse con mayores tasas fotosintéticas en las hojas. Las hojas de algunos clones tienen la habilidad de mantener tasas fotosintéticas cercanas a los máximos niveles por un tiempo largo y hay poca evidencia de que se presenten limitaciones de

la rata fotosintética, debido a limitaciones de la capacidad receptiva de las raíces (Sink). Además el engrosamiento de raíces ocurre cuando las hojas tienen alta capacidad fotosintética y no cuando están declinando como ocurre cuando las hojas envejecen en varios cultivos. Existen grandes diferencias en la tasa fotosintética en diferentes clones (Mahon et al 1977, Tan 1980, CIAT 1977, Cock y El-Sharkawy, datos inéditos), pero la mayoría hasta el momento no han relacionado con diferencias en la tasa de crecimiento en el campo. Incrementando la tasa de crecimiento del cultivo debería aumentar el rendimiento de raíces aproximádamente el doble del incremento en la tasa de crecimiento y también debería aumentar el IAF óptimo (Fig. 9). Los mayores esfuerzos en mejoramiento de yuca en el presente no están dirigidos a aumentar el potencial de producción bajo condiciones óptimas, sino que han sido dirigidos a obtener rendimientos estables bajo condiciones marginales donde se cultiva la yuca actualmente y donde se espera aumentar el área sembrada en el futuro.

Estabilidad en el Rendimiento

Cuanto más variable sean las condiciones bajo las cuales crece una planta, mayor será la variación en su crecimiento y producción. Generalmente cuanto más intenso sea el manejo de un sistema agrícola, menos variables son las condiciones de crecimiento. Por ejemplo bajo manejo intensivo, el arroz cultivado en el Japón es expuesto a poca variación en la disponibilidad de agua, fertilidad y ataque de plagas y enfermedades, ya que las variaciones de estos factores son minimizados por riego y aplicación de fertilizantes y pesticidas. Por otro lado la yuca crece generalmente a niveles de bajo manejo y está sujeta a la incertidumbre de los patrones naturales de lluvia, a la variación en la fertilidad del suelo y al ataque de enfermedades y plagas durante su largo ciclo de crecimiento. Esto indica que con niveles de manejo no muy intensivos existe el potencial para una mayor variación en el rendimiento que con niveles de manejo intensivo. El agricultor con bajos recursos, quien no puede utilizar mecanismos para eliminar las causas de variabilidad, no puede tolerar la gran fluctuación en producción o calidad de su producto. Es probable que el agricultor tradicional haya desarrollado sus propios sistemas de cultivo y seleccionado sus variedades con muy alta prioridad en la estabilidad de rendimientos a través del tiempo. El agricultor está principalmente preocupado por esta estabilidad (temporal) y no en la estabilidad de la producción a través de límites geográficos (estabilidad espacial). Sin embargo podría estar interesado en la estabilidad a través de los diferentes sistemas de producción (estabilidad de sistemas). Por el otro lado un programa de Fitomejoramiento debe interesarse en buscar la estabilidad espacial, para obtener una tecnología que pueda aplicarse a áreas grandes para obtener un razonable retorno de la inversión hecha en investigación y mejoramiento.

Las principales causas que afectan la estabilidad del rendimiento son: temperatura, fotoperíodo, escasez de agua, estado nutritivo del suelo, enfermedades e insectos.

Temperatura y Fotoperíodo

Hay una marcada interacción entre el genotipo y la temperatura en el rendimiento final de la yuca (Irikura et al 1979). Al disminuir la temperatura el área foliar es menor debido a la menor producción de hojas por ápice y a la disminución de su tamaño (Irikura et al 1979, Keating 1981),

sin embargo la longevidad foliar se incrementa (Irikura et al 1979). Irikura et al (1979) y Keating (1981) presentan datos en los cuales la ramificación se incrementa con temperaturas altas hasta un cierto nivel pero se inhibe con temperaturas muy altas (eg 28°C o más). El efecto combinado de estos dos factores en el desarrollo foliar se traduce en un aumento del IAI con temperaturas promedias superiores a 24°C y luego se estabiliza. La producción de materia seca sigue una tendencia similar, pero a temperaturas muy altas puede mermar ligeramente debido a una disminución en la fotosíntesis neta causada por una elevada respiración (Keating 1981). Los ensayos de Irikura et al (1979) bajo régimenes de temperatura constantes indica que en todas las temperaturas existe un óptimo IAF cercano a 3 para máximo incremento en el peso de la raíz y que este puede obtenerse usando variedades más vigorosas en zonas de temperaturas más bajas y viceversa. Los datos disponibles estiman que el mismo fenotipo produce bien sobre un rango de temperatura constantes pero se requieren diferentes genotipos (Irikura et al 1979). La yuca no crece a temperaturas menores de 15°C.

El crecimiento de la yuca a temperaturas fluctuantes es muy diferente al crecimiento bajo temperaturas constantes y en condiciones de campo, las diferencias en temperatura estacional están relacionadas con cambios sustanciales en fotoperíodo. Keating (1979) estudió el crecimiento de la yuca en 27°37' lat. con grandes cambios anuales en temperatura y fotoperíodo. En el período de verano, el crecimiento de la hoja y el tallo fueron más pródigos con IAF de diez o más. La ramificación fué mayor en verano debido a un fotoperíodo más largo, lo cual coincide con datos obtenidos prolongando artificialmente el fotoperíodo cerca al Ecuador (Veltkamp, com. pers.)

Temperacuras altas y fotoperíodos largos disminuyen la proporción de materia seca que llega a las raíces (Irikura et al 1979, Keating 1981 y Veltkamp com. pers.). Hay aún una inquietud si ésta disminución es debida a que la parte superior de la planta asimila el exceso producido o si hay efectos hormonales sobre el desarrollo de la raíz. Se han reportado diferencias varietales en sensibilidad a días largos en términos de producción de raíces (CIAT 1981, Veltkamp com. pers.) sin embargo, todas las variedades probadas presentaron un incremento en número de apices y una disminución en Indice de Cosecha bajo tratamientos de día largo (Tabla 4), lo que indica que las variedades no son totalmente insensibles pero que en algunas variedades el decrecimiento en el Indice de Cosecha se compensa con un aumento del IAF promedio y un aumento de la tasa de crecimiento a través de todo el período de desarrollo.

En los ensayos de Keating durante los meses de invierno la tasa de crecimiento del cultivo llegó casi a cero, no obstante el contenido de almidón en la raíz fué máximo, considerándose como el punto óptimo de cosecha. La biomasa total producida en estas condiciones (30 t/ha^{-1} $año^{-1}$), fué menor que la obtenida en condiciones Ecuatoriales (cerca a 40 $t/ha^{-1}año^{-1}$, Cock en imp.), lo que sugiere que aunque las máximas tasas de crecimiento son más altas en verano el potencial de rendimiento total se reduce por las bajas tasas de crecimiento en invierno.

Para programas de mejoramiento parece posible seleccionar clones que se comportan bien ya sea en regimenes de temperatura uniforme con poco cambio en fotoperíodo y también en regiones con temperaturas y fotoperiodo fluctuantes. El clon "Mantiqueira" producido en el Instituto Agronómico de Campinas, Sao Paulo, Brasil, muy cercano al tropico de Capricornio se ha comportado bien en todas las áreas tropicales de las Américas,

pero otros clones han presentado una adaptabilidad mucho más reducida. Luego, se debería pensar en términos de programas de mejoramiento separado para áreas con cambios marcados en temperatura y fotoperíodo durante el año.

Estrés por Agua

La planta de yuca se siembra en áreas con precipitaciones bajas (750 mm por año) y sobrevive en áreas con períodos secos de 5-6 meses. El cultivo tiene una utilización del agua extremadamente eficiente. En el comienzo de un período seco el área foliar se reduce, esto complementado con un sistema radicular muy disperso resulta en la transpiración reducida del cultivo (Connor et al 1980). Además los estomas se cierran rápidamente con cambios mínimos en el potencial de agua en la hoja. Las plantas que han sido previamente expuestas a estrés por agua, responden rápidamente cuando las hojas son expuestas a aire seco (Connor y Palta 1980, El-Sharkawy y Cock en imp.), por lo tanto la planta maximiza el uso del agua cuando el potencial de evaporación es máximo (El-Sharkawy y Cock). El area foliar reducida y el cierre de estomas durante períodos de estrés reducen las tasas de crecimiento del cultivo (Connor, et al 1980), sin embargo la respuesta heliotrópica de las hojas maximiza la intercepción de luz favoreciendo la fotosíntesis en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde cuando la evapotranspiración potencial es baja. Un mecanismo separado reduce las cargas de calor en las hojas al mediodía (El-Sharkawy y Cock en imp). Estos dos mecanismos permiten a la planta utilizar el agua disponible eficientemente en un período seco y prolongado.

La porción de materia seca que va a las raíces también aumenta en un período seco (Connor et al 1981), particularmente en tipos más frondosos y consecuencialmente se reduce el rendimiento radicular menos que la biomasa total (Tabla 5). Los cambios en la distribución de materia seca causados por un período de sequía pueden persistir aún después del período seco y pueden obtenerse rendimientos finales más altos en plantas vigorosas que han estado bajo estrés comparadas con las que han tenido suficiente agua (Connor et al 1981). El rendimiento de los tipos vigorosos son sin embargo menores que las de los tipos cercanos al ideal bajo buenas condiciones.

Suelos

La yuca crece muy bien en suelos pobres. Bajo condiciones de extrema acidez crece bien y da rendimientos razonables; en estas condiciones la mayoría de los cultivos no prosperan o dan bajo rendimiento (Cock y Howeler 1978). La tolerancia a pH muy bajos es debida a su habilidad para crecer en suelos con muy altos niveles de saturación de aluminio (superior a 80%) sin disminuir su producción (CIAT 1978), pero es muy susceptible a la salinidad.

La yuca tiene requerimientos similares a otros cultivos de potasio, nitrógeno y calcio para máximo desarrollo, pero a niveles más bajos de estos nutrientes el crecimiento se reduce menos que en otros cultivos (Edwards et al 1977). En el caso del fósforo, el requerimiento para máximo desarrollo en solución nutritiva es superior que para la mayoría de los

cultivos, (Edwards et al 1977), sin embargo bajo condiciones de campo la yuca utiliza muy eficientemente la asociación con micorrizas y por lo tanto los requerimientos de fósforo son menores (CIAT 1980).

Cuando la yuca crece en condiciones de baja fertilidad el cultivo reduce su IAF y mantiene el contenido de nutrientes en las hojas a un nivel alto (Tabla 6). De esta forma se logra un uso eficiente de los nutrientes maximizando la tasa de crecimiento cuando la disponibilidad de nutrientes es limitada (Cock en imp.).

La deficiencia de nutrientes disminuye la producción de biomasa total, sin embargo el reducido crecimiento aéreo incrementa el Indice de Cosecha (Cock en imp.). Por lo tanto a bajos niveles el crecimiento total de la planta se reduce menos que en otros cultivos y la reducción en producción es menor que la reducción en producción de biomasa total.

Enfermedades y Plagas

La yuca no tiene marcados períodos que afectan la formación de organos productivos y por lo tanto puede ser más tolerante al ataque de insectos y enfermedades que muchos otros cultivos. Se ha estimado que la yuca es particularmente tolerante al ataque de enfermedades y plagas que causan reducción en el número de apices activos, poca disminución en número de raíces y poca merma en el tamaño de la hoja, pero los rendimientos pueden ser severamente reducidos por ataques que reducen la longevidad foliar y la tasa fotosíntetica (Cock 1978). Algunas variedades tradicionales son muy tolerantes a la defoliación debido a que tienen exceso de área foliar; esta redundancia fisiológica está sin embargo relacionada con bajo potencial de rendimiento (Fig. 10). Los datos obtenidos por simulación indican que las nuevas líneas con rendimientos potenciales altos serán más sensibles a enfermedades y plagas y que por lo tanto su potencial de producción puede alcanzarse solamente si este está acompañado con resistencia a enfermedades y plagas (Cock 1978).

TABLA 1. CALORIAS PRODUCIDAS POR LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE CONSUMO HUMANO (1).

Cultivo	Zonas Tropicales	Mundo
Arroz	924	2.043
Azucar (Caña y Remolacha)	311	926
maíz	307	600
yuca	172	178
sorgo	147	208
millo	128	204
trigo	100*	1.877
papa	54	434
Banano	32	44
Plátano	30	30
Patata Dulce	30	208

(1) Los datos se expresan en cal/día
* Los datos del trigo están ajustados debido a que las principales zonas trigueras del Brasil, Mexico y la India están fuera del trópico.

TABLA 2. EFECTO DE LA DURACION DEL ALMACENAMIENTO DE ESTACAS TRATADAS EN LOS PARAMETROS DE RENDIMIENTO (Tomado de: Dietrich Leihner CIAT, 1980)

Almacenamiento (días)	Brotación (%)	Peso Parte Aérea (t/ha)	Peso de Raíces (t/ha)
0	100 a	33 a*	25 b
60	100 a	32 ab	30 a
120	100 a	30 b	24 b
180	98 b	29 b	27 ab

* Promedios seguidos por la misma letra no son diferentes estadísticamente

TABLA 3. EFECTO DE LA FERTILIZACION DE PLANTAS MADRES EN EL RENDIMIENTO DE SU DESCENDENCIA (DATOS SELECCIONADOS DR. R. HOWELER, CIAT 1981)

Fertilización usada en plantas madres (kg/ha)			Rendimiento de la Descendencia (t/ha)
N	P	K	
0	0	0	19.1
100	0	0	26.4
0	87	0	29.2
0	0	125	23.7
100	87	125	26.2

TABLA 4. CARACTERISTICAS DE ALGUNOS CLONES DE YUCA CULTIVADOS BAJO CONDICIONES NATURALES DE LUZ Y A 16 HORAS DE FOTOPERIODO. FUENTE: J. VELTKAMP, PARTE DEL TRABAJO DE TESIS PARA PhD UNIVERSIDAD DE WAGENINGEN.

		Total Materia Seca t/ha	Rendimiento Materia Seca en Raíces t/ha	Apices/ Planta	Indice de Cosecha
M COL 1684	Natural	15.8	8.7	15	0.55
	16 hr.	16.4	4.6	81	0.28
MPTR 26	Natural	13.9	8.1	8	0.58
	16 hr.	14.2	4.9	21	0.35
M COL 22	Natural	14.3	9.5	13	0.66
	16 hr.	18.8	8.3	51	0.44

* Incluye hojas caídas
Cosecha a los 272 días después de la siembra

TABLA 5. PROPORCION DEL INCREMENTO TOTAL DEL PESO SECO EN LAS RAICES DE 2 VARIEDADES DURANTE UN PERIODO DE ESTRES POR AGUA FUENTE: CONNOR ET AL 1981)

VARIEDAD	CON ESTRES	CONTROL
M MEX 59	53*	32
M COL 22	87	70

* (Incremento del peso de raíces x 100) ÷ (Incremento del peso total de la planta)

TABLA 6. EFECTO DE LA FERTILIZACION ALTA, MEDIANA Y BAJA EN EL IAF Y AL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LAS HOJAS.*

Nivel de Fertilización	LAI	Nutrimento Contenido como % de Peso Seco N	P	K	Contenido de Nutriente mg/dm^2 - Superf.foliar N	P	K
Alto	5.39	3.69	0.25	2.00	18.9	1.28	10.3
Mediano	3.54	3.68	0.19	1.40	20.2	1.04	7.7
Bajo	1.65	3.52	0.18	0.73	21.7	1.11	4.5

Fuente: Cock, J.H. and Parra G.

* Hojas y Pecíolos

Variedad M Mex 59, 5 meses después de la siembra.

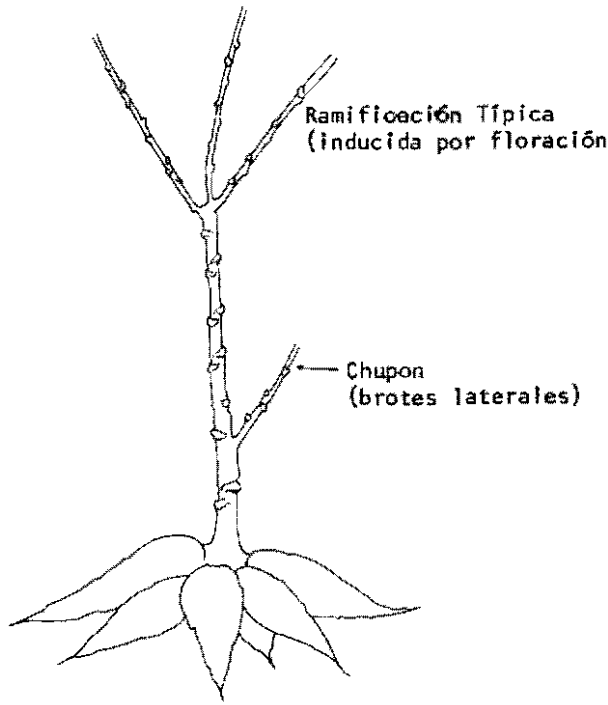


FIG. 1. TIPOS DE RAMIFICACION EN LA PLANTA DE YUCA

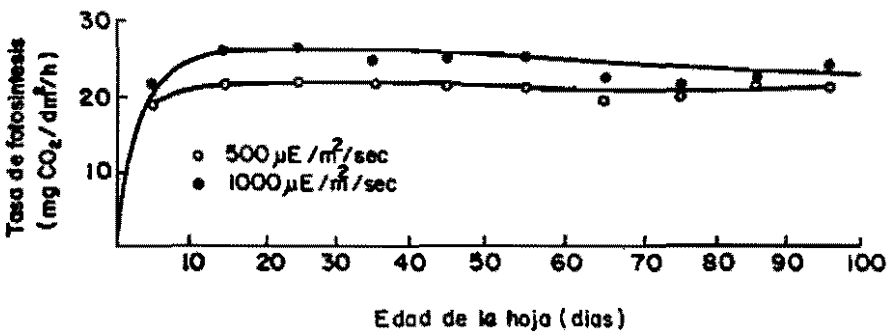
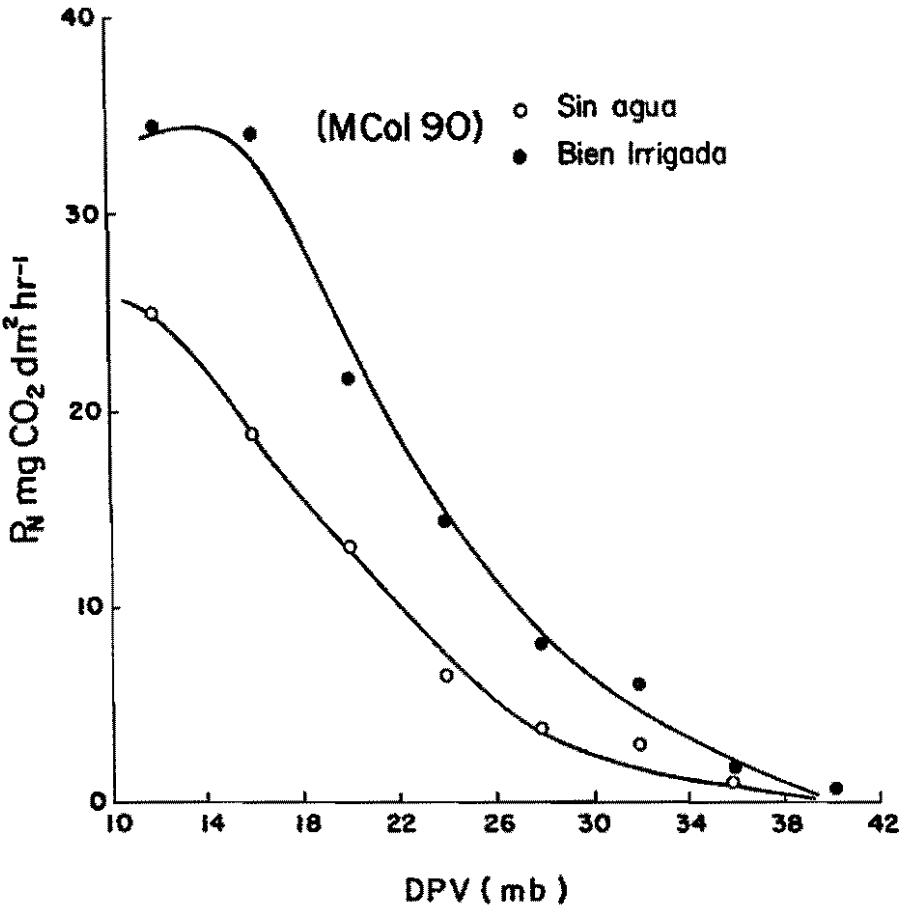


FIG. 2. TASA DE FOTOSINTESIS EN LAS HOJAS DE LA VARIEDAD MCol 72 A DOS NIVELES DE LUMINOSIDAD.

FIG. 3. EFECTO DE LOS DIFERENTES DEFICIT DE PRESION DE VAPOR (DPV) ENTRE LA HOJA Y EL AIRE EN LA FOTOSISTESIS FOLIAR (Pn).



FUENTE: EL SHARKAWY AND COCK (EN IMPRENTA)

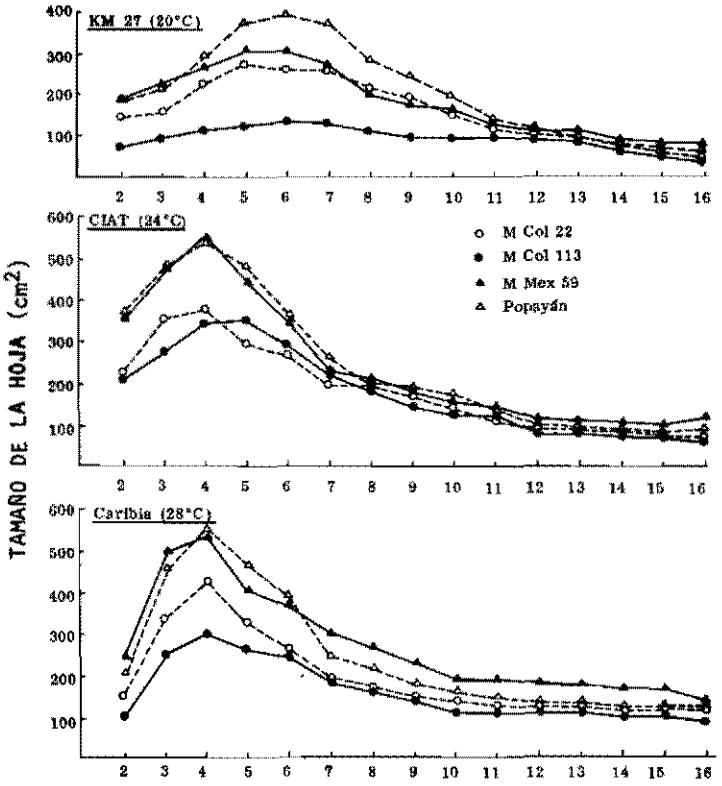


FIG. 4. TAMAÑO DE LA HOJA DE CUATRO VARIEDADES DE YUCA EN 3 DIFERENTES TEMPERATURAS. FUENTE: IRIKURA ET AL 1979

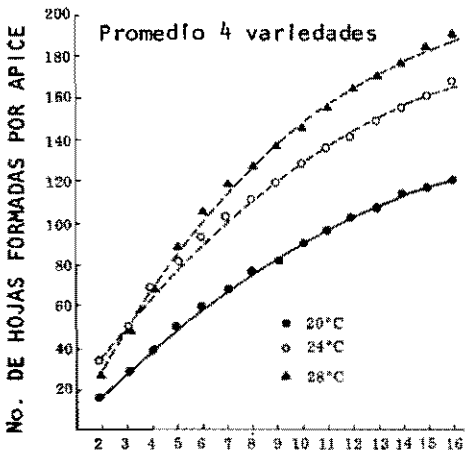


FIG. 5. NUMERO ACUMULADO DE HOJAS FORMADAS POR APICE EN TRES TEMPERATURAS DIFERENTES. Fuente: Irikura et al 1979.

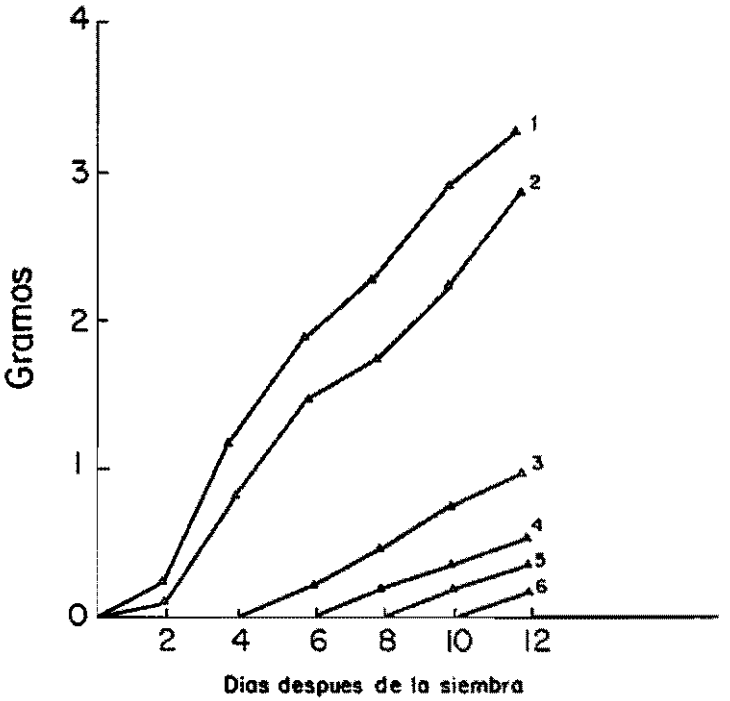


FIG. 6. PESO DE LA UNIDAD NODAL A VARIOS NIVELES (1 más bajo 6 más alto) DEL FOLLAJE EN DIFERENTES PERIODOS DESPUES DE LA SIEMBRA. Fuente: Tan y Cock 1979.

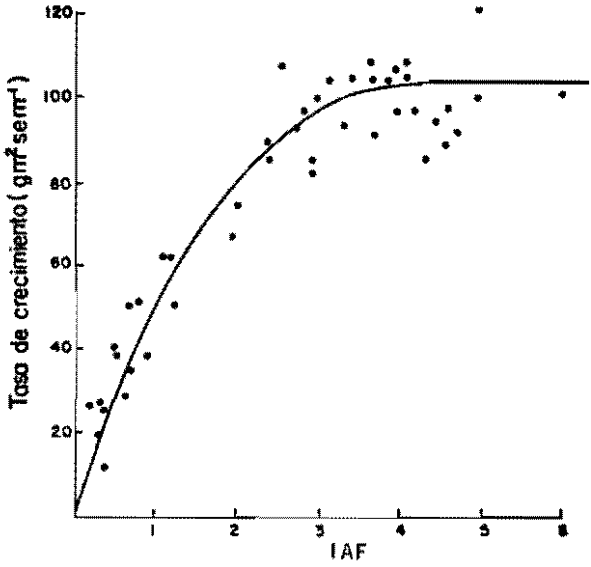


FIG. 7. TASA DE CRECIMIENTO DE LA YUCA EN FUNCION DEL IAF EN EL VALLE COL. RESULTADOS DE DIFERENTES ENSAYOS. NIVELES DE RADIACION 400-500 g cal cm^{-2} $día^{-1}$ PROMEDIO. Fuente: Cock (en imprenta)

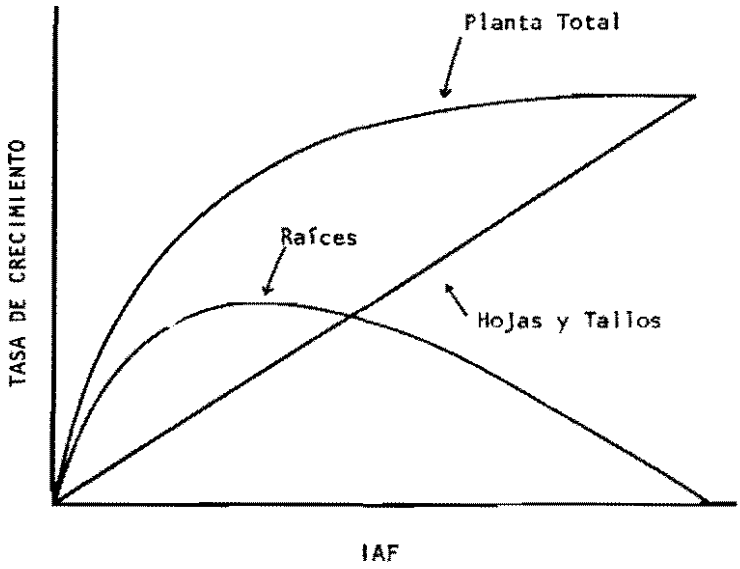


FIG. 8. REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CRECIMIENTO Y DISTRIBUCION DE LA MATERIA SECA DE LA PLANTA DE YUCA CON UN IAF OPTIMO PARA EL CRECIMIENTO DE LAS RAICES.

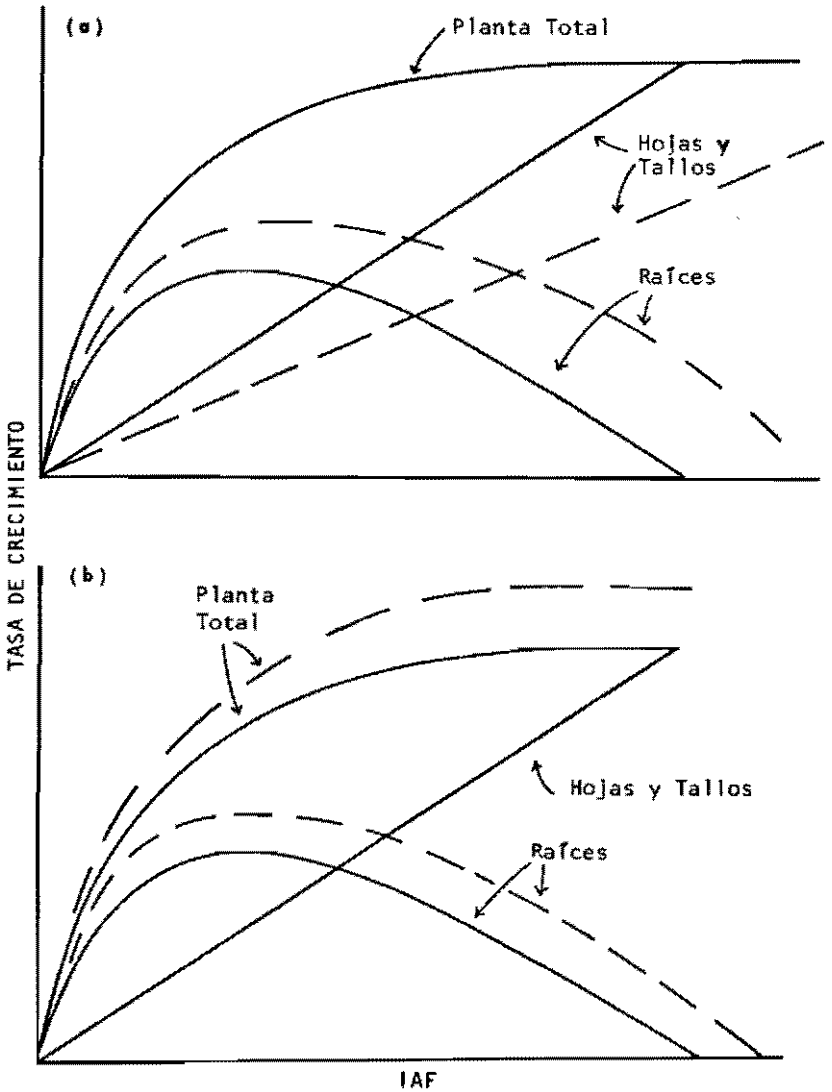


FIG. 9. POSIBLE INCREMENTO DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO AUMENTANDO LA LONGEVIDAD FOLIAR (a) Y LA EFICIENCIA FOTOSINTETICA DE LAS HOJAS (b) - LINEA PUNTEADA REPRESENTA EL INCREMENTO POTENCIAL.

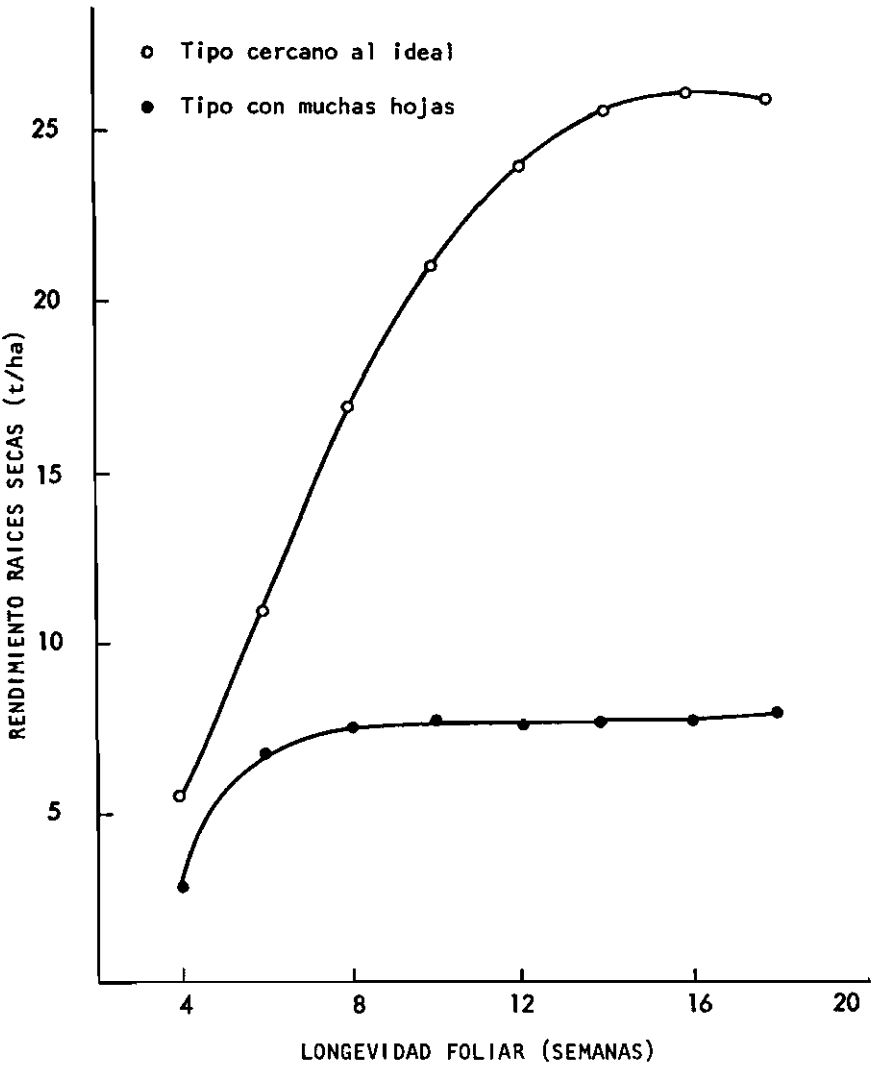


FIG. 10. EFECTO DEL CAMBIO EN LA LONGEVIDAD FOLIAR A LO LARGO DEL CICLO DE CRECIMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE TIPOS CERCANOS AL IDEAL (o) Y DE TIPOS CON MUCHAS HOJAS - (DATOS SIMULADOS)

BIBLIOGRAFIA

Cock, J. H. and S. Rosas. 1975. Ecophysiology of Cassava. In:Symp. on Ecophysiology of Tropical Crops. Communications Division of CEPLAC, Km 22, Rodovia, Ilheus-Itabuna, Bahía, Brazil. pp. 1-14.

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

Cock, J. H. 1978. A physiological basis for yield loss in cassava due to pests. In:T. Brekelbaum, A. Bellotti, and J. C. Lozano, eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, CIAT Series CE-14:9-16.

Cock, J. H. and R. Howeler. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. In: Crop Tolerance to Sub Optimal Land Conditions. Ed. G. A. Jung. American Society of Agronomy Special Publication No. 32:145-154.

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

Cock, J. H. (in press). Cassava in Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.

Connor, D. J., J. H. Cock and G. E. Parra. 1981. The Response of Cassava to Water Shortage. I. Growth and Yield. Field Crops Res. 4:181-200.

Connor, D. J. and J. H. Cock. 1981. The Response of Cassava to Water Shortage. II. Canopy dinamics. Field Crops Res. 4:285-296.

Connor, D. J. and J. Palta. The Response of Cassava to Water Shortage. III. Stomatal control of plant water status. Field Crops Res. 4:297-311.

Cours, G. 1951. Le Manioc a Madagascar. Memoires de L'Institut Scientifique de Madagascar 3B, 203-400.

Duncan, W. G., R. S. Loomis, W. A. Williams, and R. Hanau. 1967. A model for simulating photosynthesis in plant communities. Hilgardia 38:181.

Edwards, D.G., C. J. Asher, and G. L. Wilson. 1977. Mineral Nutrition of Cassava and Adaptability to low fertility conditions. In Proc. IV Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Ed. J. H. Cock, R. MacIntyre and M. Graham. Cali, Colombia, 1976. IDRC 080E. Ottawa, Canada 124-130.

Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1979. Germination of Stored Cassava Seed at Constant and Alternating Temperatures. Ann. Bot. 44:677-684.

Enyi, B.A.C. 1972b. The Effects of Spacing on Growth, Development and Yield of Single and Multi-shoot plants of Cassava (Manihot esculenta Crantz). II. Physiological Factors. East African Agricultural and Forestry Journal 38:27-34.

Enyi, B.A.C. 1973. Growth rate of three cassava (Manihot esculenta Crantz) varieties under varying populations densities. J. Agric. Sci UK. 81: 15-28.

FAO. 1980. Food Balance Sheets. 1975-1977. FAO, Rome.

Irikura, Y., J. H. Cock, and K. Kawano. 1979. The Physiological basis of genotype temperature interactions in cassava. Field Crops Research. 2:227-239.

Jones, W. O. 1959. Manioc in Africa. Stanford Univ. Press. 315 pp.

Keating, B. A. and J. P. Evenson. 1979. Effect of Soil Temperature on Sprouting and Sprout Elongation of Stem Cuttings of Cassava. Field Crops Research 2:241-252.

Keating, B. A. 1981. Environmental Effects on Growth and Development of Cassava (Manihot esculenta Crantz) with special reference to photoperiod and temperature. Ph.D. Thesis, Dept. of Agric, Univ. of Queensland, Australia.

Mahon, J. D., S. B. Lowe, and L. A. Hunt. 1977. Variation in rate of Photosynthetic CO_2 uptake in cassava and selected species of Manihot. Photosythetica 11:131-138.

Mendes. R. 1977. Cassava (Manihot esculenta Crantz) seed germination improvement. Mag. Sci. Thesis. Lafayette, Indiana, Purdue University.

Monteith, J. L. 1978. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops. Expl. Agric. 14:1-5.

Pereira, J. F. 1977. Fisiologia de la Yuca. Jusepín, Venezuela, Universidad de Oriente, Escuela de Ingeniería Agronómica. 123 p.

Renvoise, B.S. 1973. The area of Origin of Cassava as a Crop Plant: a review of the evidence, Economic Botany 26(4)352-360.

Rosas, S.C. 1969. Influencia de la Modalidad de Siembra y Tamaño de la Estaca de Yuca (Manihot esculenta Crantz). La Molina, Peru, Universidad Nacional Agraria, Programa de Agronomía. 7p.

Rosas, C., J. H. Cock, and G. Sandoval. 1976. Leaf fall in cassava. Expl. Agric. 395-400.

Tan, S.L. and J. H. Cock 1979 a. Branching habit as a yield determinant in cassava. Field Crops Research. 2:281-289.

Tan, S.L. and J.H. Cock 1979 b. Cassava Plant Forms and their Associated Morphophysiological Characters. MARDI. Res. Bull. 7:55-69.

Tan, S.L. 1980. Growth Parameters Related to Productivity in Cassava. Masters of Agric. Sci. Thesis. Universiti Pertanian, Malaysia.

Toro, J.C., Cock, J.H. and Roca. 1982. Métodos de Multiplicación Acelerada del Material Genético Promisorio de Yuca (Manihot esculenta Crantz). Primer Taller Latinoamericano de Germoplasma de Papa y Yuca. Memorias. (In press).

Viegas, A.P. 1976. Estudios sobre a Mandioca. Instituto Agronómico do Estado de Sao Paulo. 214 pp.

Wholey, D.W. 1974. Rapid Propagation of Cassava. Ph.D. Thesis. University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad.

CAPITULO II

MEJORAMIENTO GENETICO

GERMOPLASMA DE YUCA :
EVOLUCION, DISTRIBUCION Y COLECCION.

MEJORAMIENTO DE YUCA PARA PRODUCTIVIDAD.

GENETICA, CITOGENETICA, ESTRUCTURA FLORAL
Y TECNICAS DE HIBRIDACION DE LA YUCA.

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA EL
INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA DE YUCA.

INFLUENCIA DEL ECOSISTEMA EN LAS ESTRATEGIAS
DEL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA.

METODOS DE MULTIPLICACION ACELERADA
DE MATERIAL GENETICO PROMISORIO DE YUCA.

CULTIVO DE TEJIDOS EN YUCA.

102015

GERMOPLASMA DE YUCA: EVOLUCION, DISTRIBUCION Y COLECCION

Clair Hershey*
Alvaro Amaya**

La base del mejoramiento de un cultivo radica en su diversidad genética. Diversidad de respuesta a mejores prácticas agronómicas, resistencia a plagas y enfermedades y muchas otras características más. La utilización eficiente de la diversidad depende en primer lugar de una colección bien mantenida representativa de la diversidad disponible dentro de la especie y algunas veces entre especies relacionadas, segundo, de una completa evaluación de las características de cada introducción, tercero, de un programa de ensayos avanzados de los mejores materiales bajo condiciones bien representativas y finalmente de un programa de hibridación para combinar las características no encontradas en algún genotipo.

Este artículo presenta un resumen de los conocimientos disponibles acerca de la evolución, distribución de la yuca y particularmente de su aplicación a los programas modernos de mejoramiento.

El Género Manihot

El género Manihot es un miembro de la familia de las Euforbiaceas, la cual consta de dos secciones: La Arborae que contiene tres especies y es considerada la más primitiva, y la Fruticosae la cual incluye arbustos adaptados a sabana, praderas o al desierto.

Manihot esculenta Crantz, pertenece a esta última. El género Manihot sólo se encuentra en forma natural en el hemisferio occidental entre la parte sur de los Estados Unidos y la Argentina (Fig. 1). Rogers y Appan (1973) basados en un estudio de colecciones hechas en los trópicos del hemisferio occidental definen 98 especies dentro del género Manihot. De otra parte Nassar (1978) ha definido cuatro centros de diversidad para las especies de Manihot (Fig. 2). El primero lo constituye la parte Central del Brasil (al sur del Estado de Goia y al Occidente de Minas Gerais), con cerca de 38 especies y que a su vez representa el área de mayor diversidad. El segundo es la parte Suroccidental de México y contiene 19 especies. El tercero es la parte Noroeste del Brasil y el cuarto, la región Occidental del Mato Grosso y Bolivia.

---

* Fitomejorador, CIAT.
** Investigador Asociado, CIAT.

Fig. 1. Distribución Geográfica del Genero Manihot

(Rogers & Appan, 1973)

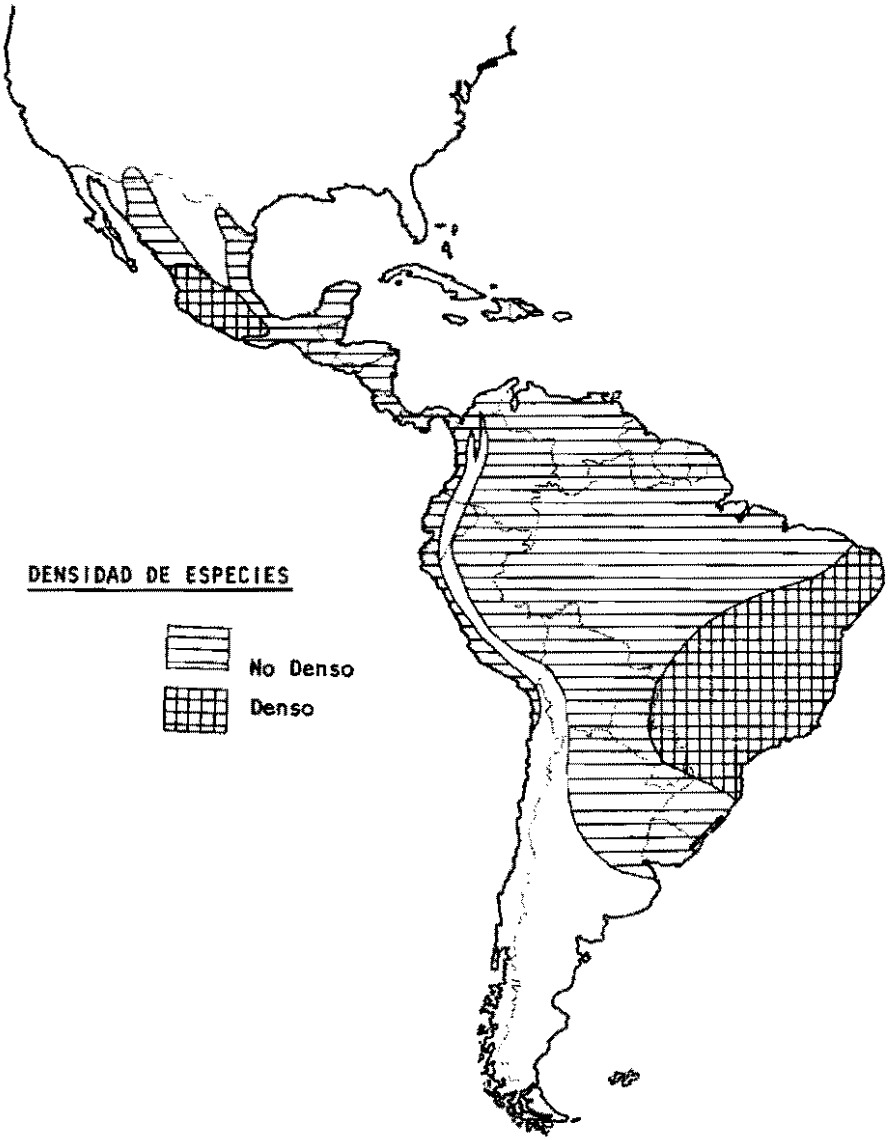


Fig. 2. Centros de Diversificación de Especies de Manihot
Segun Nassar, 1978.



Los grupos de especies de Norte y Sur América están marcadamente separados. Con la excepción de M. esculenta ninguna de las especies de Norte América se encuentra en Sur América y solamente una especie (M. brachyloba) de Sur América, ha sido reportada en Centro América.

Las especies de Manihot son más que todo esporádicas en su distribución y nunca llegan a ser miembros dominantes de la vegetación local. La mayoría de las especies se encuentran en regiones más bien secas y solamente algunas se encuentran en regiones de bosques lluviosos. Esas especies cuya distribución coincide con regiones de bosques lluviosos se encuentran típicamente en "claros" dentro del bosque bien sea, hechos por el hombre u originados naturalmente. Esto lleva a Rogers y Appan (1973) a afirmar de que la mayoría de las especies son heliófilas, capaces de crecer solamente en áreas donde no hay sombra y de que muchas de ellas tienen apariencia de maleza capaces de invadir áreas abiertas.

Todas las especies de este género son sensibles a las heladas. Por esta razón su límite de altitud en los trópicos es aproximadamente de 2.000 metros. Solamente se conocen dos especies (M. grahami y M. anisophylla) de regiones en donde se presentan ocasionalmente heladas.

Las especies de Manihot son perennes y varían en su tipo de crecimiento desde arbustos acaules a árboles con tallo de 25 centímetros de diámetro y una altura de 10 a 12 metros. Muchas de las especies tienen raíces tuberosas. Frecuentemente las especies de las regiones más cálidas presentan raíces leñosas y una corona radicular a partir de las cuales emergen nuevos brotes cuando las condiciones les son favorables. Las raíces contienen además de grandes cantidades de almidón concentraciones variables de un glucosido cianogénico el cual por autolisis libera el HCN gaseoso presente.

Hay evidencias de que el orígen del género Manihot es más bien reciente y de que con unas pocas excepciones, está todavía en evolución. Así pues las especies no están bien delimitadas. La mayoría son variables con respecto a las estructuras vegetativas pero son relativamente uniformes en sus órganos florales. Por lo tanto, la hibridación ha jugado un gran papel en el desarrollo de las variaciones encontradas.

Muchas de las especies silvestres presentan características similares a M. esculenta. La relación más cercana parece ser con M. aesculifolia, una especie de México y Centro América. También en México M. pringlei, M. rubricaulis, M. angustifolia y M. dariśii muestran una similitud muy marcada con la yuca. En Sur América se presentan también especies de morfología similar, particularmente M. epruinosa, M. caerulescens, M. leptopoda, M. janiphoides, M. inflata y M. pilosa (Rogers, 1973).

Domesticación de la Yuca

Manihot esculenta no se encuentra en forma silvestre; aparentemente ha evolucionado como una especie cultivada por selección natural y por el cuidado del hombre. La historia de la yuca es todavía en su mayoría tema de conjeturas. Muy pocas pruebas arqueológicas o etnobotánicas se encuentran disponibles acerca del momento en que empezó su cultivo.

La más antigua y hasta ahora más sostenida hipótesis acerca del origen de la yuca se atribuye al botánico y geográfo de plantas de Candolle quien basado en la abundancia de especies silvestres en la parte Noroeste del Brasil y en evidencias que muestran la antiguedad del cultivo de la yuca en dicha región propuso su hipótesis en la que sostiene que ésta fue primeramente cultivada allí (Citado en Renvoize, 1973). Sin embargo, Harlan (1975) ha mostrado que para un determinado cultivo, los centros de domesticación y de diversidad pueden a veces no coincidir con los centros de diversidad de las especies silvestres. Rogers (1965, 1973) considera que la yuca fue probablemente cultivada por primera vez bien en Brasil, Venezuela o Centro América. En cada área de cultivo se encuentran numerosas especies silvestres las cuales pudieron hibridizarse con los cultivares existentes en el área; probablemente entonces la domesticación ocurrió simultáneamente en varias áreas. La yuca podría ubicarse en la categoría que Harlan (1971) llama cultivos "no-céntricos", es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en una área muy amplia. En las áreas más húmedas de América tropical que en su mayoría corresponden a las Cuencas del Amazonas y Orinoco, la preservación de materiales orgánicos primitivos es improbable. De otra parte, la evidencia arqueológica del cultivo de la yuca se basa en la presencia de cerámicas y pedazos de piedras presumiblemente derivados de un "rallador", artefacto asociado con el procesamiento de la yuca entre muchos grupos primitivos de indios de las tierras bajas de Sur América (Renvoize, 1973). La indicación más antigua acerca de la utilización de la yuca como alimento está en evidencias arqueológicas encontradas en la parte norte de Sur América. Estudios hechos en el norte de Venezuela y Colombia por Rouse y Cruxent (1963) y de Reichel - Dolmatoff (1957, 1965) dan evidencia de artefactos para procesar yuca de una edad entre 3.000 y 7.000 años. Esto en sí no indica que se haya cultivado la yuca puesto que podrían haber sido muestras de una especie silvestre.

En Mesoamérica las evidencias acerca del inicio del cultivo de la yuca son muy tenues. En la sierra de Tamaulipas, México, permanecen excavaciones de plantas disecadas que datan desde hace 2.500 años y que incluyen una semilla sexual y una hoja identificadas por Mac Neish (1958) como pertenecientes a Manihot dulcis. Pero como taxonomicamente

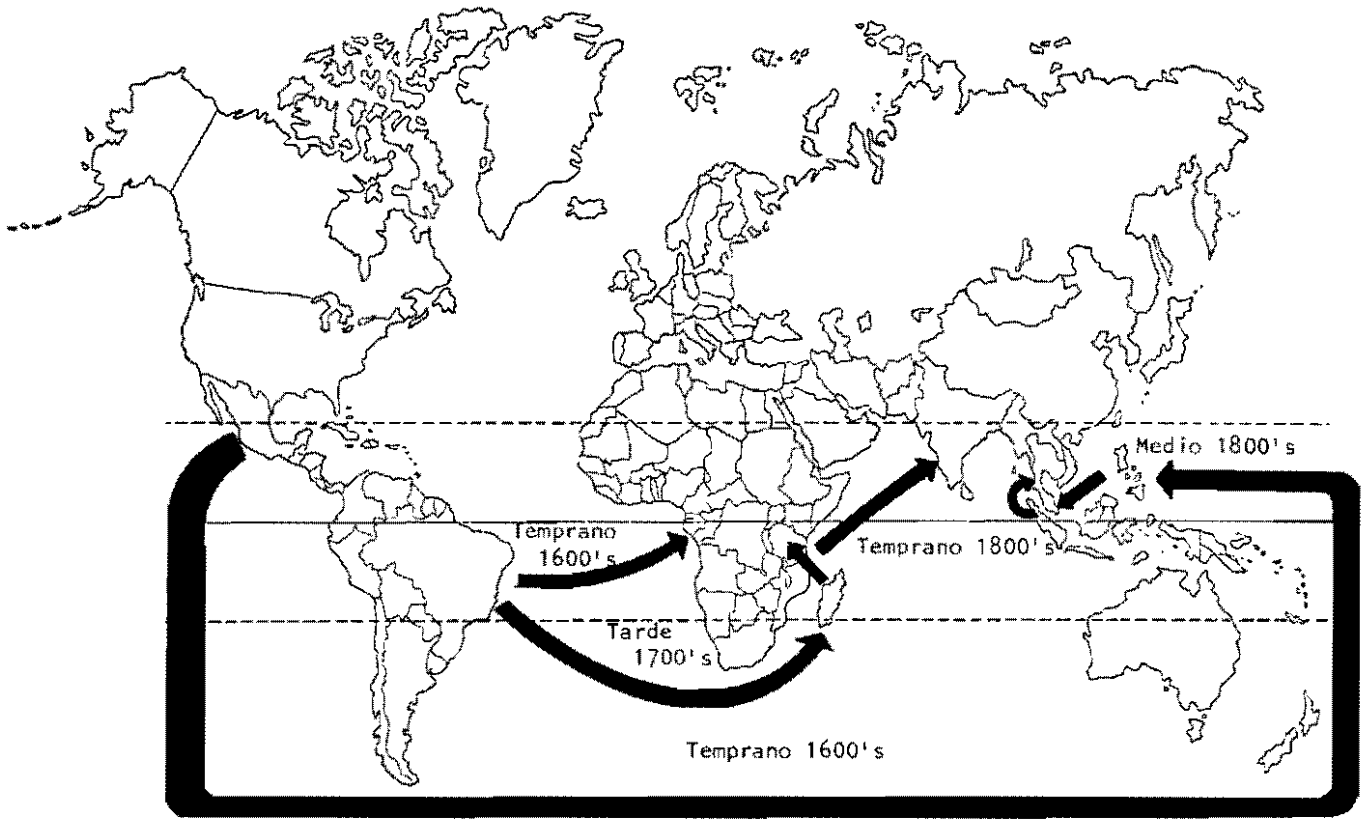
este epiteto no es válido, la identificación debe ser entonces considerada como Manihot esculenta. En excavaciones hechas en Tehuacan, un poco más al sur, en México, se han encontrado tejidos de almidón de 2.100 a 2.800 años de edad. Sin embargo, estos podrían haber sido tejidos de cualquier otra raíz almidonosa. Mc Quown (citado por Bronson, 1966) indica que la palabra Maya para yuca estuvo en uso hace cerca de 3.500 años, lo cual podría tenerse como una de las primeras indicaciones de la utilización de la yuca en Mesoamérica. La harina de yuca fue aparentemente importante en el comercio en la región Noroccidental de Sur América durante el segundo y tercer milenio antes de Cristo (Lathrap, 1973; Reichel Dolmatoff, 1965).

En todas las culturas del hemisferio Occidental Tropical los agricultores dividen los cultivares locales existentes en "dulces" y "amargos", en "mandioca" y "macacheira" o en "sweet" y "bitter". A pesar de que la clasificación entre dulces y amargas parece haber sido importante en las áreas donde se cultiva la yuca, desde un punto de vista taxonómico no hay justificación para hacer esta distinción. Las concentraciones de HCN están presentes en una forma continua de bajo a alto y no están correlacionadas con ninguna otra característica conocida bien sea morfológica o ecológica (Rogers y Appan, 1973).

Distribución

La yuca fue ampliamente distribuida por todo el trópico del hemisferio Occidental en el siglo XV. Ni la yuca ni las especies silvestres de Manihot existieron fuera de las Américas en tiempos precolombinos. Sin embargo, después del descubrimiento de América hubo una dispersión rápida. A finales del siglo XVI los Portugueses llevaron estacas de yuca a la costa Occidental de Africa vía el golfo de Benin y del Rio Congo. Posteriormente al final del siglo XVIII la llevaron a la Costa Oriental vía las Islas Reunión, Madagascar y Zanzibar. En esta forma el cultivo de la yuca se difundió tierra adentro a partir de ambas costas. Los conquistadores y comerciantes españoles llevaron las especies de la Costa Occidental de Mesoamérica a las Filipinas y de allí al interior del Sureste Asiático. La introducción al Sur de la India desde la Costa Oriental de Africa parece haber sido un poco más tarde, probablemente en 1800. Su importancia en el viejo mundo aumentó lentamente y sólo hasta la mitad del siglo XIX cobró valor cuando llegó a ser ampliamente cultivada como fuente alimenticia teniendo en cuenta su tolerancia a la sequía, al ataque de langostas y por presentar un sistema de cultivo mínimo (Fig. 3).

FIG. 3. DISTRIBUCION DE MANIHOT ESCULENTA A OTROS CONTINENTES.



Colección Internacional

Hasta hace algunos años se había mostrado poco interés por las instituciones de investigación agrícola de la mayoría de los países productores de yuca a la investigación en este cultivo. Sin embargo un interés nuevo de parte de varios gobiernos y de dos Centros Internacionales de Investigación en Agricultura (el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, y el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) en Nigeria) han creado nuevas demandas por la colección y utilización. Previamente, fueron hechas algunas colecciones y mantenidas en un país y aún dentro de algunos estados. En 1969 el CIAT empezó la colección sistemática de cultivares de yuca en Colombia y más tarde ésta se extendió hacia otros países de Latinoamérica. Al final de 1979, la colección mantenida en el CIAT consistía de 2512 clones originarios de 13 países (Tabla 1).

Estado actual de la colección de germoplasma de yuca del CIAT

País de origen	No. de clones mantenidos actualmente
Colombia	1.759
Venezuela	253
Ecuador	125
Perú	150
Cuba	73
México	65
Brasil	183
Panamá	21
Puerto Rico	16
Costa Rica	16
República Dominicana	5
Paraguay	4
Bolivia	3
Malasia	3
Tailandia	1
TOTAL	2.676

Otras colecciones de yuca son mantenidas también en el IITA en Nigeria, en el Central Tuber Crops Research Institute en Trivandrum, India y en el Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMF), Cruz das Almas, Brasil.

Para la mayoría de las colecciones hasta ahora hechas, la información acerca de las características y usos de los cultivares en el área donde ellos fueron colectados es poca o muy escasa. Recientemente ha sido preparado por el CIAT un formato standard con el fin de ayudar a clasificar los cultivares de acuerdo a su adaptación, resistencia o plagas y enfermedades y a calidad de las raíces (Fig. 4).

Lo ideal al hacer una colección es hacerlo a través de material vegetativo (estacas o meristemos) con el fin de preservar el genotipo de cultivar original. Sin embargo, si esto no es posible, la colección a través de semillas puede preservar los genes favorables provenientes de los padres. Con este objeto, solamente se deben colectar plantas libres de micoplasmas o enfermedades virales y si es posible de otras enfermedades e insectos, especialmente de aquellas que no pueden ser eliminadas con el tratamiento de las estacas o que no están presentes en el área donde se va a mantener la colección. Generalmente el intercambio de material vegetal de un país a otro requiere de cuarentena para determinar su estado fitosanitario. Aún para colecciones dentro de un país, es deseable hacer cuarentena antes de hacer nuevas introducciones al banco de germoplasma. El método más seguro es pasar el material vegetativo a través de cultivos demeristemáticos.

En cualquier programa de mejoramiento para asegurar una efectiva utilización de su diversidad genética es necesario mantener una buena colección así como evaluar las características que sean de interés. La yuca, como cultivo de propagación vegetativo presenta algunas dificultades en el manejo del germoplasma. Para mantener intacta cualquier introducción se requiere de propagación vegetativa continua, es decir de un mantenimiento en el campo. Esto exige tiempo y es costoso, además presenta el riesgo de que se presenten enfermedades, insectos, problemas de suelo etc., los cuales podrían causar pérdida de las introducciones. Por esta razón, el CIAT está desarrollando un sistema de almacenamiento por medio de meristemos y además se piensa mantener el banco de germoplasma en forma de plántulas dentro de tubos de ensayo en un medio con luz y temperatura adecuados. También en el futuro será posible almacenar indefinidamente los meristemos en Nitrógeno líquido de tal manera que tan solo se necesitará mantener plantas en el campo para hacer evaluaciones.

Cuando se vaya a mantener la colección en el campo se deben tener en cuenta algunos factores. El área para mantenerla debe estar libre o con un mínimo de problemas de enfermedades e insectos y un suelo

moderadamente fértil y bien drenado. Con el fin de evitar pérdidas del material es preferible mantener la colección en dos sitios bien sea que vaya a sembrarse en el campo o mantenerse en tubos de ensayo. Para esto son suficientes 4 ó 5 plantas por localidad. Si el banco de germoplasma se usa también como fuente de material de siembra para otros ensayos entonces es necesario un mayor número de plantas. Además al sembrar el material en el campo se debe tener en cuenta de que cada cultivar tenga un espacio suficiente para su desarrollo y así evitar pérdidas por competencia con las parcelas vecinas.

La diversidad genética puede también ser mantenida en la forma de semillas sexuales. Sin embargo, puesto que la yuca es una especie altamente heterocigota, las plantas provenientes de semillas sexuales segregarán ampliamente. También en el caso de autopolinización probablemente se presentará una marcada depresión por efectos de consanguinidad y será difícil mantenerlas o de muy poco valor más aún si ellas no florecen.

FORMATO PARA RECOLECCION - YUCA

(Se requiere que se llene los descriptores en esta hoja)

GENERO: _____ ESPECIE: _____ SUBESPECIE: _____

INICIALES COLECTORES: _____ NUMERO DE COLECCION: _____

INSTITUCION RESPONSABLE: _____

FECHA DE RECOLECCION (Día/Mes/Año): _____/_____/_____

PAIS DE RECOLECCION: _____ PROVINCIA/ESTADO: _____

LOCALIDAD:
Municipio/pueblo más cercano: _____
Distancia (Km): _____ Dirección: _____

LATITUD: Grados: _____ Minutos: _____ N S
LONGITUD: Grados: _____ Minutos: _____ Or Oe
ALTITUD: (msnm) _____

PROCEDENCIA INMEDIATA (en circulo):

Silvestre	1	Mercado local	5
Campo de agricultor	2	Mercado comercial	6
Tienda	3	Instituto	7
Solar o huerto casero	4	Otra _____	8

STATUS DE LA MUESTRA (en circulo):

Silvestre	1	Cultivar primitivo	4
Mala hierba	2	Cultivar mejorado	5
Línea de mejora	3	Otra _____	6

NOMBRE LOCAL: _____

FOTO (en circulo): SI NO Número: _____

FORMA DE MUESTRA (en circulo):

Vegetativa 1 Semilla 2 Ambos 3

MUESTRA HERBARIO (en circulo): SI NO

CANTIDAD DE MATERIAL (número de semillas o estacas): _____

COMENTARIOS: _____

(Se sugiere que se llene los descriptores en esta hoja)

HABITO DE CRECIMIENTO (en circulo):
Arbol 1 Arbusto 2 Rastrera 3 Otra 4 _____

PARTE DE LA PLANTA UTILIZADA (en circulo): Raíces 1 Follaje 2

USO PRINCIPAL (en circulo):

Consumo humano - fresco	1	Consumo animal - seco o procesado	4
Consumo humano - seco o procesado	2	Extracción de almidón	5
Consumo animal - fresco	3	Otra _____	6

CUALIDADES ESPECIALES (según el agricultor) (en circulo):

Rendimiento	1	Resistencia a enfermedades	5
Contenido de almidón	2	Resistencia a plagas	6
Calidad culinaria	3	Adaptación edafica	7
Almacenamiento raíces	4	Otra _____	8

DEFECTOS NOTORIOS (según agricultor): _____

ENFERMEDADES/PLAGAS Y SU SEVERIDAD:
(Severidad: 1 = poco daño; 2 = daño moderado; 3 = daño severo)

Enfermedades/Plagas	Severidad	Enfermedades/Plagas	Severidad
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVOS ASOCIADOS:

_____ _____

_____ _____

TOPOGRAFIA (en circulo):

Pantanoso	1	Ondulado	5
Plano inundable	2	Colinas	6
Vega	3	Montañoso	7
Plano	4	Otra	8

VEGETACION (en circulo)

Bosque lluvioso	1	Bosque espinoso	6
Bosque húmedo	2	Matorral desertico	7
Bosque semi-húmedo	3	Desierto	8
Bosque seco	4	Otra _____	9
Bosque muy seco	5		

TEXTURA DEL SUELO (en circulo):

Arenoso	1	Arcilloso	5
Franco-arenoso	2	Pedregoso	6
Franco	3	Orgánico	7
Franco-arcilloso	4	Otro _____	8

DRENAJE (en circulo)
Malo 1 Moderado 2 Bueno 3 Excesivo 4

PENDIENTE (en circulo)

Plano o casi plano	(< 4°)	1
Pendiente moderado	(4 - 14°)	2
Pendiente empinado	(> 14°)	3

BIBLIOGRAFIA

Bronson, B. 1966. Roots and the subsistence of the ancient Maya. Swest. J. Anthrop. 22: 251-279.

Harlan, J.R. 1971. Agricultural origins; Centers and noncenters. Science 174: 468-474.

_____. 1975. Crops and Man. Asa, Madison, Wisc. 295 p.

Lathrap, D.W. 1973. The antiquity and importance of long-distance trade relationships in the moists tropics of Pre-Colombian South America. World Archaeology 5: 170-186.

Mac Neish, R.S. 1958. Preliminary archeological investigations in the Sierra de Tamaulipas, México. Trans. Am. phil. Soc. 48: 1-210.

Nassar, N.M.A. 1978. Conservation of the genetic resources of cassava (Manihot esculenta): determination of wild species localities with emphasis on probable origin. Econ. Bot. 32: 311-320.

Reichel - Dolmantoff, G. 1957. Momil: a formative sequence from the Sinv Valley, Colombia. Am. Antig. 22: 226-234.

_____. 1965. Colombia: ancient peoples and places. Series No. 44. London.

Renvoize, B.S. 1973. The area of origin of Manihot esculenta as a crop plant - a review of the evidence. Econ. Bot. 26: 352-360.

Rogers, D.J. 1965 Some botanical and ethnological considerations of Manihot esculenta. Econ. Bot. 19: 369-377.

_____. 1973. Some further considerations on the origin of Manihot esculenta Crantz. Trop. Root and Tuber Crops Newsletter No. 6:4-14.

Rogers. D.J. and S.G. Appan. 1973. Manihot, Manihotoides (Euphorbiaceae). Flora Neotropica. Monograph No. 13, New York, Hatner, 272 p.

Rouse, I. and J.M. Cruxent. 1963. Venezuelan Archeology. Yale.

MEJORAMIENTO GENETICO DE YUCA PARA PRODUCTIVIDAD

Kazuo Kawano *

Clasificación de cultivos por métodos de mejoramiento genético

1. Cultivos de propagación vegetativa. Yuca, camote, papa, caña de azúcar y pastos como Brachyaria, pertenecen a este grupo. La propagación vegetativa tiene enorme ventaja en manejo de mejoramiento genético porque es posible de multiplicar cualquier tipo genético una vez que el fitomejorador lo encuentre. Usualmente los cultivos que pertenecen a este grupo son altamente heterosigotos y esta heterosigosidad se mantiene fácilmente por propagación vegetativa. Siendo la heterosigosidad la característica de la planta, el fitomejorador usualmente no tiene necesidad de preocuparse por heterosis. Tales factores como la incapacidad de las plantas para reproducirse sexualmente o crosincopatibilidad, ocasionalmente pueden ser un factor negativo de este grupo de cultivos para mejoramiento genético. En general, este grupo de cultivos se considera el más fácil en cuanto método de mejoramiento.

2. Cultivos de propagación sexual por autofecundación. Arroz, trigo, fríjol y soya son los representativos de este grupo. El manejo genético de estos cultivos es relativamente fácil porque las plantas se autofecundan por su cuenta. Sin embargo, el fitomejorador tiene que esperar 7 ó 8 generaciones antes de que él pueda multiplicar algunos buenos materiales sin cambiar su constitución genética porque las plantas de F_1, F_2, F_3, etc. siempre segregan, reproduciéndose los hijos genéticamente distintos. Sin embargo, este grupo de cultivos se considera relativamente fácil en cuanto a metodología de mejoramiento.

3. Cultivos de propagación sexual por polinización cruzada de capacidad de propagación vegetativa. Varias especies de forrajes pertenecen a este grupo. Las plantas que pertenecen a este grupo tienen tendencia de ser extremadamente susceptibles a "inbreeding depression". Porque casi cualquier forma de propagación sexual tiene tendencia hacia "inbreeding", uno de los factores críticos en manejo genético de estos cultivos es mantener suficiente nivel de heterosigosidad. Se necesita un programa separado para producción de semillas comerciales y se requiere mantener más de dos genotipos para cada variedad recomendada. La capacidad de propagación vegetativa del cultivo ayuda mucho al fitomejorador a mantener los genotipos de padres sin cambiar su constitución genética. Sin embargo, todo el esquema de trabajo es más complicado en comparación con los grupos 1 y 2.

---

* Fitomejorador. Programa de Yuca. CIAT

4. Cultivos de propagación sexual por polinización cruzada sin capacidad de propagación vegetativa. Maíz es un representativo de este grupo. Los cultivos de este grupo son en general, sumamente sensitivos a "inbreeding depression" por eso, las semillas comerciales tienen que ser híbridos. Para producir una gran cantidad de semillas híbridas hay que mantener más de dos genotipos como padres. Las plantas no pueden propagarse vegetativamente y son susceptibles a "inbreeding". Como consecuencia, el mantenimiento de los padres para producción de semillas híbridas es bastante trabajoso. Es decir, se necesita otro programa para mantenimiento de los padres que se usan en programas de producción de semillas híbridas. El método de mejoramiento para estos cultivos se considera el más complicado.

Clasificación de cultivos por factores fisiológicos que afectan rendimiento

1. Pastos y forrajes. En estos cultivos, un 90% (de biomas) del total de la planta constituye el rendimiento. El fitomejorador tiene que preocuparse de un solo factor fundamental que es la producción total de la planta, aunque siempre hay otros factores importantes tales como contenido de proteína, minerales, etc.

2. Raíces y Tuberosas. Yuca, camote y papa; aunque caña de azúcar no es raíz ni tuberosa, pertenece a este grupo. En estos cultivos, la producción total de la planta y distribución de este producto a la parte de rendimiento (en caso de yuca, raíz) son los dos factores fundamentales para el rendimiento. Las plantas pueden llenar el rendimiento (en caso de yuca, raíz) a largo plazo y no hay época crítica para la formación del rendimiento. Usualmente la parte económica queda en la parte baja de la planta, por eso no hay peligro de perder rendimiento por volcamiento. Las plantas tienen mucha flexibilidad en la formación de rendimiento. Para el fitomejorador, este grupo de cultivos es un poco más complicado que pastos y forrajes.

3. Cereales. Arroz, trigo y maíz son los representativos de este grupo. Estos cultivos son similares al grupo de raíces y tuberosas en que la producción total y su distribución son los factores fundamentales para la formación de rendimiento. Sin embargo, hay épocas críticas para la formación de rendimiento, enfermedades e insectos o bajas temperaturas, pueden causar una pérdida completa. Por ejemplo, en arroz, las bajas temperaturas durante el período de meiosis o un ataque de Piricularia a cuellos de panojas pueden causar una pérdida completa. Además, hay una época para determinar el nivel máximo de rendimiento (época antes de floración, determinación de número total de espiguillas) y otra época después para tratar de alcanzar este nivel (época después de floración; llenado de los granos). El rendimiento queda en la parte superior de la planta, por eso, hay peligro de volcamiento cuando las plantas tratan de alcanzar un

rendimiento demasiado alto. Por consecuencia de estos factores, las plantas tienen muy poca flexibilidad para la formación de rendimiento.

El fitomejorador tiene que pensar en la balanza muy delicada entre numerosos órganos de la planta. Habiendo tantas épocas críticas, hay correspondiente número de enfermedades e insectos que afectan el rendimiento. Habiendo tantos factores que el fitomejorador tiene que pensar simultáneamente, se duplica la complejidad del trabajo de mejoramiento.

4. Granos leguminosos. Frijol y soya son los representantes de este grupo. El rendimiento de estos cultivos se compone de proteína y carbohidrato. Además de todos los factores de los cuales el fitomejorador de cereales tiene que preocuparse, se suma la balanza entre proteína y carbohidratos. El número de factores fisiológicos y enfermedades e insectos es el más alto en estos cultivos. Por consiguiente, el trabajo de fitomejoramiento es más complicado en estos cultivos.

Definición de mejoramiento genético de cultivos

"Un acto de alcanzar el nivel máximo de productividad a través de la modificación genética de la planta y para luego defender este alto nivel de productividad de los factores negativos."

La historia de mejoramiento genético de casi cualquier cultivo de mayor importancia comienza con la modificación del tipo de planta. Cuando alcanza a cierto nivel de rendimiento, ya no se puede esperar un aumento espectacular de rendimiento y por lo tanto el énfasis de trabajo se mueve hacia la resistencia a enfermedades e insectos. Trigo, maíz y papa en EE.UU. y Europa, y arroz en Japón alcanzaron cierto nivel de rendimiento hace veinte años y la primera importancia de trabajo de fitomejoramiento en estos países pasó a resistencia a enfermedades e insectos. Trigo y arroz en tierra con riego en el trópico alcanzaron un nivel máximo de rendimiento hace diez años y el énfasis de trabajo pasó a las resistencias.

Cuanto más sean los factores fisiológicos que afectan el rendimiento, más tiempo se demora para alcanzar el nivel máximo. Según esta teoría, no debería demorar mucho el mejoramiento de yuca para alcanzar el nivel máximo.

Objetivo de mejoramiento genético de yuca

Obtener nuevos genotipos que den el más alto rendimiento de calorías por unidad de área, por unidad de tiempo, bajo diversas condiciones ambientales.

1. Por su uso

a. Para consumo humano.
b. Para consumo de animales.
c. Para producción de almidón y alcohol.

2. Por área ecológica

a. Seleccionar genotipos que den mejor rendimiento en los trópicos bajos donde se siembra yuca corrientemente.
b. Seleccionar genotipos para obtener una eficiente producción de calorías en las áreas savana de oxisoles que no se utilizan en este momento.
c. Seleccionar genotipos adaptados a las zonas de bajas temperaturas.

Características biológicas de la yuca relacionadas con el trabajo de fitomejoramiento

El número de cromosomas de yuca (Manihot esculenta) es 36 y la especie generalmente se considera como "allotetraploid". M. esculenta es una especie altamente heterosigota mantenida fácilmente a través de propagación vegetativa. Polinización cruzada y autopolinización ocurren naturalmente. La proporción de polinización cruzada en una cierta población depende del hábito de floración de los genotipos y la colocación física de la población. La yuca es una especie monoecia con el estigma y las anteras colocadas separadamente en diferentes flores dentro de la misma planta. Las flores femeninas y masculinas que están en la misma rama, nunca se abren al mismo tiempo, sin embargo, es común que las flores femeninas y masculinas de las diferentes ramas se abran al mismo tiempo.

No hay ningún mecanismo fisiológico o genético para impedir autofecundaciones. Sin embargo, fuerte "inbreeding depression" se presenta en la mayoría de genotipos y en la mayoría de los casos las plantas procedentes de autofecundación no sirven para nada. Esta fuerte "inbreeding depression", además de propagación vegetativa, es el principal mecanismo biológico por el cual la alta heterosigocidad de la especie se mantiene. Se encuentra con alta frecuencia macho estéril y esto es muy efectivo en prevenir autopolinizaciones.

Variación genética y selección

1. Germoplasma. La yuca se originó y completó la mayoría de su diversificación en el continente latinoamericano. Esto significa que la mayor variación genética existe en este continente. En el CIAT, existe una colección de unos 2.400 cultivares de yuca que se han coleccionado de todos los sitios de latinoamerica. Algunos de estos cultivares tienen alta capacidad de rendimiento y otros tienen resistencia a cierta clase de enfermedades e insectos. Hasta ahora, hemos encontrado fuentes de

resistencia a la mayoría de las enfermedades e insectos que tienen alta importancia en producción. Sin embargo, no se ha encontrado ningún cultivar en esta colección que contenga todas las características deseables para que el CIAT pueda recomendarla como una nueva variedad de yuca. Por lo tanto, para combinar varias características deseables en una nueva variedad hay necesidad de hacer miles de hibridaciones para producir nuevos genotipos y luego seleccionar.

2. Selección de padres para hibridaciones. Existe muy buena correlación entre los valores de padres y sus hijos (híbridos F1) en tales características como índice de cosecha (Fig. 1), contenido de materia seca en la raíz (fig. 2) y el grado de pudrición de raíz (Fig. 3). La correlación en rendimiento de raíz es un poco baja (Fig. 4) comparado con las características mencionadas anteriormente. Sin embargo, esto no causa mucho problema porque el índice de cosecha es aún más importante que el rendimiento cuando las plantas están evaluadas en base a una planta individual o a una sola hilera en el campo en lugar de la población (ver más adelante) Además la resistencia a tales enfermedades como bacteriosis (CBB) y Cercospora se transmite relativamente fácil a las progenies cuando los genotipos con resistencia están incluidos en las hibridaciones.

Estos datos sugieren que en yuca muchas de las características importantes son altamente heredables y el efecto de genes aditivos es muy significativo. La propagación vegetativa del cultivo y el modo aditivo de herencia en las características importantes sugieren que el esquema de hibridación y selección puede ser bastante sencillo. Identificación de buenos padres y eficiente "screening" de las decendencias son factores más importantes que los detalles de metodología. Prácticamente el fitomejorador debe incluir cualquier genotipo que tenga alguna característica deseable en su plan de hibridaciones. Acumular genes favorables sin provocar "inbreeding depression" es casi el único punto crítico sobre el cual el fitomejorador tiene que tener mucho cuidado.

Solamente cuando se sabe que las características buscadas están controladas por un gene recesivo, todo el plan de trabajo se hace bastante complicado. Pero esto es una posibilidad muy remota en este momento.

3. Selección en plántulas ("seedling"). Las plantas que vienen directamente de semillas sexuales (plántulas) tienen apariencia muy distinta de las plantas provenientes de estacas por lo menos durante los primeros tres meses de siembra. Después de tres meses, las plántulas comienzan a tener una apariencia en la parte de arriba del suelo muy similar a las plantas sembradas con estacas, sin embargo, la colocación de raíces en las plántulas es siempre muy diferente de las plantas sembradas con estacas.

Afortunadamente, la correlación entre los datos de las plántulas y los datos de los mismos genotipos sembrados con estacas es muy alta en las características importantes tales como rendimiento de raíz, peso total de planta e índice de cosecha (Fig. 5). Esto indica claramente que la selección con plántulas es sumamente efectivo.

4. Selección en pruebas de hileras y de poblaciones. Las plántulas seleccionadas en el campo pasan inmediatamente a la prueba en hileras que consiste en una sola hilera o caballón para cada línea seleccionada ("Campo de observación" en el CIAT). Usualmente se siembran cinco plantas por caballón. Las líneas sobresalientes de esta prueba pasan a la prueba de población ("Ensayo de rendimiento" en CIAT) usualmente se siembran 30 plantas por línea genética con un mínimo de dos replicaciones.

Los rendimientos obtenidos en la prueba de hileras son completamente diferentes de los rendimientos obtenidos en la prueba de población y no hay ninguna correlación entre estas dos pruebas (Fig. 6). Porque los datos de rendimiento que tienen valor son los datos obtenidos en condiciones de población, los datos de rendimiento en las pruebas de hileras casi no significan nada. En cambio, los valores de índice de cosecha obtenidos en la prueba de hilera están altamente correlacionados a los de la prueba de población (Fig. 7). En las pruebas de población, índice de cosecha está altamente correlacionado con los rendimientos (Fig. 8). En consecuencia, en pruebas de hileras, índice de cosecha es mejor indicador que el rendimiento en sí mismo, para rendimiento real (Fig. 9). Esto ocurre como consecuencia de la competencia entre genotipos; los genotipos con alto vigor y bajo índice de cosecha siempre puede dar mayor rendimiento en campo de plántulas o en prueba de hilera ocupando los espacios que pertenecen a otros genotipos. Sin embargo, estos genotipos no pueden rendir bien en condición de población.

Indice de cosecha es un indicador de balanza entre producción total de la planta y su distribución a la raíz, es altamente heredable (Fig. 1) y existe enorme variación genética entre las variedades sembradas en los campos de agricultura. Indice de cosecha es la mejor característica para usar como un indicador durante la selección de padres para cruzamiento y las selecciones en campos de plántulas y de pruebas de hileras. Nuestro objetivo de selección en este momento es seleccionar las plantas que tienen más de 0.60 de índice de cosecha en los campos de plántulas y pruebas de hileras.

Conclusiones

Mejoramiento genético de cultivos es un acto de alcanzar el nivel máximo de productividad a través de la modificación genética de la planta y luego defender este alto nivel de productividad de los factores negativos tales como enfermedades e insectos. El germoplasma existente

de yuca generalmente está muy lejos y debajo de su nivel potencial o nivel máximo de productividad. Hasta ahora la yuca ha recibido muy poca atención de parte de los fitomejoradores. Botánica y fisiológicamente la yuca pertenece al grupo de cultivos en los cuales la metodología de mejoramiento genético debe de ser fácil. Además los análisis genéticos sobre herencia de varias características importantes sugieren que no debe haber muchas complicaciones en el manejo genético de este cultivo. Por estas razones, el impacto de mejoramiento genético debe ser grande y no debe demorar mucho tiempo antes de que se alcance el nivel máximo de productividad. Un factor clave para aumentar eficiencia de trabajo es seleccionar a través de índice de cosecha.

Después de cuatro años de trabajo, el programa de fitomejoramiento de yuca en CIAT, tiene ahora líneas híbridas que rinden más de 50 ton/ha/año o 100% arriba de los cultivares locales en suelo de CIAT y más de 30 ton/ha/año o 50% más de los cultivares locales en oxisol de los Llanos Orientales. Ahora, la pregunta no es cómo vamos a mejorar las plantas ni si podemos hacerlo sino cuál vamos a recomendar. El énfasis de trabajo se mueve gradualmente hacia resistencias a enfermedades, insectos y otros factores negativos tales como suelos especiales y bajas temperaturas.

CUADRO 1. Comparación entre la progenie S_1 autopolinizada y los padres*

	No. de S_1 Genotipos	Rdto. (k/plant) S_1		Planta total S_1	(k/plant) Padre	Indice de cosecha S_1	Padre	Altura planta S_1	(m) Padre
Llanera	9	1.9	4.5	4.1	8.7	.32	.52	1.67	1.82
M Col 9	6	0.9	4.0	4.7	12.6	.20	.32	1.64	2.43
M Col 51	23	1.3	3.0	2.8	5.1	.52	.60	1.40	1.67
M Col 173	20	1.3	2.6	5.6	8.2	.21	.31	2.72	2.77
M Col 340	26	1.8	4.8	6.5	12.0	.28	.40	1.78	2.30
M Col 562	14	1.6	3.2	3.7	7.5	.41	.50	1.82	2.30
M Col 647	36	2.0	4.0	4.4	9.8	.45	.40	1.58	2.30
M Col 667	5	0.6	4.8	1.6	11.0	.38	.44	1.52	2.80
M Col 688	10	2.5	4.2	5.3	7.8	.45	.53	2.14	2.43
M Col 971	15	3.8	3.1	9.5	5.4	.40	.57	1.97	1.50
Extranjera	12	1.4	2.9	3.2	7.7	.41	.38	1.43	2.43
M Ven 179	16	1.4	3.5	5.4	13.4	.44	.25	2.00	2.00
Promedio		1.71	3.72	4.73	9.10	.373	.466	1.81	2.23

* Datos de ensayos en surcos simples (2 m entre genotipos, 1 m entre plantas del mismo genotipo, promedio de tres plantas por genotipo).

CUADRO 2. Diferencia genética en el número de semillas obtenidas por polinización

Cruces	No. de flores femeninas polinizadas	No. de semillas obtenidas		No. de semillas obtenidas por flor femenina
M Col 1684 x M Col 22	91	72		0.79
M Col 1684 x M Col 638	350	63		0.18
M Col 1684 x M Mex 55	78	40		0.51
M Col 1684 x CM 309-56	225	53		0.24
M Col 1684 x CM 309-239	115	65		0.57
M Col 1684 x CM 309-260	130	20		0.15
			Promedio	0.41
M Col 638 x M Col 1684	274	268		0.98
M Col 638 x M Mex 55	220	284		1.29
M Col 638 x M Ven 218	357	402		1.13
M Col 638 x M Pan 70	324	257		0.79
M Col 638 x M Pan 114	217	313		1.44
M Col 638 x Popayan	285	484		1.70
M Col 638 x CM 309-11	105	191		1.82
M Col 636 x CM 309-26	144	212		1.47
M Col 638 x CM 309-29	99	154		1.56
M Col 638 x CM 309-56	143	206		1.44
M Col 638 x CM 309-143	64	136		2.13
			Promedio	1.43
M Col 755 x Llanera	161	279		1.73
M Col 755 x M Col 22	278	500		1.80
M Col 755 x M Col 647	233	424		1.82
M Col 755 x M Col 667	144	234		1.63
M Col 755 x M Mex 55	284	517		1.82
M Col 755 x M Mex 59	154	284		1.84
M Col 755 x M Ven 185	90	157		1.74
M Col 755 x M Ven 209	162	204		1.88
M Col 755 x M Ven 270	163	308		1.89
M Col 755 x M Ven 307	203	379		1.87
			Promedio	1.80
SM 76-66 x M Col 638	488	946		1.94
SM 76-66 x M Mex 59	59	132		2.24
SM 76-66 x Popayan	221	427		1.93
SM 76-66 x CM 157-9	111	186		1.68
SM 76-66 x CM 170-2	106	239		2.25
SM 76-66 x CM 204-5	75	156		2.08
SM 76-66 x CM 309-37	112	218		1.95
SM 76-66 x CM 309-56	143	221		1.55
SM 76-66 x CM 334-19	119	241		2.03
			Promedio	1.96

CUADRO 3. Resultados seleccionados de ensayos de rendimiento en tres localidades

Localidad	Genotipo	Rendimiento de raíces ton/ha/año	
		Peso seco	Peso fresco
CIAT	CM 309-211	17.9	50.8
	CM 308-197	17.6	50.3
	CM 323-30	16.6	48.3
	CM 308-1	16.3	43.3
	CM 321-15	15.9	46.1
	CM 321-170	15.8	47.8
	CM 317-16	15.4	48.1
	CM 307-135	15.4	44.0
	CM 309-84	15.4	41.1
	CM 152-12	14.7	45.0
	M Col 113 (Variedad local)	8.4	25.6
	Llanera (Testigo)	7.9	24.7
	M Col 22 (Testigo)	7.1	19.7
Carimagua	SM 92-73	10.6	33.0
	CM 323-52	10.0	33.0
	CM 308-197	9.9	30.6
	CM 314-2	8.4	25.7
	CM 323-99	7.8	24.3
	CM 323-142	7.5	26.0
	CM 309-2	7.5	23.3
	CM 321-88	7.1	21.5
	CM 305-11	6.9	24.0
	CM 323-41	6.6	24.0
	Llanera (Variedad local)	6.9	21.5
	M Col 22 (Testigo)	6.0	19.4
	M Col 113 (Testigo)	2.7	10.4
Caribia	CM 320-2	13.7	42.0
	CM 309-50	13.7	41.7
	CM 309-163	12.8	44.3
	CM 323-75	12.2	37.8
	CM 323-41	12.2	37.6
	CM 322-20	12.1	36.7
	CM 321-85	11.6	36.1
	CM 308-197	11.4	34.5
	CM 309-128	11.1	34.8
	CM 321-78	11.0	38.0
	M Col 22 (Testigo)	11.4	33.6
	Llanera (Testigo)	6.0	20.7
	Manteca (Variedad local)	5.0	18.1
	Montero (Variedad local)	4.3	12.6

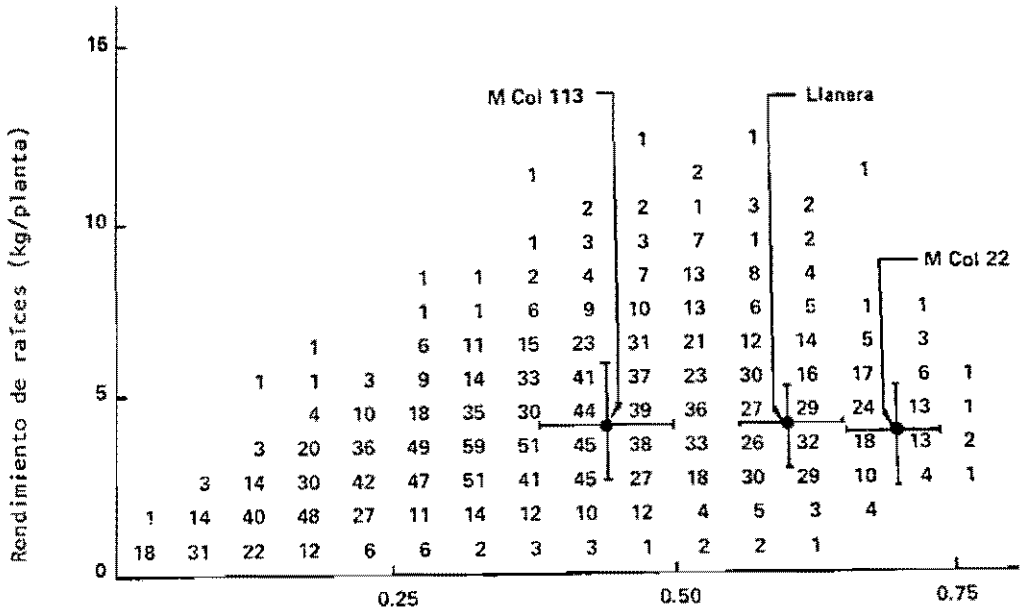


Fig. 1. Relación entre índice de cosecha y el rendimiento de raíces de 1900 cultivares evaluados en surcos simples (El número representa el número de cultivares y los valores de los cultivares testigos se muestran con la desviación estandar).

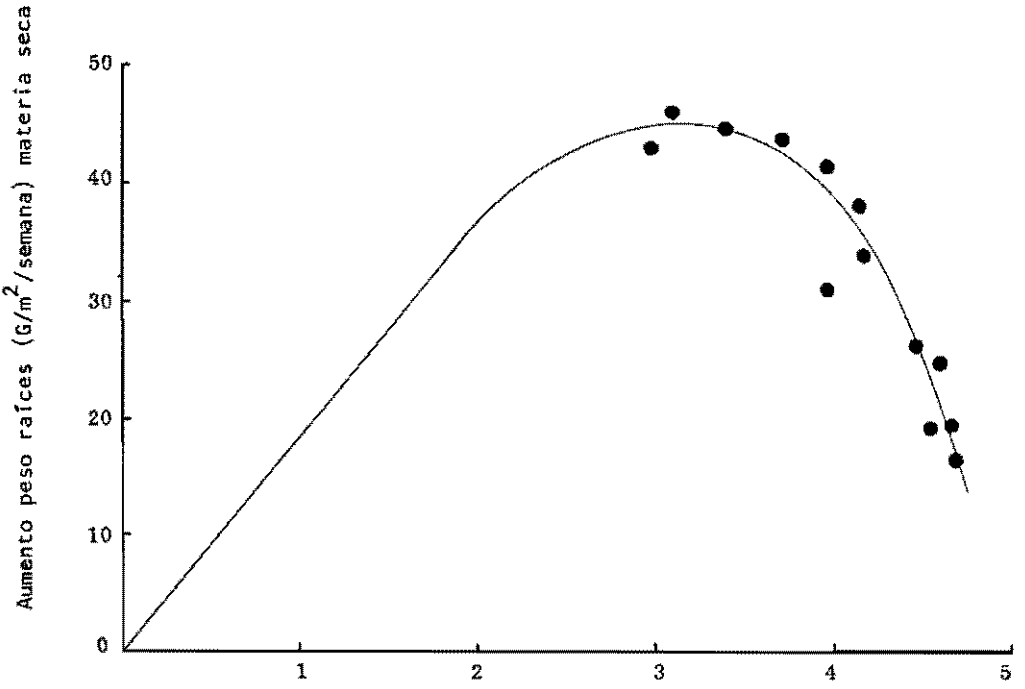


Fig. 2. Aumento de peso de las raíces como una función del IAF en la variedad M Col 113 en CIAT. (Cock, CIAT, 1975)

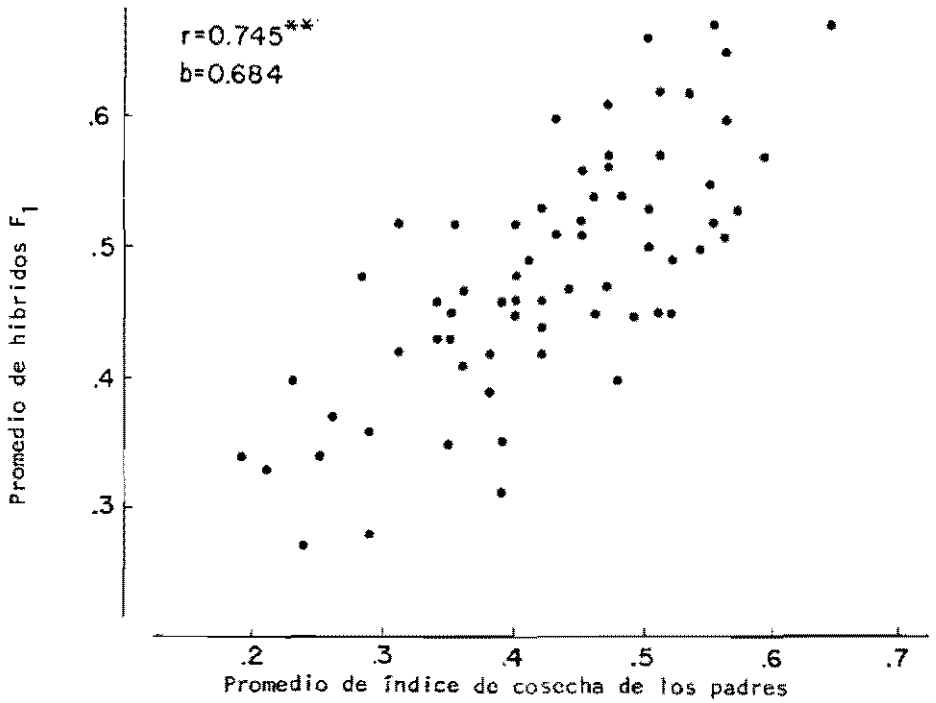


Fig. 3 Relación entre los padres y sus hijos en índice de cosecha.

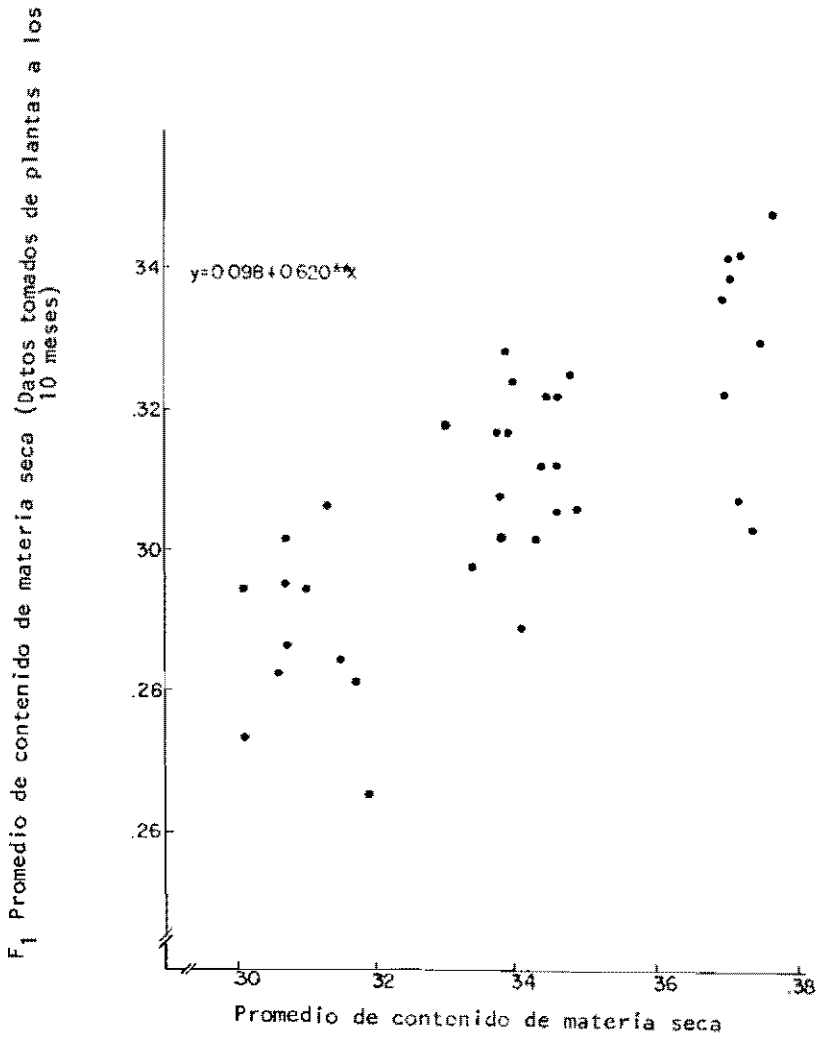


Fig. 4 Relación entre los padres y sus hijos en contenido de materia seca (Datos tomados de surcos individuales en CIAT).

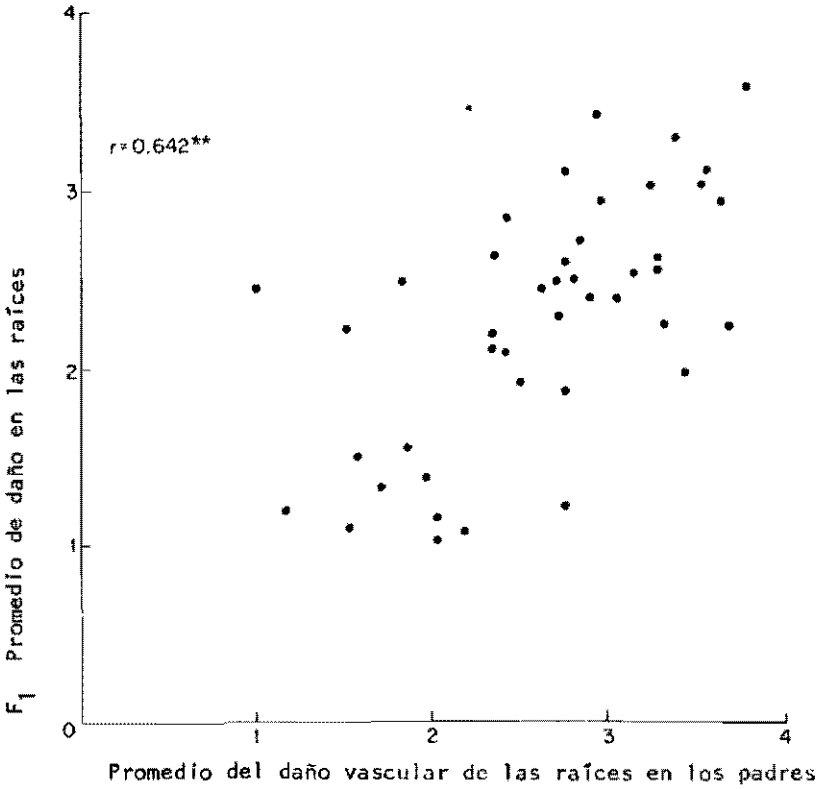


Fig. 5 Regresión del promedio de F_1 en la mitad de los padres en la deterioración de las raíces posterior a la cosecha (calificación para daño en la raíz o ningún daño o daño total).

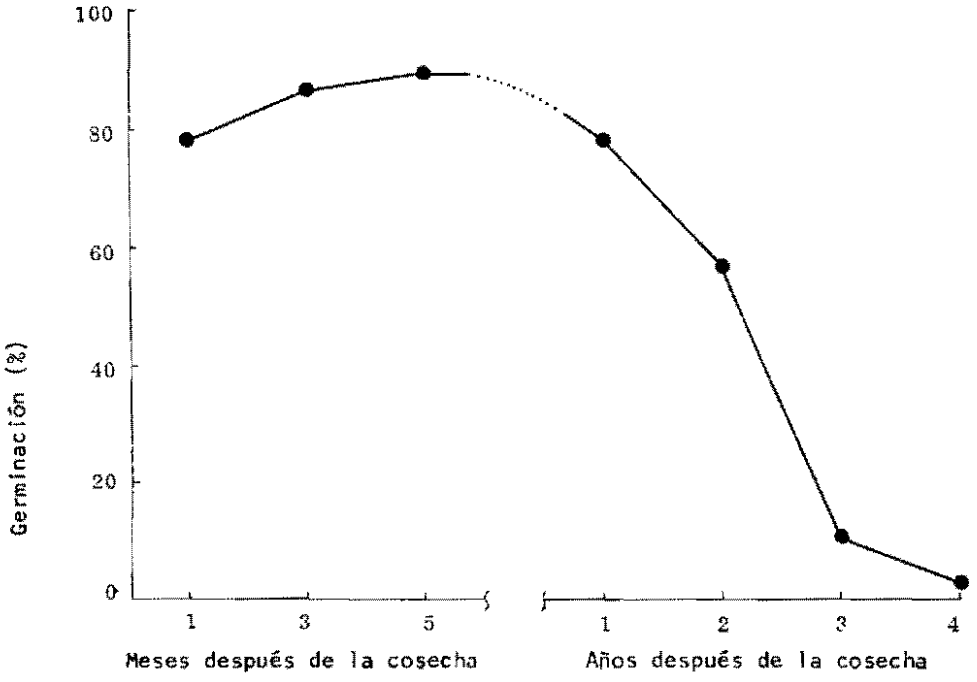


Fig. 6 Germinación de semillas de yuca con diferentes períodos de almacenamiento a 24°C de temperatura. (Cada punto representa el promedio de varias poblaciones genéticas).

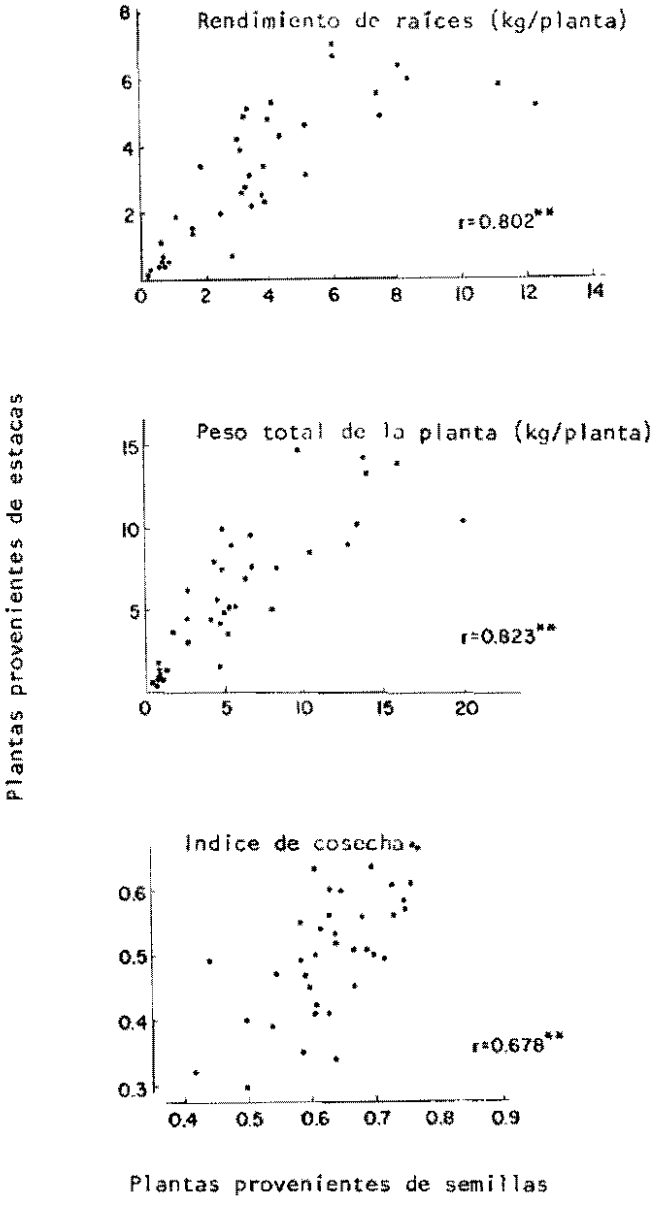


Fig. 7 Correlación de datos de cosecha 7 meses después de la siembra entre plantas del mismo genotipo provenientes de semillas y de estacas en CIAT.

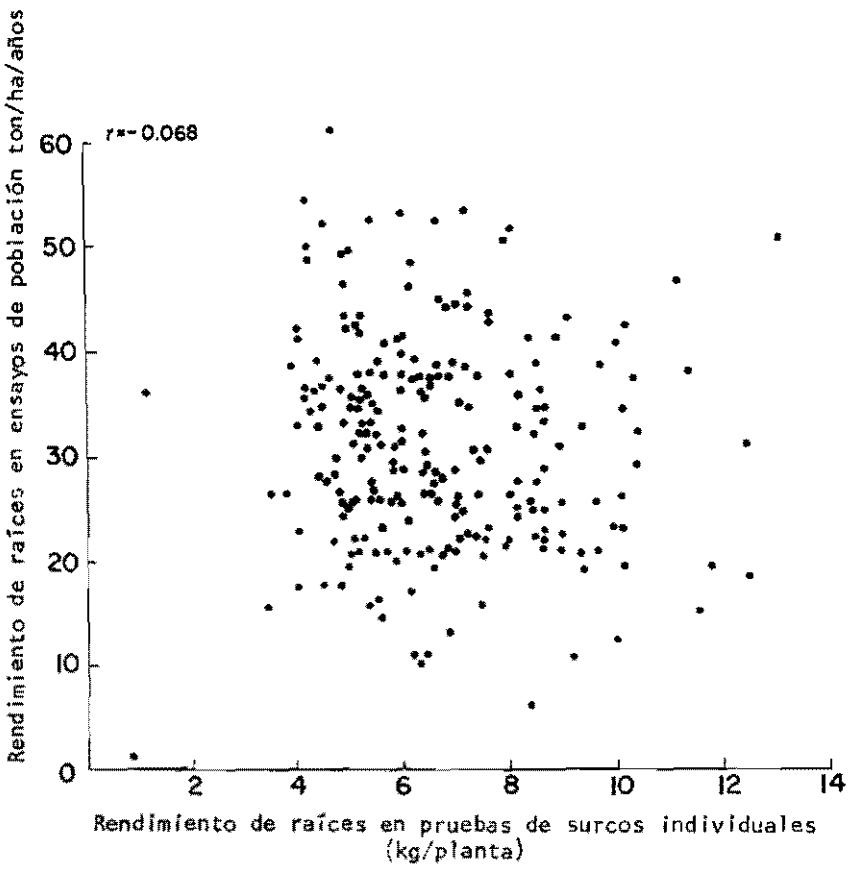


Fig. 8 Relación entre el peso fresco de raíces en ensayos de surcos individuales y ensayos de población en CIAT.

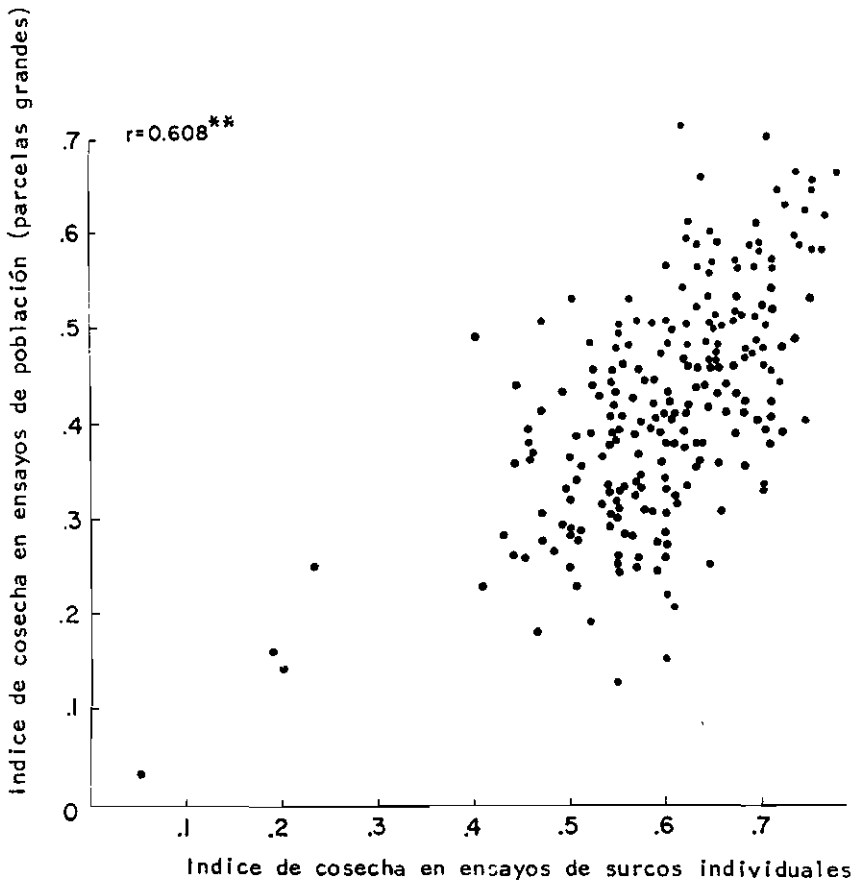


Fig. 9 Relación entre el índice de cosecha en ensayos de surcos individuales y en ensayos de población en CIAT.

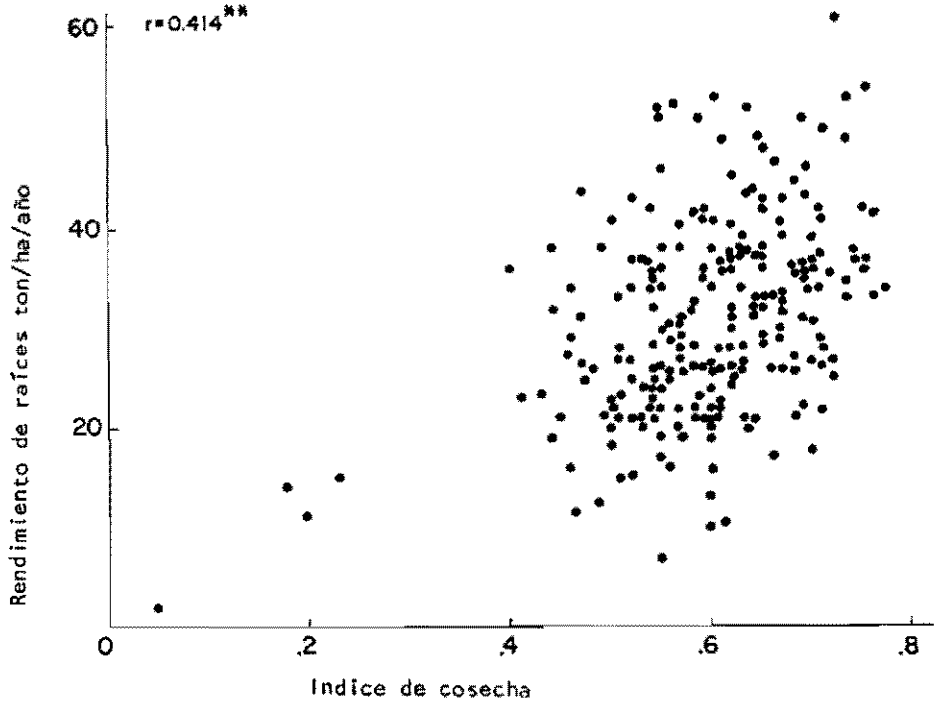


Fig. 10 Relación entre el índice de cosecha y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

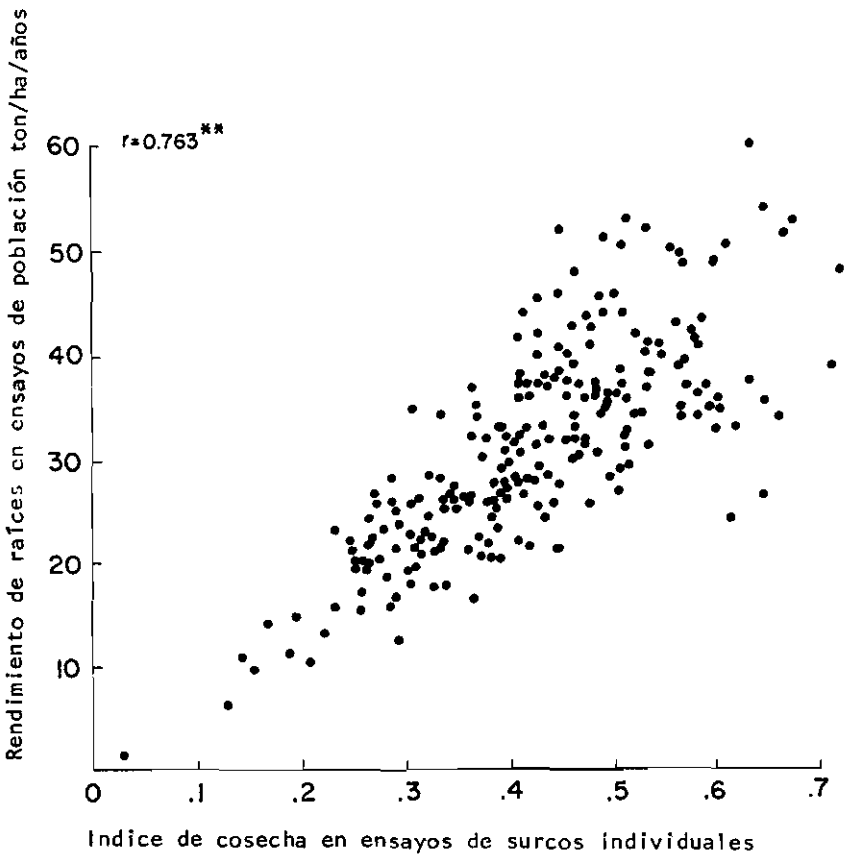


Fig. 11 Relación entre el índice de cosecha en ensayo de surcos individuales y rendimiento de raíces (peso fresco) en ensayos de población en CIAT.

BIBLIOGRAFIA

Anonym. 1976. Inequality, the main cause of world hunger. Science 194: 1142. Cited from Malnutrition and poverty. John Hopkins Univ. Press.

Arraudeau, M. 1969. Cassava in the Malagasy Republic; research and results. International Symposium on Tropical Root Crops, Proceedings. St. Augustine, University of the West Indies. 180-184.

CIAT. 1973. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p. 59-118.

CIAT. 1974. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p. 53-109.

CIAT, 1975. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p. BI-57.

CIAT. 1976. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program. p. BI-76.

CIAT, 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Annual Report. Cassava production systems program.

Cock, James H., David Franklin, G. Sandoval and Patricia Juri. (in press). Cassava ideotype for maximum production.

FAO. 1971. Production year book. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. Vol. 25.

Irikura, Yukio; James H. Cock and Kazuo Kawano (in press). Temperature x genotype interaction in cassava.

Kawano, Kazuo; Alvaro Amaya, Pablo Daza and Mario Rios. (in press). Hybridization and selection for productivity in cassava (Manihot esculenta Crantz).

Kawano, Kazuo; Pablo Daza, Alvaro Amaya, Mario Rios and Wania M.F. Goncalvez. (in press). Evaluation of Cassava (Manihot esculenta Crantz) germplasm for productivity.

Leon, Jorge. 1976. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. Proc. 4th Symp. Int. Soc. for Tropical Root Crops. IDRC-080e. Int. Development Res. Center. Ottawa, Canada. p. 20-40.

Martin, Franklin W. 1970. Cassava in the world of tomorrow. Proceedings of the 2nd International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops. 1: 51-58.

Nestel, Barry. 1973. Current utilization and future potential for cassava. Chronic cassava toxicity. 11-26. International Development Research Centre. Publication IDRC-010e, Ottawa, Canada.

Nestel, Barry. 1974. Current trends in cassava research. International Development Research Centre, Publication IDRC-036e, Ottawa, Canada.

Nojima, Kazuma and Shohei Hirose. 1977. An outline of bibliographical studies on cassava - A guide to cultivation of cassava. Agricultural Development Cooperation Department. Japan International Cooperation Agency. Tokyo, Japan.

Phillips, Truman P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Publication IDRC-020e, Ottawa, Canada.

Vries de, C.A., J.D. Ferwerda and M. Flach. 1967. Choice of food crops in relation to actual and potential production in the tropics. Neth J. Agric. Sci. 19: 241-248.

102020

GENETICA, CITOGENETICA, ESTRUCTURA FLORAL Y TECNICAS DE HIBRIDACION DE LA YUCA

Clair Hershey*

Alvaro Amaya**

Genética y citogeneticamente la yuca es uno de los cultivos menos conocidos. En los últimos años se han acumulado conocimientos en muchos otros aspectos pero se puede profundizar un poco más en lo relacionado a su genética y citogenética lo cual podría ser de gran ayuda en el mejoramiento genético del cultivo. Este artículo presenta un resumen de los conocimientos acerca de la genética, citogenética, descripción de la estructura floral, hábito de floración y técnicas de hibridación de la yuca.

Sistema de Mejoramiento de los Cultivos

Las plantas que producen flores se pueden dividir en tres grupos de acuerdo con su sistema de mejoramiento. En el primer grupo están las especies que se autopolinizan. Para estas especies las plantas individuales dentro de una población son homocigotas en la mayoría de los locus. Entre los rasgos más importantes están una poca disminución del vigor originado por el efecto de consanguinidad y de que una vez una planta llega a ser homocigota ésta se puede propagar indefinidamente por medio de semilla sin ningún cambio en su estructura genética.

El segundo método incluye cultivos que tienen polinización cruzada. Para cada planta se mantiene un alto grado de heterocigosis. La consanguinidad origina una marcada pérdida del vigor. En muchos casos varios mecanismos tales como la autoincompatibilidad fisiológica, monoecia, dioecia, protoginia y protandría han evolucionado para dar origen a la polinización cruzada.

Tercero, algunas especies son intermedias entre autopolinizados y de polinización cruzada. La polinización cruzada ocurre cuando los medios que la favorecen están presentes aunque la autopolinización también ocurre frecuentemente. Generalmente la consanguinidad no causa mucha pérdida de vigor.

La yuca pertenece a la segunda categoría. Los conocimientos que hay sobre esta materia indican que la yuca es altamente heterocigota. Esta conclusión, se basa principalmente en dos criterios. Primero, cuando se presenta autopolinización hay una drástica reducción del

* Fitomejorador, CIAT.

** Investigador Asociado.

vigor en sus progenies hasta tal punto de que muchas plantas no pueden sobrevivir más de una generación de autopolinización (Kawano et al, 1978). Segunda, la segregación que se observa en los caracteres morfológicos y en otros rasgos, cuando se cruzan dos clones distintos, es muy amplia indicando así que los genes son heterocigotos en muchos locus.

Genética y Citogenética de la Yuca

Todos los cultivares de yuca así como las especies silvestres hasta ahora estudiadas tienen un número de cromosomas de 36 (Graner, 1935; Perry, 1943; Hartman, 1973; Nassar, 1978). Usualmente el número básico de cromosomas en la familia de las Euforbiaceas es de ocho y el cincuenta por ciento de las especies es poliploide. Magoon et al (1969) estudiaron el complemento ciomofomico del paquiteno para un cultivar de yuca. En base a la morfología de los cromosomas determinaron un idiograma del juego haploide de cromosomas. Identificaron seis juegos de cromosomas duplicados y tres tipos de cromosomas nucleares con lo cual catalogan a la yuca como poliploide. A partir de las diferencias presentes en los otros cromosomas y de la morfología de los cromosomas nucleares concluyeron de que esta especie es más alopoliploide que autopoliploide.

Umanah y Hartman (1973) comparando los kariotipos de M. esculenta y M. glaziovii encontraron similitudes morfológicas, especialmente en su longitud media, rango de longitudes, posición del centrómero y número de satélites. Consideraron el kariotio de naturaleza asimétrica, lo cual es una característica de las especies más avanzadas desde el punto de vista evolutivo. Las anormalidades meióticas no son escasas. Estas consisten principalmente de cromosomas demorados en su desplazamiento hacia los polos durante la anafase, bivalentes mal orientadas y de anormalidades en la segunda división meiótica (Moh, 1966). Sin embargo, estas ocurren solamente en un porcentaje muy bajo y tienen poco efecto en la fertilidad.

Las aberraciones relacionadas con la floración en un cultivo de propagación vegetativa tal como la yuca es de esperarse que sean comunes puesto que la floración y la producción de semillas no ejercen ninguna función en la propagación normal de este cultivo. La esterilidad masculina es común y ésta puede ser de dos tipos: que las flores aborten antes de alcanzar madurez o cuando las flores maduran pero las anteras no producen polen (Kawano et al. 1978). Sin embargo, la genética de la esterilidad masculina no ha sido aún estudiada.

Los estudios genéticos en yuca han sido hasta ahora más bien escasos debidos en parte a la dificultad de conformar un esquema de cruzamiento que se ajuste a cualquiera de los diseños sistemáticos comunmente utilizados. Los distintos cultivares varían mucho en el número de frutos y en la época de floración. Aún más, la posible naturaleza poliploide de la yuca complica las interpretaciones.

Así mismo se han identificado genes marcadores para tres características. Estudios hechos por Graner (1942) y Jos y Hrishi (1976) demostraron que la segregación presentada por los caracteres ancho y angosto en los lóbulos de las hojas están controlados por un solo gene. Aunque la edad y el ambiente afectan la anchura del lóbulo, los cultivares se pueden ubicar fácilmente en cualquiera de estas dos clases. Los resultados indicaron que los lóbulos angostos son dominantes y los anchos, recesivos. La coloración roja y verde de las venas de las hojas también ha sido usado como un gen marcador, pero el número de genes que la controla aún no ha sido estudiada (Kawano et al, 1978). Finalmente, Graner (1942) estudiando la coloración de las raíces encontró que el color oscuro es dominante sobre el blanco.

Estudios preliminares de varios caracteres agronómicos y resistencia a insectos han indicado que estos están controlados por muchos genes. La resistencia a la enfermedad del mosaico africano (CMD) fue reportada por Doughty (1958) y Jennings (1970) como de naturaleza multigénica. Esto fue luego confirmado por Hahra y Howland (1972) en evaluaciones con cerca de 10.000 plantas segregantes y 72 familias. La resistencia mostrada en un cruce dialélico fue también de naturaleza recesiva y de una heredabilidad de aproximadamente del 60% (Hahn et al, In Press). Un poco más tarde, Jennings (1976) estudiando la resistencia al mosaico africano (CMD) y a la enfermedad del veteado oscuro (CBS) observó que en ambos casos la resistencia es heredada predominantemente de una manera aditiva aunque no hay dominancia significativa para la resistencia al mosaico africano (CMD). La resistencia a la bacteriosis de la yuca (CBB) ha sido mostrado en forma tentativa de que es controlada por muchos genes actuando en una forma aditiva (CIAT, 1978). También experimentos de campo han mostrado que existe resistencia multigénica no específica de una raza y que debe ser utilizada en programas de mejoramiento (CIAT, 1979).

Características tales como rendimiento total por planta, índice de cosecha (proporción entre el peso de raíces y el peso total de la planta), materia seca de la raíz, deterioro de las raíces después de la cosecha han mostrado un alto coeficiente de regresión entre progenitores y progenies, indicando así un efecto aditivo de los genes para tales rasgos (CIAT, 1975, 1976). El contenido de HCN en las raíces parece que está regulado por un gen recesivo menos complejo (Hahn, et al, In Press).

Hábito de Floración y Estructura de la Flor

La yuca es una especie monoica que posee flores estaminadas y pistiladas en la misma inflorescencia. La floración siempre está acompañada con la ramificación del tallo, de tal manera que los cultivares que no ramifican, no florecen. Las plantas florecen preferencialmente durante los días cortos del año (Jennings. 1970). Sin embargo, el efecto de la temperatura y su interacción con la duración del día no ha sido aún bien documentada.

Las flores masculinas son terminales y las femeninas se encuentran en la parte basal de la inflorescencia. El hábito de floración es protogíneo, es decir, las flores femeninas abren una o dos semanas antes de las masculinas. Este es un mecanismo que favorece la exogamía. Generalmente en la misma inflorescencia se encuentran pocas flores femeninas y muchas masculinas (Fig. 1).

En la flor femenina el perianto es pentalobulado y el pistilo presenta un anillo basal (Fig. 2). El ovario es trilocular, esférico con un estigma en forma de cabeza con tres lúbulos. En cada lóculo hay un óvulo penduloso, anatropo con una rafe ventral y el micrópilo dirigido hacia arriba. En la punta del tegumento interno se forma un tejido suave, la carúntula, que cubre el óvulo.

Las flores masculinas tienen el perianto en forma de copa con cinco lúbulos imbricados que circundan un disco glandular de 10 lóbulos (Fig. 3). Las anteras están distribuidas en dos niveles, en la parte interna cinco anteras pequeñas con filamentos cortos encurvados hacia el centro y cinco más largas con filamentos sobresalientes. Los estambres pequeños están opuestos a los lóbulos del perianto mientras que los más grandes alternan con estos. Las anteras están adheridas en la parte dorsal de cada filamento y se abren en ranuras longitudinales. El polen sale de las anteras 2 a 2.1/2 horas antes de que las flores abran y la dehiscencia total finaliza muy pronto, generalmente antes de que la flor abra totalmente. Los granos de polen son grandes, esféricos y muy poca cantidad en cada saco. El polen es pegajoso y aparentemente la polinización se lleva a cabo por los insectos. El polen seco permanece viable por cerca de seis días (Chandraratna y Nanayakkara, 1948).

Técnicas de Hibridación

El tamaño relativamente grande de las flores junto con la manoecia y protoginia presentes en la yuca hacen que la polinización controlada sea fácil. Generalmente las flores femeninas y masculinas de la misma rama nunca abren simultáneamente pero si es común que flores tanto femeninas como masculinas de diferentes ramas de la misma planta florezcan al mismo tiempo. Esto ocurre generalmente en las horas del medio día (Fig. 2 y 3). Con un poco de práctica y basados en el color y forma de la flor es posible predecir qué flores femeninas abrirán en el mismo día. Un método más efectivo es desprender uno de los pétalos de una flor que aún no esté abierta. La presencia de una gota de néctar en la base del pétalo indica que la flor abrirá el mismo día (Fig. 4).

Cuando se van a efectuar las polinizaciones las flores escogidas para ello se cubren con bolsas de tela (20 x 25 cms) en la mañana del día que se va a realizar el cruzamiento con el objeto de protegerlas

de polen extraño después de que abran (Fig. 5). Las flores masculinas próximas a abrir en ese mismo día se colectan por la mañana y se depositan en frascos de plástico o de vidrio identificando el nombre de la variedad (Fig. 6). Dentro del frasco éstas abrirán en las horas del medio día.

La polinización se lleva a cabo descubriendo las flores femeninas y frotando suavemente las anteras con el polen sobre el estigma (Fig. 7). Con una flor masculina se pueden polinizar tres femeninas. Luego de esto las flores polinizadas se identifican con tiquetes en los cuales se anota el cruzamiento, la fecha y el número de flores polinizadas (Fig. 8). Las flores femeninas que no han abierto al momento de hacer la polinización se eliminan con el fin de evitar posteriormente confusiones con las que han sido polinizadas. La información de todos los cruces de un día se tabulan en un formato y más tarde se pasa a un sistema de tarjetas 3 x 5. De esta manera se pueden organizar los cruces primero por padre femenino y después por el recíproco siguiendo un orden alfabético para cada país y el número del clon. Esta información se puede pasar fácilmente al computador para tener fácil acceso a la información de las hibridaciones y más que todo para una mayor organización.

Las flores polinizadas se pueden cubrir inmediatamente con una bolsa de tela o papel o bien dejarse descubiertas (Fig. 9). En las flores que se dejan sin cubrir después de polinizar, el porcentaje de frutos formados frecuentemente disminuye y además parece que no hay mucha contaminación en las flores que se dejan a libre exposición (Kawano et al, 1978). Sin embargo después de dos semanas los frutos se deben cubrir para prevenir ataque de la mosca de la fruta y también para recoger las semillas cuando los frutos abran. Los frutos alcanzan su madurez a los tres meses después de la polinización. El fruto es globular de un diámetro aproximado de dos centímetros y con seis alas muy delgadas y angostas (Fig. 10). La cápsula es dura y con tres lóculos cada uno de los cuales contiene una semilla (Fig. 11). Las semillas son elípticas, de color negro o gris o de ambos. La cubierta gruesa y dura.

Almacenamiento y Germinación de la Semilla

Las semillas se empacan en sobres pequeños identificando los padres, fecha de cosecha de los frutos, número de semillas y el código del cruzamiento (Fig. 12). Con respecto a las condiciones óptimas de almacenamiento de la semilla de yuca hay muy poca información. Bajo condiciones ambientales de laboratorio, la germinación disminuye drásticamente después de dos años.

Martín y Ruberte (1976) encontraron sin embargo que el almacenamiento en seco (en cloruro de calcio) en condiciones de laboratorio produce buena germinación aún después de almacenar las semillas más de dos años. Estas condiciones de almacenamiento fueron superiores al almacenamiento a 3 - 4°C. En el IITA, Nigeria (IITA, 1979) en estudios de germinación de semillas que han sido almacenadas por más de siete años a 5°C y 60% de humedad relativa, no se encontró ninguna diferencia en la viabilidad de las semillas entre 0 y 7 años de edad.

Durante la germinación la radícula sale a través del micrópilo y origina las raíces, a su vez el hipocotilo se encurva y se alarga permitiendo así, que los cotiledones emerjan de la semilla.

Se ha sugerido una temperatura alternada de 25°/35°C como una de las mejores condiciones para la germinación de semilla de la yuca. Los resultados indican que con estas temperaturas se obtienen mejores resultados para las semillas que han sido almacenadas en diferentes períodos que para una temperatura óptima constante de 35°C (Ellis y Roberts, 1979).



Fig. 1 Inflorescencia con flores femeninas y masculinas



Fig. 2 Flor Femenina



Fig. 3 Flor Masculina



Fig. 4 Flor femenina con néctar en la base del pétalo, indicando que la flor está próxima a abrir



Fig. 5 Cubriendo flores que van a ser polinizadas durante el día.

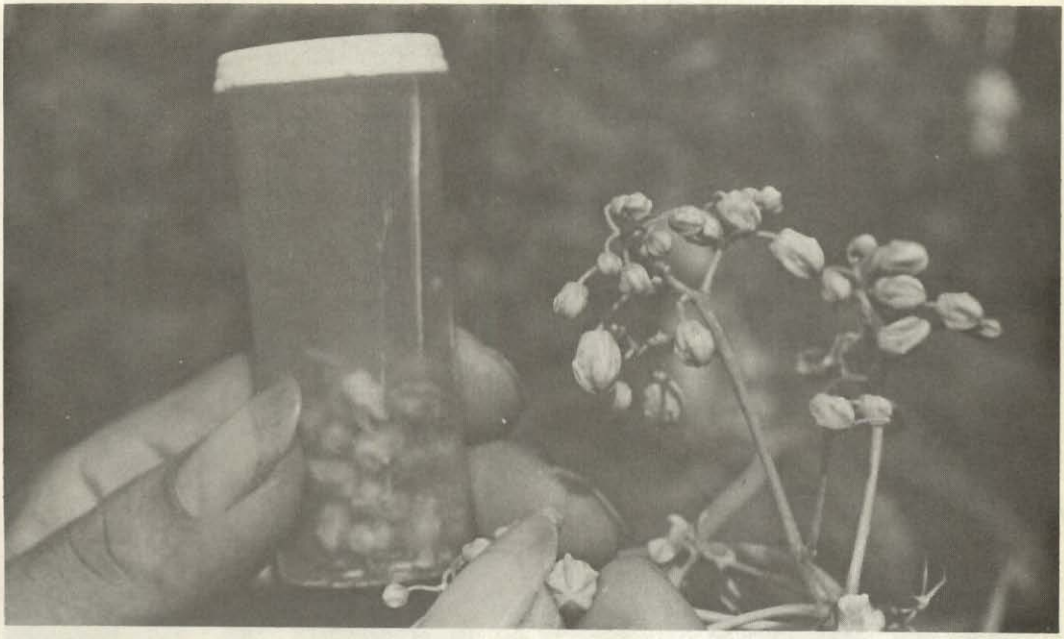


Fig. 6 Colección de las flores masculinas en frascos



Fig. 7 Polinización

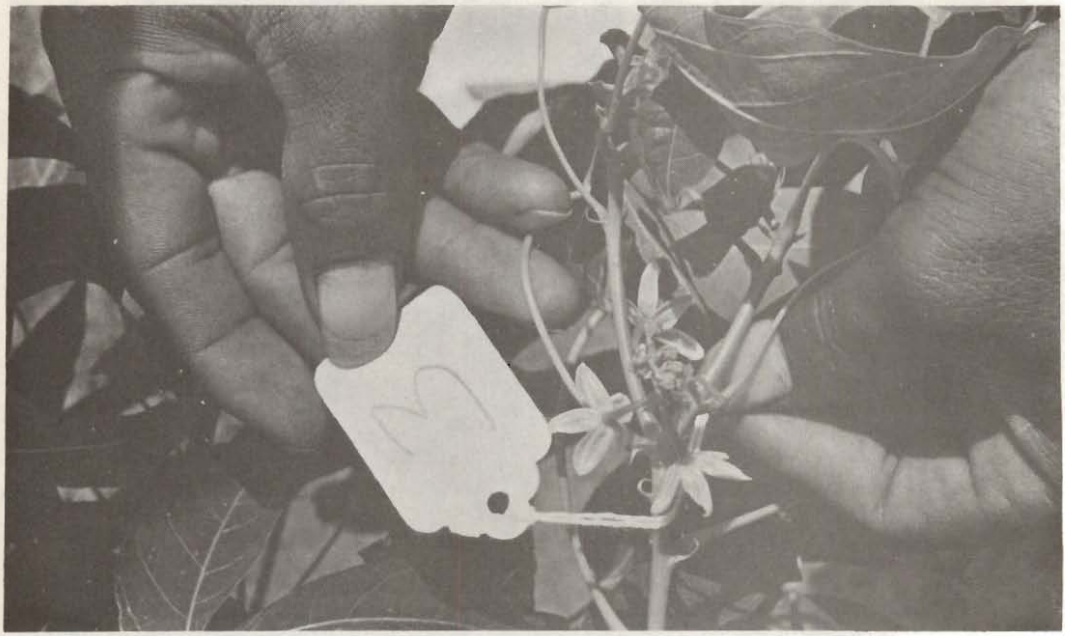


Fig. 8 Identificación de las flores ya polinizadas



Fig. 9 Cubriendo frutos en proceso de desarrollo.

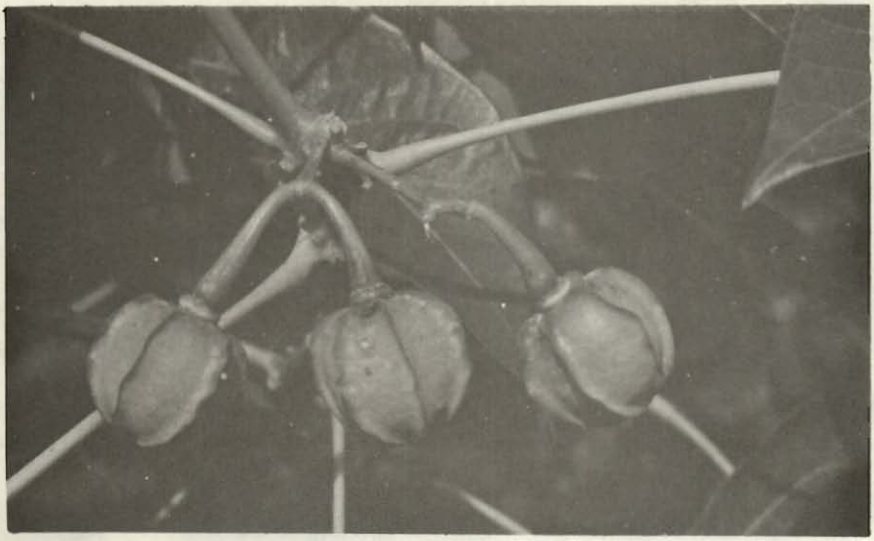


Fig. 10 Frutas maduras

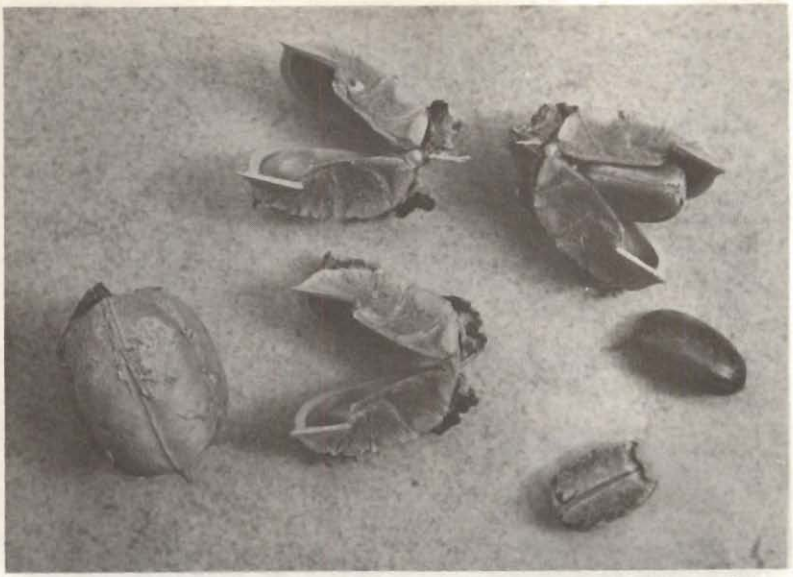


Fig. 11 Cápsulas abiertas y semillas

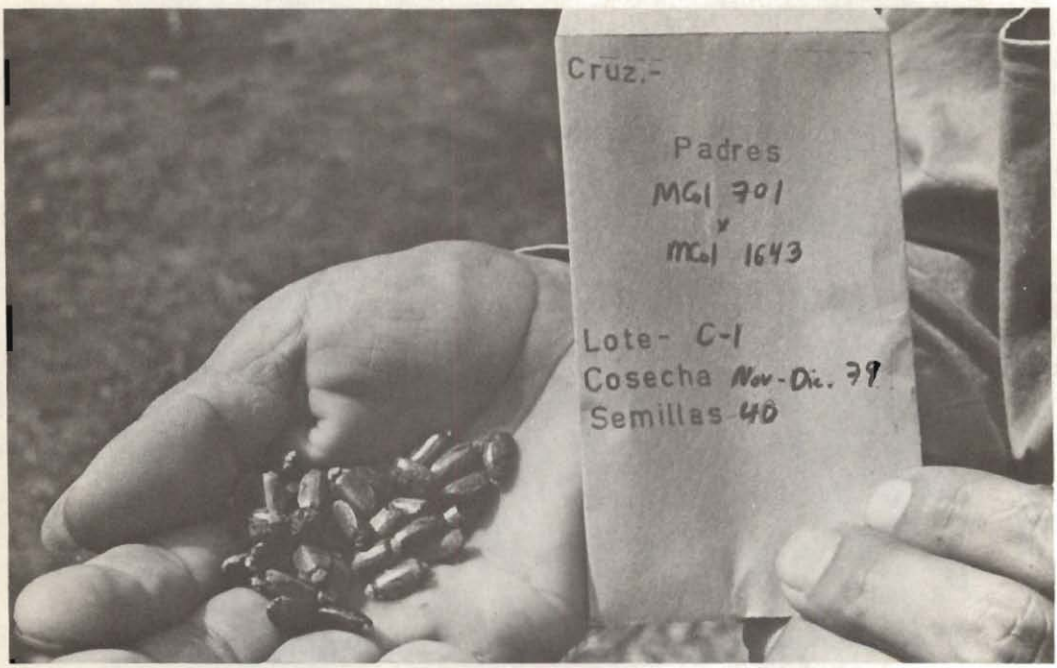


Fig. 12 Empaque de las semillas

BIBLIOGRAFIA

Chandraratna, M.F. and K.D.S.S. Nanayakkara. 1948. Studies in cassava. II. The production of hybrids. Trop. Agri. 194: 59-74.

Doughty, L.R. 1958. Cassava breeding for resistance to mosaic and brown streak virus. A review of twenty-one years' work. Record of Res. E. Afr. Agr. and For. Res. Org. Ann. Rep. p. 48-55.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1979. Germination of stored cassava seed at constant and laternating temperatures. Ann. Bot. 44: 677-684.

Graner, E.A. 1935. Contribuiçao para o stude cytologico de mandioca. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 28 p.

_____. 1942. Genetica de Manihot. I. Hereditariedale da forma da folha e da colaboraçao da pelicula externa das raizes em Manihot utilissima Pohl. Bragantia 2: 13-22.

Hahn, S.K. and A.K. Howland. 1972. Breeding for resistance to cassava mosaic. Proceedings Cassava Mosaic Workshop, IDRC/IITA.

_____, and E. Terry. (In Press). Cassava breeding at IITA. Paper presented at the Third International Tropical Root Crop Symposium held at IITA, 1973.

IITA. 1979. Annual Report for 1978, Ibadan, Nigeria.

Jennings, D.J. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abst. 23: 271-278.

_____. 1976. Breeding for resistance to African cassava mosaic disease: progress and prospects. In African Cassava Mosaic, Report of an Interdisciplinary Workshop held at Maguga, Kenya, 19-22 February, 1976, B.L. Nestel, ed. IDRC-071e, p. 39-44.

Jos, J.S. and N. Hrishi. 1976. Inheritance of leaf shape in cassava. J. Root Crops 2: 10-12.

Kawano, K., A. Amaya, M. Rios and W.M.F. Goncalves. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Science. 18: 373-376.

Magoon, M.L., R. Krishnan and K. Vijaya Bai. 1969. The pachytene haryology of Manihot esculenta Crantz. Trop. Root and Tuber Crops Newsletter. 2:9.

Martin, F.W. and R. Ruberte. 1976. Germination and longenity of cassava seeds. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter No. 9: 54-56.

Moh, C.C. 1966. Preliminary observations of meiotic chromosome pairing in Manihot esculenta. The Applic, Nuclear Energy to Agri. Turrialba, Inst. Interamericano de Ciencias Agrícolas, Ann. Rep.

Nassar, N.M.A. 1978. Genetic resources of cassava: 4 Chromosome bahavior in some wild Manihot species. Ind. J. Gen. & Pl. Breeding 38: 135-137.

Perry, B.A. 1943. Chromosome number and phylogenetic relationships in the Euphorbiaceae. Amer. J. Bot. 30: 527-542.

Umanah, E.E. and R.W. Hartmann. 1973. Chromosome numbers and karyotypes of some Manihot species. J. Am. Soc. Hurt. Sci. 98: 272-274.

INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA EL INTERCAMBIO DE GERMOPLASMA DE YUCA

James H. Cock*

El intercambio de germoplasma a través de las fronteras internacionales apunta a varios objetivos: aumentar la variabilidad genética disponible en los programas nacionales de mejoramiento, promover los cruzamientos, seleccionar materiales, prevenir la erosión genética de líneas y variedades e introducir, para uso directo de los agricultores, nuevas variedades de un país a otro. El germoplasma de yuca puede transferirse en forma de semilla sexual o en forma vegetativa, sistemas cuyas ventajas y desventajas no se discutirán en este artículo.

Si el germoplasma introducido no se emplea en programas activos de mejoramiento con el propósito de producir nuevas variedades de características superiores a las ya existentes y asegurar su entrega a los agricultores, el intercambio de germoplasma perdería mucho sentido, aunque se emplee para contener la erosión genética, tema que tampoco se tratará en este estudio. Antes de iniciar la transferencia de germoplasma entre países o instituciones debe montarse en ellos una infraestructura básica y hay que allegar recursos suficientes para garantizarle un resultado exitoso.

Semilla Sexual

La yuca es muy heterogénea y por lo tanto, la variabilidad de las progenies, aun derivadas del mismo cruce, es extremadamente amplia. Así, por ejemplo, es necesario contar con un buen número de semillas sexuales cuando, mediante la selección y asumiendo una probabilidad decente, se pretende obtener una variedad con las características deseadas. No se dispone de cifras exactas pero se puede afirmar que con pocas semillas las posibilidades de una acertada selección son remotas; además, no es muy ventajoso utilizar semillas, porque seleccionando cantidades más pequeñas de material vegetativo puede lograrse mayor éxito. En otras palabras, si se espera recibir semilla sexual en el intercambio genético, es necesario tener recursos e infraestructura adecuados para manejar un gran número de materiales. Además, se necesitan seis años para seleccionar y probar una nueva línea hasta la etapa de su multiplicación y ocho años hasta su entrega a los agricultores, cifras que demuestran la importancia de contar con programas de mejoramiento cuya continuidad a través del tiempo esté asegurada.

Cuando se introduce semilla sexual, el primer paso es hacerla germinar; esta operación no requiere de equipos sofisticados pero exige mano de obra y buenos cuidados. Una vez germinadas, las plantas deben

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

sembrarse en el campo donde son observadas para someterlas a control cuarentenario y a selección. Esta tarea demanda personal capacitado en fitomejoramiento y en patología (la posibilidad de introducir insectos con la semilla sexual tratada con insecticidas es mínima) y por otra parte, el manejo de un gran número de semillas sexuales requiere mucha mano de obra y grandes extensiones de tierra.

Se puede hacer selección directamente en las plantas provenientes de la semilla introducida o se pueden usar estas plantas como fuente de material vegetativo para una nueva siembra, en la que se practica la selección. Durante el proceso de selección, el número de materiales disminuye paulatinamente pero aumenta el tamaño de las parcelas a medida que se pasa a etapas más avanzadas de selección. Es suficiente hacer la selección inicial en un solo sitio representativo de las condiciones ambientales que imperan en la región donde se cultivarán las variedades cuando se entreguen a los agricultores; ahora bien, cuando se han elegido de unos 5 a 20 materiales promisorios, es necesario probarlos en diferentes sitios para observar la estabilidad de sus caracteres en diversas condiciones edafoclimáticas. Por lo tanto, es preciso contar con subestaciones experimentales o establecer un convenio de cooperación con los agricultores en las etapas finales de selección.

Material vegetativo

Las estacas de yuca han sido el medio tradicional de introducir a un país nuevas líneas de yuca pero el riesgo de importar enfermedades y plagas foráneas ha desplazado recientemente el interés hacia el intercambio de cultivos de meristemas. Con el movimiento de material vegetativo se intercambia un menor número de líneas de yuca con semilla sexual, ya que las líneas han sido designadas generalmente como promisorias en otra región. La introducción de material vegetativo en forma de meristemas sigue, en los primeros pasos, un proceso diferente al de las estacas, pero más adelante el movimiento de ambas formas de germoplasma es igual.

Estacas

Es fácil transportar las estacas pero el trámite para recuperarlas de la aduana después de su llegada a un país, debe ser rápido, y muy corto el intervalo entre su recibo y la siembra. Aunque es posible almacenar estacas de yuca, debidamente tratadas y en óptimas condiciones ambientales, durante seis meses sin que se pierda su viabilidad, muchas veces el estado de las bodegas en los aeropuertos no es adecuado para un buen almacenamiento de las estacas. Por consiguiente, es aconsejable tener todos los documentos de importación en regla, y preparadas las parcelas para sembrarlas - o reservado espacio en los invernaderos - antes de solicitar su envío de un país a otro.

La probabilidad de introducir plagas y enfermedades con las estacas que se introduzcan a un país es muy alta aunque provengan de plantas aparentemente sanas y tratadas con insecticidas y fungicidas. Por lo tanto, conviene sembrar esas estacas en surcos en un

campo aislado o en materas en un invernadero durante un período razonable de observación. Esta labor requiere una infraestructura física adecuada, y personal capacitado en la identificación de plagas y enfermedades para que haga una inspección minuciosa de los materiales introducidos durante sus etapas iniciales de crecimiento.

Meristemas

El movimiento de material genético en forma de meristemas implica mínimos riesgos de introducción de plagas y enfermedades foráneas; sin embargo, requiere laboratorios especializados para su manejo. Como el número de clones de yuca a introducirse es reducido, puede equiparse un laboratorio para muchas especies, entre ellas la yuca. Además, se necesita personal capacitado en las técnicas de cultivo de tejidos para extraer las plantitas de los tubos de ensayo y acondicionarlas antes de su siembra en el campo, labores que demandan espacio en los invernaderos.

Manejo del material vegetativo

El reducido número de clones importados por medio de material vegetativo, y la intensa presión de selección a que han sido sometidos estos materiales, exigen menor espacio y menos recursos humanos para hacer una ulterior selección. Es necesario, no obstante, disponer de técnicos capacitados en selección genética y en labores de campo para ensayar los materiales durante varios años.

Lanzamiento de variedades

El objetivo final del intercambio de materiales es lanzar o entregar variedades mejoradas a los agricultores. Si un cultivo es de propagación lenta y no existen entidades comerciales que vendan su semilla vegetativa, es necesario producir en gran escala estacas de la nueva variedad antes de lanzarla al mercado. En algunos casos, se puede pedir a los agricultores de una región que hagan las últimas pruebas de estabilidad de una línea promisoria y que la multipliquen. Otras veces, se pueden entregar estacas de una línea que se muestra promisoria a varios agricultores sin hacer todavía su lanzamiento oficial; ellos aumentan la variedad y al mismo tiempo observan, junto con los técnicos de los organismos oficiales, su comportamiento en condiciones de campo. Se puede aplicar este sistema en regiones tradicionalmente yuqueras, pero si se piensa en extender la producción de yuca a regiones donde no se la cultivaba antes, es preciso montar la infraestructura necesaria para su multiplicación rápida.

Conclusiones

En términos generales, el objetivo final del intercambio de yuca entre diferentes países es obtener variedades mejoradas de yuca. Para lograrlo se necesita:

a) Continuidad, en el tiempo, de los programas de mejoramiento que manejan el material genético introducido.

b) Profesionales capaces de manejar las diferentes formas en que se intercambia ese material y personal técnico de apoyo.

c) Instalaciones físicas tales como laboratorios de cultivo de tejidos, invernaderos y campos experimentales.

d) Un mecanismo para multiplicar las nuevas variedades y entregarlas a los agricultores.

INFLUENCIA DEL ECOSISTEMA EN LAS ESTRATEGIAS DEL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA[1]

J. C. Lozano*
D. Byrne**
A. Bellotti*

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz) originaria de América con un centro principal de diversificación en América del Sur y uno secundario en Guatemala y México (17, 20) ha sido cultivada en este continente por más de 5.000 años. Hace aproximadamente 400 años fué introducida al Africa y más recientemente al Asia (13, 17, 25). Está compuesta por clones bajo cultivo y no se han encontrado clones silvestres o sus ancestros.

La especie tiene 36 cromosomas y es generalmente reconocida como tetraploide (34). Los clones son altamente heterocigotos (4, 15) pero no heterogéneos debido principalmente a la propagación vegetativa y a la pérdida de vigor por consanguinidad (imbreeding depression).

En una población multiclonal la yuca tiene una alta proporción de autopolinización, pero éstas plantas no compiten bien con las que provienen de polinización cruzada debido a la pérdida de vigor por consanguinidad (14, 15). Las plantas provenientes de semilla botánica no compiten bien con aquellas que provienen de estacas o con las malezas y por lo tanto, son poco usadas por los agricultores.

La yuca ha sido cultivada tradicionalmente en asociación con otros cultivos usando pedazos de tallo de diferentes clones para la siembra en tierras nuevas. Este sistema se usa mucho todavía en las Américas (J. K. Lynam, Economista, CIAT, Programa de Yuca, comunicación personal). Recientemente se ha introducido el sistema de monocultivo, pero conservando la población multiclonal tradicional.

Las primeras plantaciones de yuca fueron aisladas, localmente por los bosques y regionalmente por las montañas. Las áreas productoras de yuca en las Américas se caracterizan por una gran diversidad de condiciones edáficas y climáticas. Los suelos varían en pH (3.5, 9.5) textura, cantidad de macro y/o micronutrimentos, salinidad, toxicidad de minerales (aluminio) y contenido de materia orgánica. Las condiciones climáticas dependen de la elevación (excepto en Paraguay y el Suroeste de Brasil y Perú). La temperatura puede ser estable o fluctuante de los 8 a los 33°C; los fotoperíodos van de Ecuatoriales a subecuatoriales; semidesiertos a regiones muy húmedas (500-6.000 mm/año) con 1 o 2 períodos de lluvia o sequía de 1 a 8 meses/año; y humedad relativa que fluctúa entre 15% hasta cerca de saturación durante algunos pe-

* Patólogo y Entomólogo respectivamente, Programa de Yuca, CIAT, Cali, Col.
** Científico Visitante, Cornell University, N.Y., USA.

[1] Traducido del Inglés por Carlos Domínguez, Programa de Capacitación Científica, CIAT, Cali, Colombia.

ríodos del año. Todos estos factores se combinan para formar una gran variedad de ecosistemas con características muy diferentes.

Debido al relativo aislamiento en que viven los agricultores, generalmente siembran material vegetativo proveniente de los cultivos anteriores o de fincas vecinas. La introducción de nuevos clones ha ocurrido muy ocasionalmente y éstos han sido seleccionados por los agricultores comparándolos con el comportamiento de los clones locales en base a la adaptación al ecosistema, estabilidad del rendimiento e intrinsicamente a la resistencia a enfermedades e insectos del nuevo ecosistema.

Aunque la investigación ha mostrado el alto potencial de rendimiento de M. esculenta (8, 14), los rendimientos comerciales son muy bajos (9). Estos han sido atribuidos generalmente al uso de prácticas agronómicas inadecuadas y a la falta de cultivares mejorados que tengan alto rendimiento y resistencia al ataque de enfermedades y plagas. Se han reportado avances notorios en las prácticas culturales (4, 7, 34), pero las selecciones promisorias o líneas mejoradas han dado resultados muy variables cuando se siembran en regiones distintas de aquellas donde fueron seleccionadas. Esto sugiere la necesidad de probar regionalmente las variedades y de planificar programas para incorporar resistencia específica a los factores negativos de producción (FNP) en ecosistemas específicos.

La relación entre la planta de yuca y los FNP existentes en las diferentes áreas de producción de yuca se estudiarán en base a los resultados experimentales obtenidos durante los últimos 10 años en el CIAT con énfasis en los problemas Fitopatológicos; se discute además la importancia de estos problemas en las estrategias de mejoramiento.

Programas de Mejoramiento - Impacto de las Estrategias Pasadas

Los programas de mejoramiento genético de la yuca son muy recientes; uno de los primeros fué iniciado hace 50 años en el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil (28). Más tarde se inició un programa en Africa para desarrollar variedades resistentes al virus del mosaico Africano (31). Durante la última década, el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y algunos programas nacionales, han iniciado proyectos de mejoramiento (25, 26).

El programa de mejoramiento del IITA contempla cruces masivos y selecciones para combatir dos enfermedades: Añublo bacterial de la yuca (Bacteriosis) y el virus del mosaico africano. Las semillas mejoradas provenientes de la interpolinización de padres seleccionados con fuentes de resistencia y otras características agronómicas deseables son producidas en un sólo centro y distribuídas a otras localidades en los países del Africa. El programa del CIAT ha usado el sistema convencional de cruzamiento de líneas superiores seguido por el método de pedigree. El material seleccionado en un centro es vegetativamente distribuído y probado en tres diferentes localidades. Sin embargo, el impacto de estos programas en la especie hasta la fecha ha sido muy limitado. Los cultivadores regionales tienen probablemente la mayoría de las características genéticas de los primeros clones domésticados y seleccionados a través de los siglos por su adaptabilidad ecológica, resistencia a enfermedades e insectos y buenas características agronómicas. Estos clones cons-

tituyen una excelente fuente de material básico para los programas de mejoramiento y su éxito depende de su correcta identificación y uso.

Resultados Experimentales Relacionados con las Estrategias de Mejoramiento

Los resultados de la investigación durante los últimos 10 años, nos han llevado a creer que:

a) La incidencia de las enfermedades y de los insectos y la severidad de los ataques de estos, están relacionados con las características ecológicas de una región dada.

b) La especialización de razas patogénicas dentro de los agentes causales de enfermedades de la yuca son muy escasas.

c) Se encuentra en la especie Manihot esculenta resistencia estable a la mayoría de los NPFs.

d) Los clones que existen hoy en día son cultivares regionalmente adaptados, que han sobrevivido en el ecosistema debido a que poseen características deseables.

e) En un ecosistema específico se pueden encontrar clones con resistencia a los principales NPFs.

1. Los estudios más recientes han mostrado que las enfermedades y los insectos de la yuca están específicamente distribuídas en regiones y que su severidad es cíclica, durante ciertos períodos del año: La mancha de Cercospora en la hoja [Cercosporidium (Cercospora) henningsii y Cercospora vicosae], antracnosis (Colletotrichum y Gloeosporium spp.) y roya (Uromyces spp.) no han sido encontrados o su ataque es muy moderado en áreas donde la temperatura es estable, independiente de la estación lluviosa o de la cantidad de lluvia en un período dado (7, 32). La mancha de anillos concéntricos (Phyllosticta spp.) y la mancha blanca de la hoja (Phaeoramularia manihotis = Cercospora caribaea) se presentan en regiones donde la temperatura baja de 18°C durante la estación lluviosa y durante el invierno en las zonas subtropicales del Suroeste Brasileño y Peruano, el Norte de Argentina, Uruguay y Paraguay (23). Las pudriciones de la raíz producidas por Phytophthora y Pythium son más prevalentes en los suelos pesados y mal drenados (3, 23, 29), mientras que las pudriciones de la raíz causadas por Armillaria, Rosellinia causan pérdidas considerables cuando la yuca se siembra después de que en el campo han habido bosques o cultivos perennes (3, 23). Las pudriciones del tallo son severas en áreas donde la humedad relativa está cerca a la saturación por períodos prolongados. La incidencia del Mosaico Africano es muy alta cuando hay altas poblaciones de su vector Bemisia spp. en la estación lluviosa (2, 18). Este es el caso también de la bacteriosis del tallo causada por Erwinia carotovora p.v. carotovora, encontrada en asociación con las moscas de la fruta (22). Las poblaciones de ácaros, thrips y chinches de encaje son particularmente altas cuando hay períodos prolongados de sequía (1).

2. Con una excepción (6, 7) (el agente causal del superalargamiento, que posiblemente evolucionó en un huésped diferente a M. esculenta), hasta

la fecha no existe evidencia de especialización de razas dentro de los patógenos de la yuca. Nuestra investigación en la variabilidad patogénica de los agentes causales de la bacteriosis, manchas de la hoja causadas por Cercospora (tres especies), manchas de anillos concéntricos en la hoja y antracnosis (tres especies de Colletotrichum y dos de Gloeosporium), han mostrado que la variabilidad es dada por la agresividad y nó por una interrelación gene a gene con su huésped.

Esta aparente falta de especialización de razas, podría deberse al hecho de que la yuca, un cultivo homogéneo de ciclo largo (8 a 18 meses), es básicamente heterocigoto (4, 15) y a que la mayoría de sus insectos y enfermedades no son parásitos obligados.

3. La resistencia a los FNP, particularmente enfermedades e insectos es estable; esto es lo que ocurre en las variedades regionales, porque si tuvieran una resistencia inestable las variedades regionales no podrían sobrevivir en un cultivo que tiene una composición genética estática, en donde siempre existieran materiales susceptibles. Asumiendo que los patógenos y los insectos tienen una mayor capacidad para cambios genéticos que los cultivos propagados vegetativamente, ellos romperían la resistencia más rápidamente que lo que el cultivo puede evolucionar.

En el área de Caicedonia en Colombia, por ejemplo, la variedad Chiroza ha mantenido unos rendimientos estables de alrededor de 26 t/ha durante los últimos 7 años (S. García, Federación Nacional de Cafeteros, comunicación personal). Las variedades Llaneras, en los Llanos Orientales y Valluna en Santander de Quilichao, han mantenido rendimientos consistentes por muchos años, lo cual nos permite decir que la resistencia estable existe y que ha sido explorada por los agricultores durante muchos años.

4. Los clones que se siembran en los sistemas tradicionales están adaptados regionalmente y han sido seleccionados en ecosistemas con distintos grupos de FNP. Los clones seleccionados y desarrollados en áreas donde hay pocos FNP, generalmente dan rendimientos estables en estos sitios; pero si se llevan a otros ecosistemas, estos mismos clones muestran grandes fluctuaciones en sus rendimientos de un año a otro (Tabla 1). Esto es debido a que las variedades seleccionadas en áreas con pocos FNP no tienen resistencia para todos los FNP de otros sitios; por lo tanto, los rendimientos variarán dependiendo de la presión biótica y abiótica que se presente entre un año y otro.

Se han observado bajas considerables en el rendimiento cuando una variedad regionalmente adaptada se siembra en un ecosistema con diferentes FNP. Por ejemplo, en el caso de la línea CMC 92, adaptada a las regiones de Popayán en Colombia y la línea M Mcol 22, adaptada a las condiciones del CIAT (Tabla 2), cuando CMC 92 se sembró en el CIAT su rendimiento pasó de 20 a 8 t/ha. Por otra parte el rendimiento de M Mcol 22 bajó de 40 a prácticamente nada (0-1 t/ha) cuando se sembró en Popayán. Lo mismo se ha observado con la variedad Santa Catalina en Brasil (A. Takatsu, comunicación personal) y muchas variedades de Kenya que fueron sembradas en diferentes sitios del Africa (R. Terry, comunicación personal).

5. La resistencia a la mayoría de los FNP existentes en los diferentes ecosistemas probablemente existe en Manihot esculenta, ya que ésta ha sido seleccionada bajo un amplio rango de ecosistemas. La más amplia expresión

de resistencia se encuentra donde la presión debida a los FNP es más alta. Así por ejemplo, se han reportado clones con resistencia a los siguientes factores adversos: bajos niveles de fósforo, altos niveles de aluminio, suelos salinos (11); estabilidad para bajas temperaturas (12); Cercospora spp., Phoma sp., Colletotrichum y Gloeosporium spp., Sphaceloma manihoticola (16, 21, 23), Mosaico Africano (2, 10), ácaros, thrips y chinches de encaje (1,7).

Resistencia a Grupos Específicos de FNP

Aunque se han identificado fuentes de resistencia para la mayoría de las enfermedades, para la mayor parte de los insectos y ácaros y la tolerancia para los factores edáficos y climáticos adveros, la combinación de estos caracteres en una sola variedad presenta un problema muy serio para los programas de mejoramiento, ya que esto requeriría una gran cantidad de cruces y muchas generaciones de pruebas. Consecuentemente, el énfasis se ha concentrado en la identificación de líneas tolerantes para muchos FNP. El trabajo en el CIAT se ha concentrado en dos regiones de Colombia, las cuáles tienen diferentes factores adversos que pueden reducir en un alto porcentaje los rendimientos (Tabla 1).

Ecosistema Popayán

Los FNP más importantes en este sitio son las enfermedades que producen manchas en las hojas, las bajas temperaturas y el bajo pH en el suelo. La reacción de una línea resistente (CMC 92), una línea intermedia (CMC 39) (resistente a bajas temperaturas y pH pero nó a las manchas de la hoja), y una línea susceptible (M MCol 22) han sido estudiados por un período de cinco años (Fig. 1).

La línea susceptible consistentemente rindió entre 0 y 1 ton/ha, mientras que la intermedia fluctuó entre 8 y 26 t/ha, dependiendo de la intensidad de las enfermedades presentes (principalmente determinada por la cantidad de lluvias) (Tabla 3). La línea resistente rindió consistentemente 18-22 t/ha.

En una prueba de selección de dos años, el primer año mostró que los rendimientos estaban relacionados con la resistencia a los FNP en este ecosistema (Fig. 2). En el segundo año, cuatro líneas que habían sido catalogadas como susceptibles durante el primer año resultaron ser resistentes y sus rendimientos fueron tan buenos como los de las líneas resistentes. Estudios posteriores revelaron que estas líneas eran resistentes a los factores edáficos y climáticos, pero nó a los problemas causados por enfermedades (7). Los resultados obtenidos se debieron a que el segundo año fué anormalmente seco y por lo tanto, se presentaron pocas enfermedades, razón por la cual estas líneas dieron buenos rendimientos.

Ecosistema Carimagua

Aunque esta área es representativa de una porción muy grande de las áreas con un mayor potencial para el incremento de la producción de yuca, existen muchos FNP (bacteriosis, superalargamiento, baja fertilidad de suelos, bajo pH, toxicidad de aluminio, ácaros) (Tabla 2). En pruebas de selección de 800 clones durante dos años, fueron seleccionadas ocho líneas como resistentes.

Estrategia de Mejoramiento Recomendada

Las consideraciones presentadas anteriormente sugieren que para producir variedades con amplio rango de resistencia (a la mayoría de los FNP), los programas de mejoramiento deberían ser descentralizados. Se deberían escoger como sitios de selección varios ecosistemas representativos, en donde el material básico y la progenie pudiera ser evaluada por varios años, tanto para resistencia como para características agronómicas. La producción de híbridos para diferentes ecosistemas podría hacerse centralizada. Una mayor cantidad de material vegetativo seleccionado en varios sitios podría volver a la localidad central para hibridización usando la técnica descrita por Lozano y Wholey (24) para la producción de material libre de bacteriosis y otras enfermedades.

Los progresos de estos programas de mejoramiento varietal dependerían de las características genéticas deseadas, del número de características que deban ser incorporadas, de la efectividad de las técnicas de evaluación y del número de progenies evaluadas cada año. En algunas áreas, por ejemplo, las variedades locales pueden no tener resistencia para un factor pero están bien adaptadas, producen buenos rendimientos y buena calidad. En este caso la variedad local podría ser mejorada incorporándole resistencia, cruzando la variedad local con variedades que tengan estas resistencias y seleccionado para resistencia y las características de la variedad local. Para alcanzar estos objetivos se requiere de varios ciclos. Un caso extremo sería aquella área donde no exista una buena variedad local (ejemplo, Carimagua). En este caso, se deberían evaluar posibles padres antes de iniciar un programa de mejoramiento por población recurrente (cruces al azar entre padres, selección de la progenie, cruces al azar entre selecciones, etc.).

Estos programas descentralizados producirían progenies con la resistencia necesaria para el ecosistema en cuestión, adicionalmente con altos y estables rendimientos.

Este material podría ser luego distribuido y evaluado en ecosistemas similares por algunos años.

La validez de esta estrategia de distribución está basada en los rendimientos obtenidos de algunas variedades adaptadas al CIAT, Popayán y Darién, por ejemplo y sus respectivos rendimientos en otros sitios (Tabla 4). Con algunos programas de mejoramiento localizados regionalmente podrían evitarse las producciones inestables dadas por las variedades de alto rendimiento, producidas en otros ecosistemas. (Fig.3).

Finalmente debería mantenerse siempre presente que la yuca está en equilibrio con las enfermedades y los insectos que están presentes hoy en día y que para mantener este balance debe tenerse mucho cuidado, evitando el desarrollo de razas patógenicas especializadas.

TABLA 1. FLUCTUACION DE RENDIMIENTO DE MATERIALES SELECCIONADOS EN EL CIAT SEMBRADOS EN OCHO LOCALIDADES POR TRES AÑOS (1975-1977) EN COLOMBIA.

LUGAR	Rendimiento (t/ha)	Variación D. E.	Variación Standar C.V.
MEDIA LUNA	12.7	5.0	39.7
CARIMAGUA	15.3	9.1	59.2
NATAIMA	23.3	6.0	25.8
RIO NEGRO	23.3	6.5	27.8
CAICEDONIA	31.0	10.5	34.0
PEREIRA	29.3	11.6	39.5
POPAYAN	9.0	2.7	29.4
CIAT	31.0	3.0	9.7

TABLA 2. ALGUNOS FACTORES CLIMATICOS Y EDAFICOS, ENFERMEDADES, INSECTOS Y ACAROS QUE INDUCEN REDUCCION DEL RENDIMIENTO (FACTORES NEGATIVOS DE PRODUCCION FNP) EN POPAYAN, DARIEN, CARIMAGUA Y CIAT.

F N P	L O C A L I D A D			
	Popayán	Darién	Carimagua	CIAT
Climáticos				
Temperatura media (°C)	18.0(+)*	19.5(+)	26.1(-)	24.0(-)
Precipitación (mm/año)	2.500(-)	1.500(-)	2.031(-)	1.000(+)
Duración de la lluvia (meses)	6(2 períodos)(-)	6(2 períodos)(-)	8(1 período)(+)	5(2 períodos)(-)
Edáficos				
pH	4.1(+)	4.3(+)	4.7(+)	6.8(-)
Concentración Al	Alta(+)	Alta(+)	Alta(+)	Baja(-)
Fertilidad del Suelo	Buena(-)	Mediana-Baja(+)	Baja(+)	Buena(-)
Textura del Suelo	Franco-Arcilloso(-)	Franco-Limoso(-)	Franco-Arenoso(-)	Arcilloso(±)
Enfermedades				
Mancha de la hoja por Phoma	+	+	-	-
Antracnosis	+	+	+	-
Mancha Blanca	+	+	-	-
Bacteriosis	-	-	+	-
Superalargamiento	-	-	+	-
Mancha Parda	-	-	+	±
Cercospora	-	-	+	+
Insectos y Acaros				
Acaros: Oligonychus sp.	±	±	±	±
Mononychellus sp.	-	-	+	+
Trips				
Insectos escamas	-	-	+	-
Perforadores del Tallo	-	-	+	+
Chinches de encaje	-	-	-	+

*/+ = Daño Severo; + = Daño Moderado; - = Sin Daño

TABLA 3. EVALUACION EN CAMPO DE RESISTENCIA A LOS FACTORES DE PRODUCCION (FNP) EN EL ECOSISTEMA DE POPAYAN EN RELACION A LA PRECIPITACION*

Ciclo de Crecimiento (15 meses)	Relación de los FNP de Popayán/Variedad**			Precipitación durante Ciclo de 15 meses (mm)
	M Col 22	CMC 39	CMC 92	
1972-73	4.9***	4.1	2.1	3.119
1973-74	3.5	2.0	1.5	2.475
1974-75	4.8	4.0	1.9	3.103
1975-76	5.0	3.9	1.9	3.319
1976-77	4.8	3.5	2.0	3.365

* ASNM 1760 m, Temperatura Media 18°C (4°C min, 20°C max)

** Promedio Tomado de 36 Plantas/Variedad durante un Período de 15 meses.

*** Reacción a los FNP: 1 = Crecimiento normal, sin ataque de enfermedades o insectos;
2 = Menos de 30% de hojas caídas por ataque de enfermedades o insectos y/o factores embientales o edáficos, crecimiento de planta normal;
3 = Hasta 80% de hojas caídas y chancros en el tallo o daños debidos a ataques de insectos o enfermedades y/o otros factores ambientales o edáficos, muestras de enanismo y amarillamiento;
4 = Defoliación total, chancros en el tallo, enanismo y muestras de muerte descendente debido a enfermedades, insectos y/o factores ambientales o edáficos;
5 = Enanismo severo o muerte de plantas debido a enfermedades, insectos, ácaros o factores embientales o edáficos.

TABLA 4. RENDIMIENTO DE DIFERENTES CLONES CON DIFERENTES REACCIONES A FACTORES NEGATIVOS DE PRODUCCION (FNPs) EXISTENTES EN POPAYAN (PRECIPITACION 1.760 mm, TEMPERATURA MEDIA 18°C, ASNM 1.760 m), DARIEN (PRECIPITACION 1.500 mm, TEMPERATURA MEDia 19.5°C, ASNM 1.450 m) Y CIAT (PRECIPITACION 901 mm, TEMPERATURA MEDIA 23.5°C, ASNM 1.000 m).

CLONE	Rendimiento (t/ha)* y Reacción a FNP					
	Popayán		Darién		CIAT	
	Rendimiento	Reacción	Rendimiento	Reacción	Rendimiento	Reacción
CMC 92	22.3	R**	26.6	R	8.2	R
MORADA	16.5	R	18.3	R	-	-
M COL 80	13.7	R	15.3	R	-	R
M Col 235	14.5	R	11.5	R	-	R
M Col 230	11.3	R	10.3	R	-	R
M Col 307	6.5	T	6.7	T	-	R
CMC 39	8.6	T	8.8	T	13.0	R
M Col 22	0.3	S	0.0	S	39.4	R
M Mex 59	0.9	S	2.4	S	33.1	R
CMC 40	3.8	S	5.3	S	42.2	R
CMC 84	1.0	S	4.0	S	40.3	R
CMC 76	0.5	S	1.4	S	36.0	R
M Col 113	5.0	S	2.5	S	26.8	R
CMC 9	0.5	S	0.1	S	31.7	R
M Mex 23	1.0	S	1.0	S	34.3	R

* Datos tomados durante 1974-75 por las Secciones de Agronomía y Patología del Programa de Yuca del CIAT (4.5).

** R = Plantas con menos de 50% de defoliación y crecimiento normal;
T = Plantas con muestras de enanismo y/o defoliación total pero que se recuperan durante períodos secos;
S = Enanismo severo, muerte descendente y/o muerte total. Recuperación parcial o no recuperación durante períodos secos.

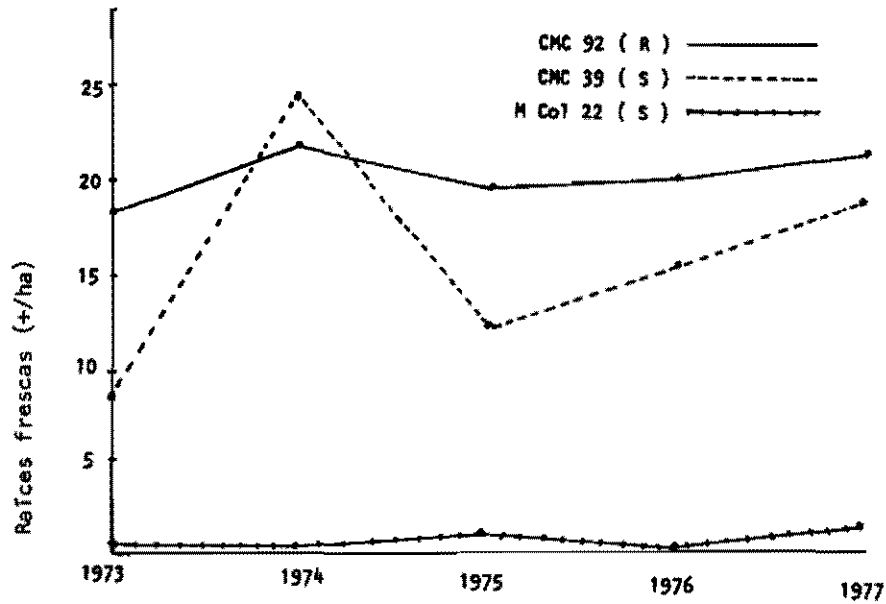


Fig. 1 Rendimiento de tres variedades en Popayán durante cinco años

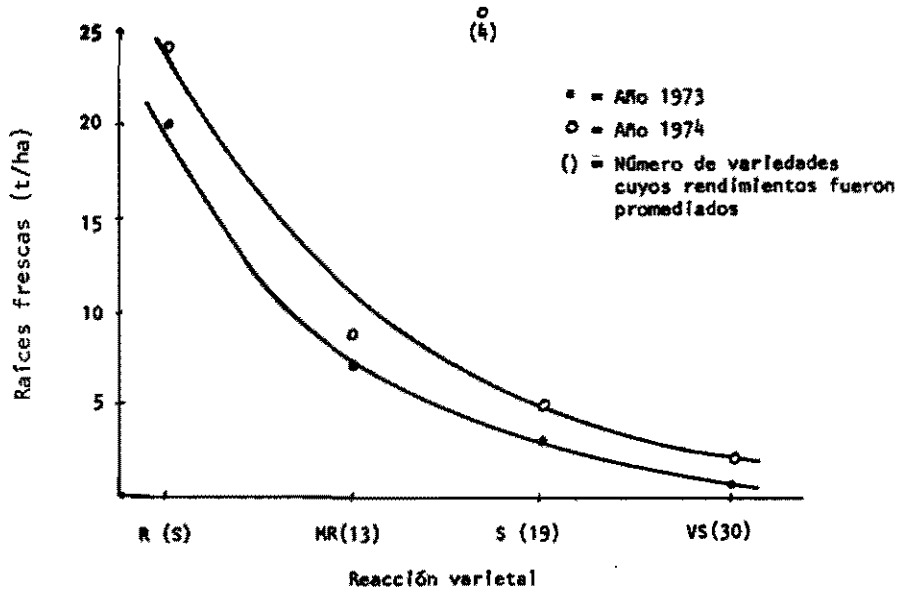


Fig. 2 Rendimiento de 67 variedades, en Popayán, con relación a los Factores Negativos de Producción de este ecosistema.

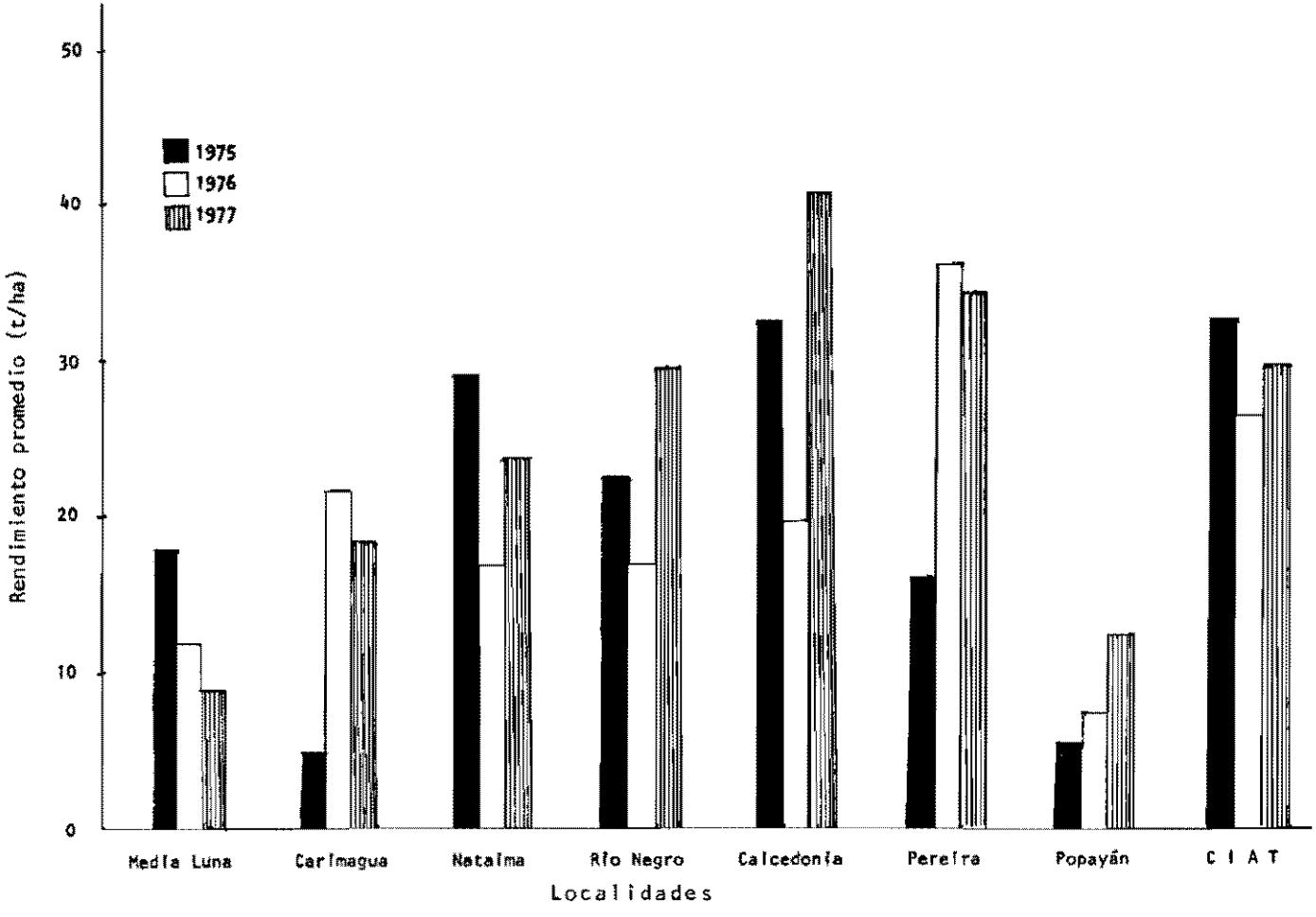


Fig. 3 Fluctuación del rendimiento de los materiales seleccionados por CIAT en ocho localidades durante tres años.

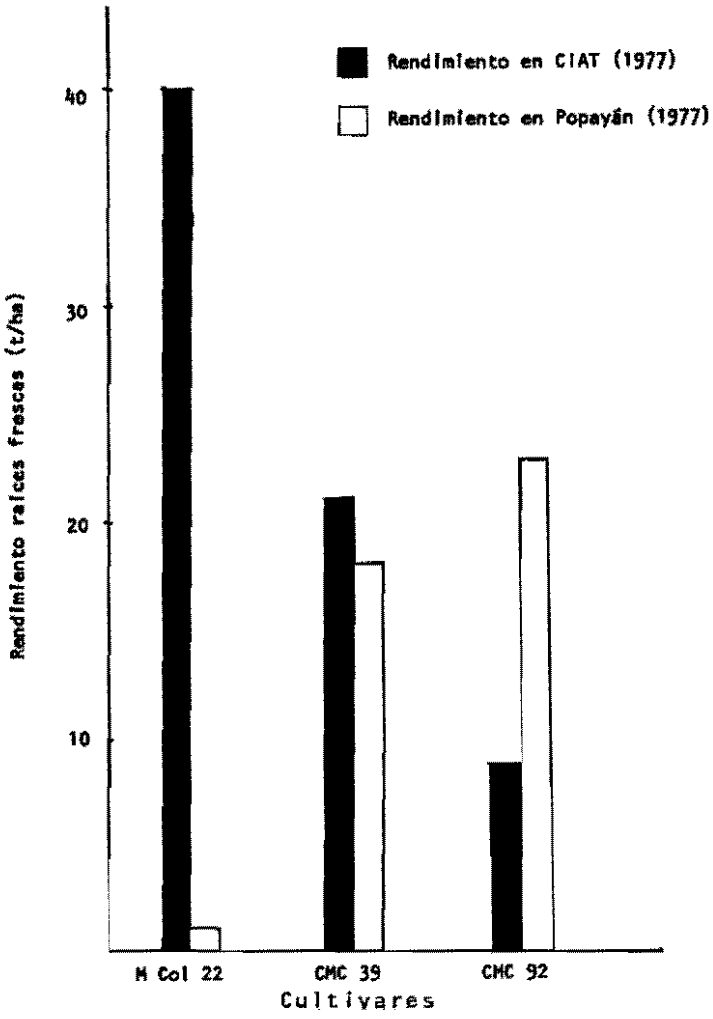


Fig. 4 Rendimiento de tres variedades en los ecosistemas de CIAT y Popayán.

BIBLIOGRAFIA

1. BELLOTTI, A., and A. VAN SCHOONHOVEN. 1978. Mite and Insect Pests of Cassava. Annual Review Ent. 23:39-67.

2. BOCK, K.R. and E.J. Guthrie. 1977. African Mosaic Disease in Kenya. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244 pp.

3. BOOTH, R.H. 1978. A Review of Root Diseases in Cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop, CIAT, Cali, Colombia, 244 pp.

4. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1976. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1975. CIAT, Cali, Colombia, pp. B1-B63.

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

6. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1978. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1977. CIAT, Cali, Colombia, pp. C1-C68.

7. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1979. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1978. CIAT, Cali, Colombia, pp. A1-A100.

8. COCK, J.H. 1974. Agronomic Potential for Cassava Production. In: Proceedings of the Cassava Processing and Storage Workshop. Int. Develop. Res. Centre. IDRC-031e.

9. Food and Agriculture Organization. 1071. Agricultural Commodity Projections 1970. FAO, Rome.

10. HAHN, S.K. 1979. Breeding of Cassava for Resistance to Diseases in Africa. In: Proceedings of the International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, Belgium, 316 pp.

11. HOWELER, R.H. 1978. The Mineral Nutrition and Fertilization of Cassava. In: Cassava Production Course, CIAT, Cali, Colombia, Book 1, 407pp.

12. IRIKURA, Y., J.H. COCK; and K. KAWANO. 1979. Temperature X Genotype Interaction in Cassava (in press).

13. JENNINGS, D.L. 1976. Cassava, Manihot esculenta (Euphorbiaceal). In: Evolution of Crop Plantas. Simmonds, N.W. ed. Longman, London, 81-84 pp.

14. KAWANO, K. 1978. Genetic Improvement of Cassava (Manihot esculenta Crantz) for Productivity. Tropical Agriculture Research Center (TARC), Min. Agr. and Forestry, Yakabe, Tsukuba, Japan. Series No. 11:9-21 pp.

15. KAWANO, K., A. AMAYA; P. DAZA., and M. RIOS. 1978. Factors Affecting Efficiency of Hybridization and Selection in Cassava. Crop Science 18; 373-376.

16. KRAUZ, J.P.,J.C.LOZANO., and H.D. THURSTON. 1978. Superelongation: A. Sphaceloma Disease of Cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

17. LEON, J. 1977 Origin, Evolution and Early Dispersal of Root and Tuber Crops. In: Proceedings of the 4th Symposium of the International Society of Tropical Root Crops. CIAT, Cali, Colombia, 277pp.

18. LEUSCHNER, K. 1977. Whiteflies: Biology and Transmission of African Mosaic Disease. In: Proceedings of the Cassava Protection Worshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

19. LOZANO,J.C. 1975. Bacterial Blight of Cassava. PANS 21:38-43.

20. LOZANO, J.C. 1977. Cassava (Manihot esculenta Crantz). In: Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio, 346pp.

21. LOZANO, J.C. 1978. General Considerations on Cassava Pathology. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

22. LOZANO, J.C. and A. BELLOTTI. 1979. Erwinia carotovora pv. carotovora Causal Agent of Bacterial Stem Rot of Cassava: Etiology, Epidemiology and Control. PANS 24:467-479.

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

24. LOZANO, J.C. and D.W. WHOLEY. 1974. The Production of Bacteria-free Planting Stock of Cassava. World Crops 26:115-117

25. MAUNY, R. 1953. Notes Historiques Autour des Principales Plantes Cultivées d'Afrique Occidentale. Bull. Inst. Franc, Afrique Noir 15:684-730.

26. NESTEL, B. 1974. Current Trends in Cassava Research. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada. IDRC-036e, 32pp.

27. NESTEL, B. and J. COCK. 1976. Cassava: The Development of an International Research Network. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canada. IDRC-059e, 69pp.

28. NORMANHA, E.S. and A.S.PEREIRA. 1950. Aspectos Agronômicos da Cultura da Mandioca (Manihot utilissima Pohl). Bragatia 10:179-202.

29. OLIVEROS, B., J.C.LOZANO, and R.H. BOOTH. 1974. A Phytophthora Root Rot of Cassava in Colombia. Plant Disease Report 58:703-705.

30. PHILLIPS, T.P. 1974. Cassava Utilization and Potential Markets. International Development Research Centre(IDRC), Ottawa, Canada, IDRC-020e, 182pp.

31. STOREY, H.H. and R.F.W. NICHOLS. 1938. Virus Diseases of East African Plants. VII. A Field Experiment in the Transmission of Cassava Mosaic. East African Agricultural Journal 3:446-449.

32. TAKATSU, A. 1977. Epidemiological Aspects of Bacterial Blight of Cassava in Brazil. In: Proceedings of the International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve. Belgium, 316 pp.

33. TERI, J.M., H.D. THURSTON, and J.C. LOZANO. 1978. The Cercospora Leaf Diseases of Cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244pp.

34. TORO, J.C. and S.P.GARCIA. 1977. CAICEDONIA: An Improved Cassava-growing Area with Integrated Control. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 244 pp.

35. UMANAH, E.E. and R.W.HARTMAN. 1973. Chromosome number and Karyotypes of some Manihot Species. J. Amer, Soc. Hort. Sci. 98:272-274.

METODOS DE MULTIPLICACION ACELERADA DE MATERIAL GENETICO PROMISORIO DE YUCA

Manihot esculenta Crantz

Julio Cesar Toro *
William Roca
James H. Cock

Introducción

Para el movimiento e intercambio de variedades de un país a otro en forma libre de enfermedades y plagas a través de Tejido Meristemático, se requieren técnicas de multiplicación rápidas, sencillas y eficientes que puedan ser usadas por técnicos de entidades en los países que reciben las introducciones nuevas, con el fin de aumentar las variedades a cantidades suficientes de plantas para hacer evaluaciones de campo y poder así ser entregadas con el mínimo de infecciones o problemas transmisibles por estacas o semilla sexual. Además es necesario tener técnicas eficientes que los agricultores mismos puedan utilizar, para propagar rápidamente líneas mejoradas cuando las reciban.

Generalmente el material inicial para la multiplicación consta de muy pocas plantas o partes de plantas aparentemente libres de plagas y enfermedades. Además la yuca tiene una tasa de multiplicación tan baja que por el método tradicional una planta madura puede dar solamente entre 10-30 estacas de tamaño comercial (25 cm) por año, cuando está cultivada en buenas condiciones. La cifra puede reducirse hasta 1-5 bajo condiciones difíciles.

En este trabajo se presentan dos métodos de multiplicación acelerada para la yuca, los cuales al ser combinados partiendo de cultivo de tejidos meristemáticos pueden dar las bases para un programa de semilla certificada.

Método de Retoños

Esta es una técnica sencilla, creada y desarrollada en el CIAT por Cock, et al (1976) y luego modificada en la misma institución. Mediante este método se pueden obtener aproximadamente de 20 a 36.000 estacas comerciales por año, partiendo de una planta adulta y vigorosa.

Esta técnica consta básicamente de los siguientes pasos:

1. Corte de estacas de dos nudos de una planta de por lo menos 8 meses de edad mediante una sierra desinfectada con cualquier producto, para el caso, como

---

* Agrónomo Sección pruebas Regionales, Fisiólogo unidad de Recursos Genéticos y Fisiólogo Coordinador del Programa de Yuca, CIAT, respectivamente.

Hipoclorito de Sodio o Potasio al 1% o alcohol.

2. Tratamiento de las estacas en una suspensión de fungicida o mezcla de fungicidas o fungicida con insecticida durante 5 minutos. Cuando se trata de un fungicida solo se debe usar 6.000 ppm de ingrediente activo y en mezcla 3.000 ppm de cada uno.

3. Siembra de las estacas en posición horizontal en un substrato compuesto de arena y suelo de unos 20 cms colocados sobre una base de grava de unos 10 cms para proporcionar un buen drenaje.

El substrato debe estar contenido en camas de 2.40 x 1.20, las cuáles se cubren con una cubierta de plástico transparente, a manera de techo en dos aguas. Esta cubierta tiene la finalidad de mantener una alta humedad y temperatura dentro de la cámara de propagación, estimulando así el brotamiento de las estacas. En lugares o épocas del año con demasiado calor se deben cubrir las cámaras de propagación con tela de mosquitero y rociarles agua cada hora entre las 9 de la mañana y las 3 de la tarde, para evitar marchitamiento de las plántulas dentro de la cámara. En épocas muy frías parece que el sistema necesita algunas modificaciones que deben ser investigadas en otras latitudes. Ya se sabe que se demoran mucho las plantas en producir retoños y los retoños no se enraizan bien durante épocas frías. Es condición indispensable que el substrato haya sido esterilizado con bromuro de metilo, formol al 10%, vapor o un fungicida fuerte. El bromuro de metilo se debe usar a razón de 680 gramos (1.5 libras) por metro cubico de substrato y el formol se utiliza regando 10 litros por cámara. En ambos casos se cubre con un plástico grueso durante 5 días, luego se destapa y se dejan transcurrir otros 5 días antes de sembrar las estacas de 2 nudos. Se debe tener mucho cuidado con el manejo de estos productos principalmente el bromuro de metilo que es altamente tóxico. El vapor de agua debe usarse a 80°C durante 2 horas por metro cúbico de substrato.

4. A las 2-3 semanas dependiendo del vigor de las variedades, las estacas dan origen a retoños que se cortan cuando alcanzan de 5-10 cms de altura. El corte se efectúa con cuchillas de afeitar desinfestadas con cualquiera de los productos mencionados anteriormente para la sierra. Los cortes se deben hacer a un centímetro por encima del cuello del tallo. Cada estaca de dos nudos puede proporcionar aproximadamente 8 retoños en un período de 4 meses a partir de la siembra de las mismas. La frecuencia del corte de los retoños depende del vigor de la estaca de la variedad y de la temperatura, generalmente una estaca gruesa da más retoños y con mayor frecuencia que una estaca delgada de la misma variedad; mientras se aumenta la temperatura se aumenta el número de retoños.

5. Al efectuar cada corte se procede a eliminar un 75% de las ramas axilares dejando solamente el ápice. Inmediatamente se hace el último corte del tallo debajo de una yema y se coloca en un recipiente con agua hervida fría, con el fín de que el latex deje de fluir antes de pasar los retoños definitivamente a los frascos o recipientes para enraizamiento. Este es un paso supremamente importante para el éxito del sistema.

Las estacas en la cámara de propagación continuan suministrando retoños hasta cuando se agotan las reservas de las mismas. Los retoños se transfie-

ren a biquers o recipientes parecidos de unos 500 ml. de capacidad, en los cuáles se pueden colocar hasta 80 retoños a la vez.

En estos frascos se realiza el enraizamiento en un lugar protegido de la lluvia y el exceso de calor, lo cual se conoce como cámara de enraizamiento. Generalmente se usan mesas de superficie blanca y cubiertas con una estructura de madera o aluminio con plástico para protección.

6. Después de 2-3 semanas de haber colocado los retoños en la cámara de enraizamiento, estos están listos para el transplante directamente al campo. Es muy importante hacer el transplante cuando las raicillas apenas empiezan a salir, pues a medida que son más largas las raíces el establecimiento se dificulta más. También es importante sembrar el retoño hasta el cuello para tener éxito además de proporcionarle una humedad adecuada especialmente durante las dos primeras semanas.

Al cabo de un año se pueden obtener entre 20 y 36 mil estacas comerciales (20-25 cms), a partir de la planta original, todo lo cual presenta una superioridad muy grande en comparación al método tradicional. (Ver Cuadro 1).

Metodo de Esquejes de una Hoja y Yema

Esta técnica fué creada inicialmente por Chant and Marden (1958) y después fué modificada simultáneamente en 1972 por Kloppenburg y sus colaboradores en el Departamento de Cultivos Tropicales de la Universidad de Wageningen, en Holanda y por Sykes y Harney en la Universidad de Guelph en Canadá. Más tarde en 1979 este método fué desarrollado y mejorado por Pateña y sus colaboradores en el Instituto de Mejoramiento de Plantas de la Universidad de Filipinas en Los Baños. Luego fué ensayado y simplificado en CIAT por Roca y sus colaboradores en un proyecto conjunto con los Filipinos. Las modificaciones introducidas en el CIAT lo han hecho menos costoso y más eficiente.

Esta técnica tal como se utiliza actualmente en CIAT consiste en:

1. Cortar todas las hojas bien desarrolladas de una planta de yuca de 3-4 meses, las cuáles pueden ser aproximadamente 100-150 en las condiciones de Cali. Estas hojas se cortan en el mismo campo con un bisturi o navaja desinfestada y bien afilada, quedando una planta de yuca con muy pocas hojas.

2. Cada esqueje comprende básicamente:

   a) la lámina foliar que se corta en forma de roseta a menos de la mitad de su longitud, y

   b) el pecíolo y su yema axilar.

La cantidad de tejido nodal (caulinar) que acompaña la yema debe ser muy pequeño para garantizar un buen enraizamiento.

3. Después de cortar los esquejes se colocan inmediatamente a un recipiente con agua hervida fría, para evitar el derramamiento del latex y luego se llevan al lugar donde estén ubicadas las cámaras de enraizamiento.

4. Las cámaras de enraizamiento son mesas metálicas de 2 m de largo, 1 de ancho y 0.70 m de alta, cubiertas por una estructura de aluminio de 1 m de an-

cho y 1 de alto, termiando con una pequeña cúspide a dos aguas. Esta estructura está recubierta de plástico, teniendo dos lados que se pueden abrir a voluntad para colocar o retirar plantas. Durante todo el tiempo de enraizamiento de los esquejes estas dos cortinas laterales de plástico se deben mantener a 30 cm de la superficie de la mesa para que estas aberturas eviten el sancochamiento de las plántulas. Esto se hace en el CIAT porque las cámaras de enraizamiento están colocadas bajo una casa de malla, con techo de teja plástica, lo cual aumenta mucho la temperatura. Si las cámaras estuvieran colocadas bajo condiciones ambientales, habría que ver en cada región cuáles serían los ajustes necesarios.

A lo ancho de la cámara se colocan alambres a unos 20 cm de altura de la superficie de las mesas metálicas y separados a unos 5 cm de intervalo. En estos alambres descansarán los esquejes en posición inclinada para su sostén. La temperatura dentro de las cámaras alcanza hasta 35°C durante el día y baja hasta 22 durante la noche.

5. En cada cámara se colocan 12 bandejas de asbesto con suficientes perforaciones en la base para facilitar el drenaje. En estas bandejas se coloca un substrato esterilizado de arena gruesa.

Cada bandeja tiene una capacidad de aproximadamente 50 esquejes, dando así unos 600 esquejes por cámara. Las bandejas miden 50 cm de largo, 34 cm de ancho y 10 de alto.

6. Los esquejes se colocan superficialmente sobre pequeños surcos hechos en el substrato de arena.

7. Los esquejes se mantienen bajo nebulización contínua, 12 horas diarias, durante 8-15 días dependiendo de la variedad. Hasta el momento la mayoría de las variedades han enraizado a los 6 días. Generalmente a los 4-6 días los esquejes empiezan a echar raíces y brotes quedando listos a los 8-15 días para transplantar a potes de turfa que se dejan en condiciones ambientales para endurecimiento o ámbientación durante 8 días después de los cuáles se llevan directamente al campo definitivo. El mejor momento para transplantar a potes de turfa es cuando el esqueje tiene raíces de aproximadamente 1 cm., lo cual generalmente coincide con el desprendimiento del pecíolo. Actualmente se están usando 2 nebulizadores por cámara, los cuáles tienen un caudal de 50 litros por hora. Posiblemente usando nebulizadores de menor capacidad se pueda obtener el mismo resultado disminuyendo la cantidad de agua.

8. Al cabo de un año de crecimiento en el campo, cada planta proveniente de un esqueje puede proporcionar hasta 30 estacas comerciales dependiendo de la variedad. Cuando se compara el potencial de varias técnicas para la multiplicación de la yuca, se puede concluir que el método por esquejes ofrece la tasa de multiplicación más alta (Cuadro 1). Sin embargo es bueno tener en cuenta que la mano de obra aumenta a medida que se trabaja contínuamente con más de 10 cámaras. Un solo hombre puede manejar solamente 10 cámaras con una eficiencia satisfactoria.

CUADRO 1. MULTIPLICACION VEGETATIVA DE LA YUCA POR MEDIO DE TRES TECNICAS DE PROPAGACION.

PARAMETROS	Sistema Tradicional	Retoños de Estacas de 2 yemas	Esquejes de una hoja-yema
Edad de la planta madre[1]	8-12 meses	8-12 meses	3-4 meses
No. propágulos/planta madre	30	150	100
No. tallos formados/propágulos	1-3/año	8 cada 4 meses	1 cada 2 semanas
Formación de raíces	-	2-3 semanas	1-2 semanas
Transplante al campo	-	4-6 semanas	3 semanas
No. plantas maduras/planta madre	30/año	1200/año	10.000/año
No. estacas comerciales/planta madre	900/año	12.000-36.000/año	300.000 - 450.000/año

[1] Cada método de propagación se inicia con una planta madre.
Cálculos basados en los trabajos de Cock, et al (1976), Pateña, et al (1979), Roca, et al (1980).

BIBLIOGRAFIA

1. COCK, J. H., WHOLEY, D., LOZANO, J.C. and TORO, J.C., 1976. Sistema Rápido de Propagación de Yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Series ES-20. 12p.

2. CHANT, S.R., and MARDEN, J.A. (1958). A Method for the Rapid Propagation of Cassava Cuttings. Tropical Agriculture, 35(3), 195-199.

3. KLOPPENBURG, T.G.A., SIBIE, D., and BRUIJN, G.H. 1972. Rooting of Leaves of Cassava. Dep. Tropical Crops, Wageningen, The Netherlands. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter. 5pp. 38-39.

4. PATEÑA, L.F., and BARBA, R.C. 1979. Rapid Propagation of Cassava by Leaf-bud Cuttings. Philippine Journal of Crop Science, Manila, Philippines. 4(213): 53-62.

5. ROCA, W.M., RODRIGUEZ, A., PATEÑA, L.F., BARBA, R.C., and TORO, J. C. 1980. Mejoramiento de una Técnica de Propagación para la Yuca que Utiliza Esquejes con una sola Hoja y Yema: Informe Preliminar. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Yuca Boletin Informativo No.8, Enero-Abril, Serie 01SC-8. pp. 4-5.

6. SYKES, T.J., and HARNEY, M. PATRICIA. 1972. Rapid Clonal Multiplication of Manioc. Journal of the Royal Horticultural Society. London 97 (12). pp. 530-534.

CULTIVO DE TEJIDOS EN YUCA

W. M. Roca *

Introducción

En general, se entiende por "cultivo de tejidos" al cultivo *in vitro* de cualquier parte de la planta, sea ésta una célula, un grupo de células o un órgano.

Ensayos de laboratorio han demostrado (15, 16) que todas las células vivas de la planta son totipotentes, lo que significa que cada célula contiene la información genética necesaria para la formación de una planta completa bajo condiciones apropiadas que se pueden crear artificialmente. Sin embargo, es una tarea difícil mantener las células aisladas en tubos de ensayo puesto que son meros fragmentos de vida. Por este motivo, para muchos casos de aplicación práctica, se prefiere empezar con un grupo de células o con un órgano.

Una vez aislado de la planta, el tejido debe ser nutrido en forma precisa y controlada. Todos los nutrientes y factores de crecimiento que se encuentran en el cuerpo de la planta deben ser provistos artificialmente. Estos incluyen elementos minerales, una fuente de carbohidrato (sucrosa), vitaminas y reguladores de crecimiento de tipo hormonal. La clase y concentración hormonal puede variar para cada especie y para cada tipo de tejido; por lo tanto requiere ensayos especiales.

La clase de crecimiento que se desarrollará a partir del tejido aislado (proliferación celular, formación de callo, diferenciación de raíces, yemas, plántulas completas) depende principalmente de los nutrientes y de las hormonas.

Ciertos factores como temperatura, calidad, intensidad y duración de la luz también deben ser apropiadamente provistos a los cultivos de tejidos.

En los últimos años se ha avanzado significativamente en la utilización de las técnicas de cultivo de tejidos para resolver algunos problemas en agricultura. Esto es especialmente cierto en el caso del "cultivo de meristemas" y del "cultivo de ápices". Las aplicaciones más importantes de estas técnicas son: propagación vegetativa rápida (7, 12), limpieza de patógenos sistémicos (8), conservación (11) y transferencia internacional de germoplasma (13).

* Fisiólogo. Especialista en cultivo de tejidos, Programa de Yuca CIAT

El meristema apical es una cúpula diminuta (0.1-0.3mm) de tejido localizado en el extremo terminal del tallo. Está formado por un grupo pequeño de células embrionales de crecimiento rápido. Las yemas axilares también poseen meristemas cuya actividad es mínima durante el crecimiento de la yema terminal del tallo (dominancia apical) pero se reactiva cuando la yema terminal cesa su crecimiento vegetativo.

Contrastando con el cultivo de células aisladas y de otros tejidos, el cultivo de meristemas y de ápices (meristema apical acompañado por varias hojitas jóvenes) permite la regeneración de plantas completas en forma rápida y consistente. Esto se debe a que el ápice meristemático tiene gran potencial organogénico, es decir, que posee la capacidad inherente de formar órganos indefinidamente bajo condiciones apropiadas. Debido a la alta organización del meristema apical, las plantas regeneradas in vitro mantienen fielmente sus características varietales (propagación clonal).

Cultivo de Meristemas en Yuca

Se han reportado algunos trabajos en yuca sobre la formación de callos (proliferación celular sin organogénesis) a partir de segmentos de tallo (2,10). Por primera vez se reportó (3) la utilización del cultivo de meristemas de yuca para la eliminación de la enfermedad del mosaico africano.

A continuación se describe la técnica de cultivo de meristemas de yuca, enfatizando en los procedimientos y aplicaciones que se están desarrollando para su utilización en el CIAT.

A. Material

Previa desinfección con Orthocide y Bavistín (5), plantar las estacas de yuca en potes individuales o en cámaras de propagación rápida (1). Regar las estacas con una solución de Hoagland (3) o con un fertilizante soluble.

Brotes de 3-5 cm. de longitud son apropiados como fuente de meristemas (Fig. 1a.). Cortar los brotes, sacarles las hojas más grandes y proceder a la esterilización superficial (Fig. 1b y c) con una solución muy diluida de Hipoclorito de Calcio o de Sodio.

B. Excisión de Meristemas

La operación de excisión de meristemas debe realizarse bajo condiciones de asepsia para mantener la esterilidad de los tejidos. Se debe evitar la disecación de los tejidos internos que son suculentos y prevenir daños mecánicos de las partes que se van a aislar.

Trabajando con un microscopio esteroscópico de magnificación variable (10X-40X) y con una buena fuente de iluminación, remover las hojas más grandes de la yema (Fig. 1d), que son las más externas, usando agujas de disección y bisturíes delgados. Cuando se ha llegado a los primordios más pequeños, usar agujas de disección delgadas y cortarlos hasta que se observe claramente el meristema apical, el cual es plateado - brillante (fig. 1e). Usando una micro-cuchilla, cortar los residuos de tejido dejados alrededor del meristema apical y hacer luego un corte limpio a la altura del "cuello" del meristema (Fig. 1f).

Con la punta de la micro-cuchilla, rápidamente transferir el meristema a la superficie del medio de cultivo (Fig. 1g). El meristema acompañado de uno a dos de los primordios foliares más jóvenes, mide aproximadamente 0.4-0.6 mm. (Fig. 1f). Cuando está acompañado por cuatro a cinco primordios el explante recibe el nombre de "ápice" y mide 0.8-1.5 mm.

C. Medio de Cultivo

El medio basal de Murashige-Skoog (6)-MS de macro y micro nutrientes minerales y vitaminas es suplementado con 2% de sucrosa y reguladores de crecimiento:

0.1 mg/l NAA (ácido naftaleno acético)
0.05-0.1 mg/l GA (ácido giberélico)
0.02-0.2 BAP (benzil aminopurina)

El ph del medio es ajustado a 5.7-5.8; se agrega 0.6% de agar, se distribuye en tubos de ensayo y se esteriliza en el autoclave a 121°C por 10 min.

D. Incubación

Temperatura: 28 ± 2°C.

Luz: 500 lux de iluminación durante los primeros 3-4 días y luego subir a 2.000 lux. Se puede usar fluorecentes de tipo "Luz de día" y un fotoperíodo de 16 horas.

E. Respuestas

A los pocos días de incubación, el tejido aumenta de volumen y se diferencia la pigmentación: verde en la parte superior y blanca-amarillenta en la parte basal del explante. Seguidamente, el axis del explante se alarga y las primeras raíces se inician. Generalmente, se desarrolla un callo en la base del axis. A las 2-3 semanas, las hojitas se desarrollan y las raíces crecen aún más. Después de 4-5 semanas, una plántula completa de $\pm$ 5 cm., con 4-5 nudos, se ha desarrollado a partir del meristema (Fig. 1g).

Mediante la modificación de la composición química del medio, especialmente del balance de citoquininas/auxinas, así como de las condiciones experimentales del cultivo, es posible inducir la diferenciación de numerosas yemas; este sistema puede conducir a la producción de numerosas plantas a partir de un ápice aislado.

Pueden ocurrir algunas variaciones a la respuesta general descrita arriba, dependiendo de la variedad y de las condiciones del cultivo; por ejemplo: formación de tallo con hojas pero falta de enraizamiento. En este caso, transferir el tallo al "medio de enraizamiento": MS (3% sucrosa) + 0.1 mg/l NAA (con 0.8% de agar); las raíces se formarán en 4-6 días. Alternativamente, se puede cortar la yema terminal y todos los nudos del tallito y transferirlos al medio de "cultivo de nudos": MS (3% sucrosa) + 0.01 mg/l NAA + 0.2 mg/l GA; después de 1-2 semanas, se desarrollarán tantas plántulas completas como nudos que se aislaron.

F. Transplante de plántulas a potes y al campo

Una semana antes del transplante a potes, aumentar la iluminación de los cultivos a + 5.000 lux. Un substrato de vermiculita, y arena fina (1:1) contenido en potes tipo "jiffy" facilita el transplante.

Trabajando en un lugar limpio, sacar las plantitas de los tubos de ensayo, lavar las raíces con agua para eliminar los residuos de agar y colocar las plántulas en un orificio abierto en el centro del pote; el substrato ha sido previamente humedecido. Presionar levemente alrededor de la plántula y colocar el pote en un lugar limpio bajo alta iluminación. Colocar los potes en una cámara de propagación rápida (I) acelera el crecimiento de las plantas.

Los riegos durante los primeros días hacerlos con agua y luego con una solución diluída de Hoagland o con un fertilizante soluble diluído.

Una semana antes de la transferencia al campo, aclimatar las plantitas a condiciones de baja humedad; remover gradualmente la cubierta plástica de la cámara de propagación rápida. Para el transplante al campo, escoger un día nublado o hacerlo en la tarde y el suelo debe estar suficientemente húmedo para reducir al mínimo los riegos de secamiento. Abrir el suelo con una pala, colocar el pote y cubrir con suelo el pote incluyendo 2-3 nudos inferiores de la plantita, presionar levemente el suelo alrededor de la planta y si es necesario regar inmediatamente. El transplante al campo se facilita grandemente cuando se han usado potes tipo "jiffy" puesto que no es necesario sacar la planta del pote. Tomar todas las precauciones para evitar ataque de insectos durante la primera fase de crecimiento de las plantitas.

Aplicaciones de la Técnica en Yuca

A. Limpieza de patógenos sistémicos

Como consecuencia de la propagación asexual (por estacas) de la yuca, ciertas enfermedades causadas por patógenos sistémicos (5) tienden a contaminar el material completamente. La detección y control de estas enfermedades es aún más difícil cuando se presenta en forma latente; la enfermedad es transmitida en la "semilla" de una generación a otra. Se han reportado bajas considerables en el rendimiento de raíces debido a enfermedades virosas (9).

La distribución de partículas virales en la planta es irregular: su concentración disminuye con la aproximación al ápice del tallo; el meristema apical mismo se encuentra normalmente libre de virus, salvo algunas excepciones (4).

El aislamiento y cultivo de meristemas permitirá, por lo tanto, propagar con alta probabilidad plántulas libres de virus. Es necesario la aplicación de pruebas de detección de virus para asegurar la limpieza de las plantas regeneradas a partir de cultivo de meristemas y de ápices.

Cuando el tejido es tratado con altas temperaturas (termoterapia) (17), hay una disminución de la infectividad de ciertos virus. En una planta, la síntesis y translocación de las partículas virales parece ser afectada por la termoterapia puesto que su concentración disminuye en los tejidos meristemáticos en crecimiento. La aplicación de la termoterapia a las plantas o brotes en crecimiento ha aumentado la taza de limpieza clonal por cultivo en meristemas en muchas especies, incluyendo la yuca (3,14).

En el CIAT se está estudiando el efecto de la duración y la intensidad de la termoterapia, durante el brotamiento de estacas, sobre la erradicación de enfermedades de tipo viral y su relación con el tamaño del explante para cultivo de meristemas. Asimismo, se estudia el efecto de la aplicación de calor en forma simultánea con el cultivo de meristemas.

B. Propagación Clonal Rápida

El atractivo del cultivo de ápices para la multiplicación vegetativa reside en que el material producido se encontraría libre de enfermedades así como en su potencial para constituir una fuente continua de material juvenil. Esto es deseable principalmente en el caso de variedades o líneas promisorias que se encuentren completamente atacadas por enfermedades sistémicas y cuando se requiere la producción de un núcleo de "semilla" certificada.

En el CIAT se está desarrollando métodos simples para la producción de gran número de propágulas a partir de pocos ápices y/o yemas. Los cultivos pueden ser inducîdos a proliferar para formar masas de tejido con múltiples yemas adventicias y axilares; estas pueden ser divididas manualmente (o el proceso puede ser automatizado) para aumentar la propagación. Las plántulas desarrolladas, o aún las yemas si se desea, podrían ser "cosechados" en una forma más o menos continua para ser transplantados a otros medios de cultivo in vitro o a potes y por último al campo.

Estas propágulas (yemas y/o plántulas) pueden a su vez ser utilizadas para la distribución a otros países o para su conservación en un banco de germoplasma en el laboratorio.

C. Conservación de Germoplasma

El cultivo de meristemas ofrece un gran potencial para la conservación de material clonal a largo plazo. Los cultivos de meristemas requieren pequeño espacio, las posibilidades de contaminación por plagas y enfermedades es prácticamente anulada y el potencial de propagación es alto. Otros problemas que se presentan en el mantenimiento convencional de germoplasma en el campo y/o invernadero, tales como: necesidad de control de insectos y de sanitación, pruebas frecuentes para detección de patógenos sistémicos, la labor intensa y costosa de mantenimiento, el peligro de erosión genética, etc., prácticamente no existen en un sistema de conservación pro cultivo meristemáticos.

Se están estudiando dos sistemas para la conservación de germoplasma de yuca como cultivos de meristemas:

1. Como un enfoque para el futuro, se investiga la conservación de meristemas de yuca a temperaturas super bajas (nitrógeno líquido: -196°C), en una forma similar a la conservación de los líquidos seminales de los animales. Este trabajo, que se realiza en el Prairie Regional Lab. de Saskatoon-Canadá, requiere: la evaluación de diferentes tazas de enfriamiento, el uso de agentes protectores de congelamiento del protoplasma celular, tazas de recalentamiento y métodos para regenerar plantas después de su extracción del nitrógeno líquido, etc.

2. En el CIAT se está estudiando un método alternativo de conservación para el futuro inmediato. El método básicamente consiste en mantener los cultivos de meristemas bajo una taza de crecimiento mínima, de tal forma que se extienda lo más posible el intervalo entre pasajes de los cultivos a medios frescos.

La ventaja de un sistema de "conservación en condiciones de crecimieno mínimo" reside en que se asegura una alta viabilidad del material, el procedimiento es simple y rápido evitándose así pérdidas en la colección.

A través de pasajes periódicos de los cultivos a medios frescos, el método adquiere un carácter de mantenimiento a largo plazo.

Resultados preliminares indican que nudos provenientes de plántulas meristemáticas pueden ser inoculados en medios conteniendo alta concentración de azúcar y almacenados a 18-20°C. En estas condiciones la taza de crecimiento (in vitro) (4-5 cm/mes) se reduce a 0.2 - 0.4 cm/mes. Este crecimiento mínimo permitiría un cambio de medio de cultivo cada dos años y un poco más.

D. Transferencia internacional de germoplasma

El movimiento de plantas y partes de plantas de una región o país a otros cumple un rol importante en el proceso de transferencia de tecnología realizado por instituciones nacionales e internacionales. Este rol, sin embargo, está restringido por regulaciones que previenen la introducción de germoplasma, especialmente de propagación vegetativa, debido a los riesgos reales de diseminar pestes y enfermedades.

Los cultivos de meristemas debido a su condición aséptica deben encontrarse libres de insectos, nematodos y de la mayoría de hongos y bacterias que crecerían en un medio sintético. Si los patógenos (especialmente de tipo sistémico) se encuentran presentes en el explante inicial, podrían ser vistos o contaminarían el medio. En el caso de virus, debe aplicarse apropiadamente la termoterapia combinada con el cultivo de meristema y las plantas indexada.

En el CIAT se desarrolla un sistema para la transferencia internacional de germoplasma de yuca en la forma de cultivos asépticos de ápices y/o plántulas. El método se usará tanto para aliviar las regulaciones de cuarentena que restringen la introducción de germoplasma de yuca del CIAT a otros países así como para la importación de germoplasma valioso de otros países. Uno de los factores más importantes en este trabajo es el entrenamiento de personal de los países receptores en las técnicas de recepción, multiplicación y utilización de los materiales que se distribuyen.

FIG. 1 SECUENCIA TECNICA DEL CULTIVO DE MERISTEMAS EN YUCA.

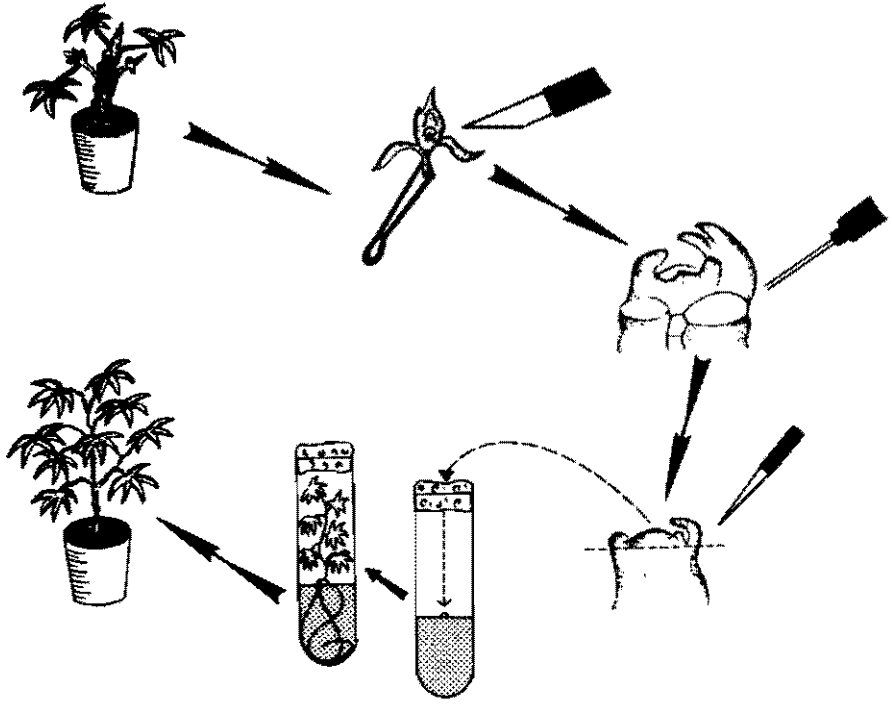
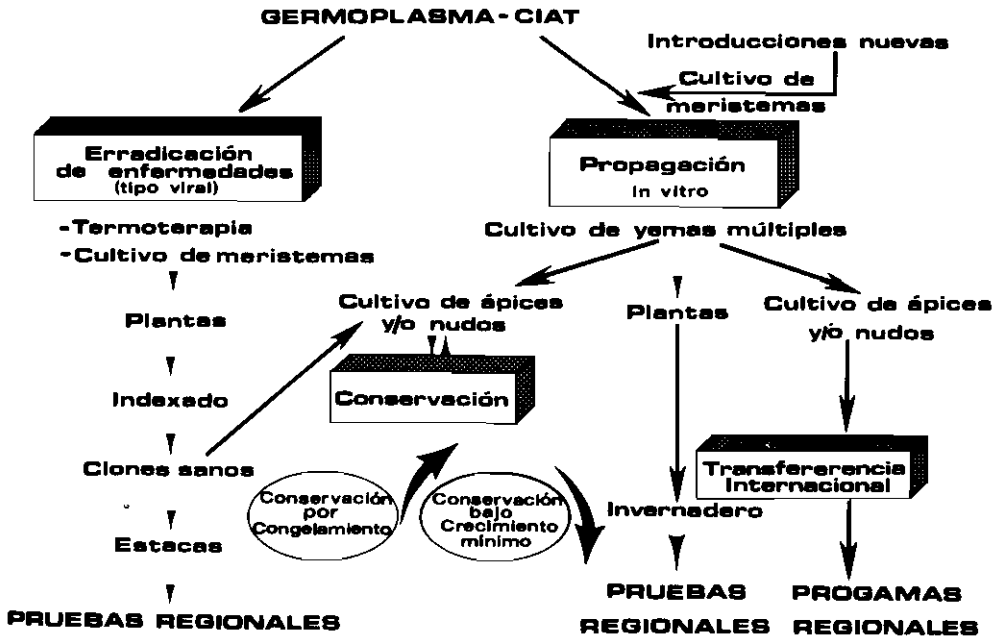


FIG. 2 APLICACIONES DE LA TECNICA DE CULTIVO DE MERISTEMAS EN YUCA



BIBLIOGRAFIA

1. COCK, J.H., WHOLEY, D., LOZANO, J.C. and TORO, J.C. 1976. Sistema rápido de propagación de Yuca. CIAT, Cali, Colombia.

2. ESKES, A.B., VARGA, A., STARISKY, G. and BRUINSMA, J. 1974. Callus growth an rooting of cassava (Manihot esculenta, Crantz) stem segments cultured in vitro. Acta Bot. Neerl. 23:315-320

3. KARTHA, K. and GAMBORG, O.L. 1975. Elimination of cassava mosais disease by meristem culture. Phytopath. 65: 826-828.

4. KRYLOVA, N.V., STEPENENKO, V.I. and REINFMAN, V.G. 1973. Potato virus X in potato apical meristems. Acta virol 17:122

5. LOZANO, J.C., TORO, J.C., CASTRO, A. and BELLOTTI, A.C. 1977. Producción de material de siembra de yuca. CIAT, Cali, Colombia.

6. MURASHIGE, T. and SKOOG, F. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tabacco tissue cultures. Physiol. Plantarum 15: 473-497.

7. MURASHIGE, T. 1974. Plant propagation through tissue culture. Ann. Rev. Plant Physiol. 25: 135-166.

8. MURASHIGE, T. 1974. Plant cell and organ culture methods for the establishment of pathogen free stocks. Simock Lecture, Cornell Univ., Ithaca, N.Y.

9. NARASIMHAN, V. and ARJUNAN, G. 1977. Effect of mosaic disease on cassava.

10. PARKE, D. 1978. Tissue culture of cassava on chemically defined media. Physiol. Plantarum. 42: 195-201

11. ROCA, W.M., WESTCOTT, R.J., HENSHAW, G.G. and GROUT, B.W. 1977. Tissue culture methods and germplasm storage in potato. Acta Hortic. 78: 45-49

12. ROCA, W.M., ESPINOZA, N.O. ROCA, M.R. and BRYAN, J.E. 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. Am. Potato J. 55: 691-701.

13. ROCA, W.M., BRYAN, J.E., and ROCA, M.R. 1978. Tissue culture for the international transfer of potato genetic resources. Am. Potato J. 56: 1-10

14. ROCA, W.R. 1978. Introducción de germoplasma como cultivo de meristemas. Proceedings of II Latin American Botanical Congress, Brasilia-Brasil (in Press).

15. STEWARD, F.C. 1958. Growth and development of cultivated cells. III Interpretations of the growth from free cell to carrot plant. Am. J. Bot. 45: 709-713.

16. VASIL, V., HELDEBRANDT, A.C. and RIKER, A.J. 1964 Plantlets from free suspended cells and cell groups in vitro. Science N.Y. 146: 76-77.

17. WALKEY, D.G.A. 1976. High temperature inactivation of cucumber and alfalfa mosaica viruses in Nicotiana rustica cultures, Ann. Appl. Biol. 84: 183-192.

CAPITULO III

PRACTICAS AGRONOMICAS

PRACTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCION DE YUCA.

SELECCION Y PREPARACION DE ESTACAS DE YUCA PARA SIEMBRA.

METODOS Y DURACION DEL ALMACENAMIENTO DE ESTACAS.

METODOS DE CONTROL DE MALEZAS EN YUCA.

CONTROL CULTURAL DE LAS MALEZAS EN YUCA.

PRODUCCION DE YUCA EN CULTIVOS MULTIPLES.

NUTRICION MINERAL Y FERTILIZACION DE LA YUCA.

COSECHA MECANICA DE LA YUCA, DOS EQUIPOS DIFERENTES.

PRACTICAS AGRONOMICAS PARA LA PRODUCCION DE YUCA : UNA REVISION DE LA LITERATURA

10202

Julio César Toro
Charles B. Atlee *

Introducción

La yuca (Manihot esculenta Crantz), una euforbiácea nativa de América tropical, es tolerante a la sequía, se desarrolla bastante bien en suelos pobres con pH bajo y es relativamente resistente a las enfermedades e insectos. El cultivo generalmente se propaga en forma vegetativa y como no tiene una época precisa de madurez, las raíces se pueden dejar en el terreno y cosechar prácticamente en cualquier época del año. La planta de yuca es una productora sumamente eficiente de hidratos de carbono. La producción diaria de calorías por hectárea es mucho más alta que la de cualquier cultivo básico. Ademas, su follaje puede producir hasta 5 t de proteína cruda/ha-año (98).

De acuerdo con proyecciones reciente de la FAO (62), la producción actual mundial de yuca es de aproximadamente 110 millones de t. equivalente a casi 40 millones de t de grano, de las cuales aproximadamente el 60% se emplea para consumo humano, un alimento básico en las dietas de más de 500 millones de personas en los trópicos. El resto se utiliza como alimento para animales o para fines industriales (e.g., almidón, alcohol). Las raíces son altamente perecibles pero, si se las seca o procesa, se pueden almacenar como la mayoría de los cereales. Brasil, el mayor productor de yuca, está cultivando actualmente una cantidad considerable para la producción de alcohol que se utilizará como suplemento de la gasolina.

Hasta hace muy poco, los investigadores agrícolas no le habían puesto la debida atención a esta raíz, a pesar de ser el cultivo que ocupa el séptimo lugar en importancia en el mundo. La razón es probablemente que se trata de un cultivo de subsistencia (102) que, aunque se produce es más de 60 países tropicales, sólo reciste especial importancia en 6, que representan aproximadamente dos terceras partes de la producción mundial. Sin embargo, se ha efectuado un trabajo excelente durante los últimos 10 años como resultado del énfasis que se ha dado a la investigación de yuca en varios centros de investigación nacionales e internacionales.

---

* Agrónomo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical Cali, Colombia; y Profesor, Crop Science Dept., California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California, respectivamente.

Aunque su potencial de rendimiento parece ser mucho mayor que el de otros cultivos que se han investigado ampliamente (se han registrado rendimientos experimentales de maś de 70 t/ha), el rendimiento promedio mundial es de sólo 9,4 t/ha. Cock (32) ha sugerido que los rendimientos a nivel de finca son bajos debido a las prácticas agronómicas deficientes y a la falta de variedades adecuadas.

Esta revisión actualizada de la literatura cubre las prácticas agronómicas principales utilizadas actualmente para producir yuca en diversas regiones del mundo. Como gran parte de estos trabajos son repetitivos, no se ha tratado de incluir todas las referencias y se han seleccionado principalmente aquellas que se publicaron durante los últimos 20 años. Se han omitido los aspectos de fertilización y cultivo múltiple que ya se han tratado en otras publicaciones.

Material de Propagación

El tamaño y la calidad de la semilla son de importancia fundamental para lograr rendimientos óptimos en cualquier sistema de producción. De acuerdo con Lozano et al. (87), la calidad de la "semilla" de yuca per se está determinada por la edad del tallo empleado como material de propagación, el número de nudos por estaca, el espesor y la longitud de la estaca, las diferencias varietales en los porcentajes de brotación y enraizamiento, la duración del almacenamiento y el grado de daño mecánico que sufre la estaca durante la preparación, transporte almacenamiento y siembra.

Tamaño de la estaca

Cock et al. (33) mostraron que de una estaca muy pequeña con sólo una yema se puede obtener una planta de yuca, pero que las posibilidades de brotación bajo condiciones de campo son muy bajas, especialmente cuando la humedad del suelo es deficiente. Cells & Toro (15) indicaron que el desarrollo inicial se ve afectado cuando se siembra en suelos pobres porque las reservas nutricionales en una estaca pequeña no son suficientes para las primeras etapas de desarrollo. También afirman que entre más pequeña sea la porción de la estaca que queda por encima de la tierra mayor será la competencia de las malezas. Las ventajas de utilizar una estaca muy larga (i.e., 60 cm) reside en la mayor altura inicial de la planta y en que forma sombrío más rápidamente sobre la superficie del suelo aumentando, por consiguiente, la habilidad de la planta de yuca para competir con las malezas.

Los agricultores generalmente usan estacas de 15-25 cm de largo. Las recomendaciones de los diversos investigadores se encuentran dentro de estas dimensiones y se pueden aplicar, a menos de que un ensayo de campo efectuado bajo condiciones locales indique lo contrario. Debe mantenerse presente que las condiciones económicas (e.g., costos de producción), lo mismo que las consideraciones prácticas relacionadas con el manejo de los trozos de tallos, pueden afectar el tamaño del material de propagación empleado.

González Chacón (66) evaluó en Venezuela estacas de 10-40 cm de largo, sembradas inclinadas, vertical y horizontalmente, sin riego durante dos años. No se encontraron diferencias en la posición de siembra, pero las estacas de 40 cm dieron los mejores rendimientos. Jennings (76) también indicó que las estacas más largas (30-45 cm) dieron rendimientos más altos que las cortas.

En Misiones, Argentina, Rodríguez y Sánchez (120) encontraron que las estacas de 30 cm dieron mayores rendimientos que las de 10 en un período de 3 años. En La Molina, Perú, Rosas (122) observó que las estacas de 10 cm dieron rendimientos más altos que las de 20 y 30 cm.

Silva (132) observó que las estacas de 30 cm eran superiores a las de 10-25 cm en el Estado de Santa Catarina, Brasil. En Bahía, Conceicao & Sampaio (37) obtuvieron rendimientos más altos con estacas de 20,25 y 30 cm, sembradas horizontalmente a 10 cm de profundidad. Para el país en general, Normanha & Pereira (107) recomendaron el uso de estacas de 20-25 cm de largo sembradas de esta misma manera.

Jeyaseelan (77), trabajando en Sri Lanka con estacas basales y apicales de 15 y 30 cm de largo, obtuvo los mejores rendimiento con las estacas de 30 cm, provenientes de la parte basal, sembradas verticalmente. Chan (30) no encontró diferencias cuando utilizó estacas de 8,15 y 23 cm de largo en Malasia

El CIAT (23) obtuvo los mejores resultados con estacas de 40 cm de longitud en ensayos con estacas de 20-80 cm provenientes de variedades locales, efectuados en 3 localidades de Colombia sin riego. Sin embargo, en condiciones de riego en la estación experimental del CIAT en Palmira, las estacas de 20 cm de longitud dieron un rendimiento significativamente mejor que las de 40-60 cm (28).

Número de nudos/edad del tallo

Como se mencionó anteriormente, se pueden emplear estacas con un solo nudo pero los riesgos bajo condiciones de campo son grandes. En 2 experimentos efectuados en la zona de bosque de Ghana bajo condiciones adecuadas de precipitación (1080 mm) se evaluaron estacas con 2-8 nudos (70). El rendimineto aumentó con el número de nudos hasta 5; los incrementos subsiguientes en el número de nudos no afectaron los rendimientos. Las estacas más largas tenían más nudos enterrados que las cortas; presumiblemente esto daría más tallos y hojas que a su vez producirían rendimientos más altos. Donkor (55) también observó que cuando se enterraban más nudos, brotaban más raíces y tallos. Debe resaltarse que las estacas empleadas en estos experimentos provenían de tallos recién cortados. Si los tallos deben ser transportados a distancias largas o almacenados por períodos prolongados antes de la siembra, la resistencia y capacidad para sobrevivir en almacenamiento se convierten en factores importantes, en cuyo caso las estacas más maduras (de las partes basal y media del tallo) pueden dar un mayor porcentaje de brotación y probablemente mejores rendimientos. Durante ambos años del experimento, la precipitación fue adecuada y bien distribuida. Es probable que si se escasean las lluvias durante un tiempo largo después de la siembra, los tipos de estacas utilizados también muestren diferencias. Las estacas de la parte apical seguramente sufrirán más en estas condiciones, pero en la zona de bosques donde la precipitación es abundante se puede utilizar confiadamente cualquier tipo de estaca.

Conceicao & Sampaio (37) utilizaron estacas provenientes de plantas de 12 meses de edad en un área brasilera con precipitación adecuada (1196 mm). Jennings (76) recomendó el uso de estacas moderadamente gruesas tomadas de la parte basal de la planta, lo mismo que Jeyseelan (77).

Almacenamiento

Para obtener producciones óptimas independientemente del tamaño de la empresa agrícola, las estacas de tallos frescos de plantas maduras son ideales. Esto no siempre es factible en razón del suministro insuficiente debido a tallos infestados o infectados, a los efectos del frío, a las sequías prolongadas o incluso al exceso de humedad. En muchas regiones del mundo, a menudo es necesario recurrir a métodos para preservar la viabilidad de los tallos por medio del almacenamiento. Las prácticas comunes pueden no solamente afectar la brotacion y el enraizamiento sino también reducir el vigor de la planta, según el tipo de almacenamiento. El almacenamiento prolongado ocasiona pérdida de humedad y expone los tallos al ataque de plagas.

Stephens (137) afirmó que para cualquier método de almacenamiento era necesario mantener estos factores en mente: a) los tallos deben estar bien maduros cuando se los almacena; b) no se los debe almacenar húmedos ni permitir que se humedezcan; y c) se los debe cubrir ligeramente al comienzo para permitir que escape el exceso de humedad y luego deben quedar bien cubiertos para protegerlos del frío. Krochmal (81) afirmó que los tallos sin cortar se deberían almacenar en áreas sombreadas bien ventiladas.

En el sur de México, estos atados de tallos se mantienen invertidos bajo árboles de mango hasta 8 semanas. En la India, los tallos se conservan atados y apilados en posición vertical en la sombra o en cobertizos bien ventilados hasta 6 semanas. Si el cultivo se cosecha en épocas de alta precipitación, el almacenamiento de los tallos se limita a 10 días.

Durante la estación fría (julio-agosto) en el sur de Brasil, las estacas en estado de latencia se pueden almacenar al aire, muchas veces horizontalmente hasta durante 8 semanas. En esta misma área, Mendes (93) recomendó apilar los tallos en un área bien ventilada bajo árboles o bajo un techo de paja para protegerlos de la luz solar directa y de la humedad. Mediante este método, las estacas se mantuvieron de 3-5 meses sin que se deterioraran. Para el Estado de Minas Gerais, Correa (43) recomienda colocar tallos largos en posición vertical, cubriendo su base (10 cm) con tierra y paja para evitar la desecación.

En Paraguay, Bertoni (6) registró que las estacas almacenadas en un lugar seco mantenían su viabilidad después de 5 meses. También afirmó que una muestra de estacas con síntomas de un enfermedad que ocasiona pudrición se empleó como material de propagación después de 6 meses de almacenamiento en un cobertizo de madera cerrado durante la estación seca.

En Argentina, Kiersnowski (79) almacenó tallos de 3 variedades en : 1) parva rústica-en posición vertical, expuestas al ambiente; 2) silo-parva - en posición horizontal en silo cavado en el suelo y evitando el contacto con el suelo mediante una capa de paja de maíz; 3) parva racional húmeda en posición vertical sobre el suelo bajo cobertizo de paja; 4) parva racional seca - igual que el anterior pero sobre un entablado; 5) en seco - en posición horizontal en cobertizo y sobre piso de madera. Tanto los cobertizos de paja húmeda como los de paja seca dieron los mejores resultados. También encontró que la respuesta al almacenamiento depende de la variedad, la humedad y el método de colocación de las estacas bajo la paja. En la provincia de Misiones, Sán-

chez & Rodríguez (123) estudiaron 3 métodos para preservar los tallos de yuca durante el invierno: vertical y horizontalmente bajo un cobertizo de paja, bajo los árboles y al aire libre. En todos los casos, las estacas se cubrieron con tierra y/o paja. La mejor forma de preservar los tallos fue el almacenamiento en un cobertizo de paja en posición horizontal y completamente cubiertos con tierra.

En la Costa Atlántica de Colombia se almacenaron estacas de 30-50 cm de longitud, cubiertas con hojas de banano durante 40 días con resultados óptimos (12). La viabilidad de las estacas de más de 30 cm mejoró cuando los extremos se sumergieron en cera.

El CIAT (19) mencionó que se han mantenido estacas largas (más de 1 m) por más de 3 meses con la porción central viable, mientras que las estacas cortas (menor de 25 cm) se deterioraron rápidamente. Las estacas con los extremos parafinados se compararon con estacas sin tratar para determinar la pérdida de humedad. La cera no redujo la pérdida de peso fresco; el contenido de humedad se redujo de 67-46% después del almacenamiento durante 50 días en condiciones ambientales. Por consiguiente, el uso de la parafina para prevenir la pérdida de humedad es ineficaz. La posición de almacenamiento no afectó el comportamiento del almacenamiento aunque la protección de yemas fue menor cuando las estacas se almacenaron en posición invertida. Se desarrolló una mayor proporción de yemas nodales en los brotes de estacas almacenadas horizontalmente.

En otros experimentos efectuados en el CIAT (17), las estacas conservadas a 4°C durante 29 días no brotaron, en tanto que aquellas cuyos extremos estaban protegidos con un fungicida fueron viables durante 65 días. Cuando los extremos de las estacas se sumergieron en parafina líquida, su viabilidad aumentó a 85 días; en este caso, la cera se retiró en el momento de la siembra. En experimentos posteriores se observó que la viabilidad era mejor con estacas largas envueltas en costales y almacenadas en un cobertizo con techo de palma (21), que con estacas cortas sin protección. Después de dos semanas, los brotes aparecieron en el extremo apical de las estacas; estos brotes no solamente agotan las reservas del tallo sino que transpiran agua.

Lozano et al.(87) recomendaron mantener el área de almacenamiento bien sombreada pero dejando pasar algo de luz; la humedad relativa no debe ser excesiva (alrededor de 80%)y la temperatura moderada (20-23°C). Un tratamiento anterior a la siembra con fungicidas favorece la germinación aún más. Aunque se desconoce si hay o no resistencia varietal a los

factores que afectan los tallos durante el almacenamiento, se encontraron diferencias varietales altamente significativas.

En experimentos con 2 variedades (una con buena y otra con difíciente capacidad de brotación), efectuados en CIAT (27) , se trataron estacas de 20 y 70 cm de longitud sumergiéndolas en 2000 ppm de i.a. de carbendazim (Bavistin)+ captán (Orthocide) ó 4000 ppm de i.a. de clorotanil (Daconil) + maneb (Manzate). Después del almacenamiento en condiciones de campo pero con sombrío, se observaron diferencias varietales en la brotación. También se concluyó que el tratamiento de las estacas con fungicidas evitaba las pérdidas de brotación debidas al almacenamiento.

En uno de los ensayos para resolver algunos de los problemas de almacenamiento de tallos, el CIAT (29) encontró que el almacenamiento de las estacas en bolsas de polietileno o el tratamiento con alginato sódico (Agricol), una gelatina soluble en agua, evitaban la deshidratación. Una película seca de esta gelatina permite el intercambio de oxígeno pero evita la pérdida de agua.

Para evitar el daño ocasionado por enfermedades e insectos, las estacas se trataron antes del almacenamiento con soluciones de fungicidas e insecticidas. Noventa por ciento de las estacas de 20 cm de longitud enraizaron, y las yemas brotaron después de 12 semanas de almacenamiento cuando se las trató con captán/carbendazím y se mantuvieron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente. Después del tratamiento con 2000 ppm de i.a., tanto de captán como de carbendazím, aproximadamente el 95% de las estacas de 20 cm de largo provenientes de tallos largos (70 cm) enraizó y las yemas brotaron después del almacenamiento durante 10 semanas en un piso seco en condiciones ambientales (24°C, 80% de humedad relativa). De igual manera, 90% de las estacas de 20 cm de largo enraizó y las yemas brotaron después de 90 días de almacenamiento cuando se habían tratado por inmersión en una solución de captán/carbendazím (3000 ppm de i.a. cada una) más alginato sódico (10.000 ppm) y se habían mantenido en condiciones ambientales.

La siembra

Preparación del terreno

Como cualquier otro cultivo, la yuca requiere una buena preparación del suelo. Las prácticas varían considerablemente según el clima, el tipo de suelo, la vegetación, la topografía, el grado de mecanización y otras prácticas agronómicas (128).

Donde no es posible mecanizar y la yuca constituye el primer cultivo después de un aclareo del bosque, la única preparación necesaria es la tala de árboles pequeños, la remoción de arbustos y enredaderas y el corte de ramas de árboles grandes para que el suelo pueda recibir la luz solar. Los árboles y arbustos se apilan y se queman al final de la estación seca (146).

Cuando las primeras lluvias ablandan el terreno, la tierra se afloja con azadón, un plantador u otro instrumento afilado dejando una ligera depresión, hueco o montículo de tierra suficientemente floja para sembrar la estaca. La capa de cenizas que queda después de la quema aumenta la cantidad de potasio disponible para el cultivo de yuca (68).

De acuerdo con Tan & Bertrand (139), la preparación de la tierra generalmente se comienza en la estación seca, excepto en las regiones con clima muy húmedo. En estas últimas, la tierra se prepara al final de las "lluvias fuertes", y las estacas se siembran al comienzo de la estación seca cuando se pueden aprovechar las lluvias poco copiosas para el desarrollo inicial de las raíces. En áreas con menor precipitación pluvial, algunas veces es necesario arar antes del período seco para aprovechar algo de lluvia, ya que el terreno se endurece y se seca demasiado para la labranza. Cuando es posible emplear la mecanización, muchos cultivadores de yuca preparan el terreno con arado sencillo y uno de discos, a fin de obtener un buen almácigo, ventilar el suelo y controlar las malezas. Una práctica común en Brasil es abrir surcos de 10-20 cm de profundidad para sembrar las estacas en posición horizontal. La arada y la primera pasada con el arado de discos se efectúan aproximadamente 30 días antes de la siembra (57); la segunda pasada se hace justo antes de la siembra para mejorar las condiciones del suelo y eliminar las plántulas de malezas. Para terrenos en declive, los surcos se deberían hacer en contorno para prevenir la erosión, la cual puede convertirse en un problema grave cuando se siembra en suelos arenosos especialmente durante los primeros meses de crecimiento del cultivo (119).

Santos (125) encontró que el método de preparación de la tierra influía significativamente en el porcentaje de brotación y en el rendimiento. El método corriente de rastrillar-arar-rastrillar y hacer surcos antes de la siembra dio el porcentaje más alto de brotación y producción (17,6 t/ha). El segundo lugar lo ocupó la rastrillada-arada-siembra (14,9 t/ha), seguido por la arada-siembra (12,5 t/ha) y, finalmente, la rastrillada y perforación de huecos (10,6 t/ha).

Por otra parte, Seixas (128) no encontró diferencias significativas en el rendimiento cuando aró el terreno a 10,15 ó 20 cm de profundidad pero los resultados podrían diferir en suelos más pesados. Normanha (111) sugiere que la arada y la rastrillada deberían dejar el suelo flojo a una profundidad de por lo menos 20 cm, que es el área donde la mayoría de las raíces se desarrollan para facilitar la penetración de las raíces. Tineo (141) recomienda arar a una profundidad de 25 cm y luego rastrillar.

En suelos arenosos, livianos, la preparación de la tierra debe ser tal que requiera un mínimo de gasto de energía cuando se piensa sembrar en plano, en tanto que en suelos deficientemente drenados se deben hacer camellones de 15 cm de alto. El CIAT (25) también informa que la siembra en camellones facilita la cosecha, aunque los rendimientos son algunas veces ligeramente menores que los obtenidos cuando se siembra en plano. Con base en los resultados experimentales obtenidos por el Programa de Yuca del CIAT, Díaz (48) afirma que la yuca se debería plantar en camellones en suelos de textura pesada donde existe peligro de pudrición en las raíces. El número de horas tractor varía de 8,40 h/ha para la siembra en plano hasta 12,60-15,33 h/ha en camellones, según la altura y forma del camellón.

Para las plantaciones grandes, la tierra generalmente se prepara como para maíz; el terreno se ara a una profundidad de por lo menos 20 cm y luego se rastrilla con una rastra de discos. La siembra se puede efectuar en surcos en plano, excépto en suelos pesados en areas húmedas donde es necesario caballonear o hacer camas en los camellones de por lo menos 15 cm de altura, a fin de permitir el drenaje y disminuir los problemas de pudrición de las raíces asociadas con los altos niveles de humedad del suelo. Muchos agricultores en el sureste asiático aran a una profundidad de sólo 15 cm que con frecuencia tiene como resultado la disminución del rendimiento.

Camellones vs. camas vs. surcos. Cualquiera que sea el método de preparación de la tierra empleado, debe hacerse énfasis en que la buena brotación y enraizamiento de las estacas requiere una humedad adecuada del suelo y una buena preparación; por consiguiente, el método empleado dependerá principalmente del tipo de suelo y del clima.

Toro et al. (143) informan que los estudios llevados a cabo por el CIAT en los Llanos Orientales demostraron que la siembra en plano es ventajosa durante la estación seca mientras que la siembra en camellones es más aconsejable durante la estación húmeda. Un sistema de camas desarrollado en el CIAT emplea un camellón con la parte superior plana. Las camas se hacen enganchando un conformador a un cul-

tivador rotatorio, lo que permite preparar la tierra para la siembra, efectuando una sola operación. Las camas o camellones no son recomendables para suelos arenosos puesto que no conservarían su forma; por otra parte, el drenaje no constituye un problema en estos suelos. Las camas serían más prácticas que los camellones para el cultivo intercalado de la yuca con fríjol o caupí, los cuales se pueden sembrar mecánicamente al mismo tiempo que la yuca en suelos más pesados.

Para suelos de textura arcillosa con más de 1200 mm de precipitación pluvial, deberían hacerse camellones para facilitar el dranaje, lo que mejoraría también considerablemente el establecimiento y el rendimiento del cultivo (86).

La yuca se siembra algunas veces en la parte superior de un montículo de forma cónica construído manualmente, por lo general con la ayuda de un azadón. Este método puede remplazar los camellones o las camas cuando no se dispone de maquinaria (143).

Krochmal (81) afirma que la siembra en surcos o en camellones es una práctica poco común y no se debe promover puesto que la siembra mecanizada sería muy difícil con dichos sistemas. El costo de las operaciones adicionales podría se compensado por el aumento en los ingresos, si acaso los hay. La siembra en plano casi siempre se hace en surcos si las estacas se siembran horizontalmente, como en Brasil. Como la siembra mecanizada en camellones es difícil, los terrenos llanos son más ventajosos en áreas donde las pudriciones radicales no constituyen un riesgo grave, toda vez que se tienen informes de que las pudriciones pueden causar pérdidas de rendimiento hasta del 80%.

Ezeilo et al.(60) informaron que en Nigeria la yuca se cultiva en suelos más livianos, y el 77% se siembra en montículos, el 11% en camellones y el 11% en plano. Lulofs (89) indicó que la siembra en plano en Malasia era satisfactoria, pero que los camellones permitían obtener un establecimiento más uniforme, facilitaban la cosecha y controlaban mejor la erosión; en tanto que Harper (71) afirmó que, en Tailandia, la siembra en camellones daba menores rendimientos que la siembra en plano. Cock (80) no encontró diferencias significaticas en rendimiento cuando se sembró tanto en plano como en camellones.

Conceicao (41) informó que la siembra horizontal a 10 cm de profundidad en surcos, facilita la cosecha comercial. La siembra en camellones también da buenos resultados si las malezas no constituyen un problema tan grave. En suelos más pesados y compactos, Normanha (111) indicó que se deberían utilizar camas y camellones, puesto que los suelos pesados se saturan de agua, lo cual va en detrimento de la yuca durante la estación lluviosa debido a la mala aireación. Ha sido demostrado que la yuca no forma raíces engrosadas cuando se cultiva en una solución nutritiva, debido a la cantidad limitada de oxígeno; la acumulación de almidón probablemente necesita grandes cantidades de oxígeno libre. Para una mejor aireación, la yuca debería sembrarse en la parte superior de montículos o camellones.

Grace (68) informa que el acaballonamiento produjo rendimientos más bajos que la siembra en plano en algunos experimentos. En un experimento efectuado en el CIAT (25) en parcelas de tamaño comercial con suelos francos, se observaron resultados similares; sin embargo, el acaballonamiento reduce el número de desyerbas requeridas y facilita la cosecha.

Epoca

Tanto el tiempo como la disponibilidad de material de propagación influyen en la época de siembra (68). Para reducir los riesgos y distribuir el trabajo duro de cultivo más uniformemente, la siembra se divide, de vez en cuando, entre 2 estaciones húmedas. Se recomiendan 2 épocas de siembra para las Filipinas y Colombia, debido a las 2 estaciones lluviosas bien definidas del año. En muchas regiones productoras de yuca, la precipitación se distribuye de manera relativamente uniforme durante el año, lo cual ofrece la posibilidad de sembrar en diferentes épocas; las diferencias en rendimiento sólo son menores, especialmente cuando los suelos presentan un buen drenaje pero a pesar de ello mantienen la humedad del suelo.

Hay muchos factores que pueden influir en la humedad del suelo - textura del suelo, materia orgánica, precipitación, humedad relativa del aire, temperatura y viento - que deben ser considerados cuando se va a determinar la estación apropiada de siembra. El exceso de humedad en suelos pesados, deficientemente drenados, favorece el desarrollo de organismos causantes de pudriciones radicales (115).

Sin embargo, la época de siembra más común para la yuca parece ser al comienzo de la estación seca, lo cual puede constituir un problema por cuanto a menudo, hay competencia de otros cultivos por la mano de obra disponible. En áreas con temperatura y humedad del suelo adecuadas durante la estación seca, la siembra se puede llevar a cabo casi en cualquier momento, aprovechando de esta forma la mano de obra disponible, evitando los problemas por enfermedades y aumentando los rendimientos.

La época de siembra apropiada puede disminuir la incidencia de enfermedades y la siembra al comienzo de la estación húmeda garantiza un buen establecimiento (86). Es recomendable esperar hasta que las primeras lluvias sean definitivas para eliminar el riesgo de perder la siembra. La parte aérea se desarrolla cubriendo las hileras durante la estación seca, aproximadamente 4 meses después de la siembra. El ambiente seco (a pesar de la poca circulación del aire y la falta de humedad relativa entre plantas) evita que se forme un microclima favorable para el desarrollo de patógenos.

Es deseable sembrar y cosechar durante aproximadamente la misma estación para evitar el tener que almacenar los tallos durante un tiempo prolongado. La experiencia ha demostrado que, desde el punto de vista de la producción de almidón, el desarrollo de la planta es mejor cuando la siembra tiene lugar al comienzo de la estación lluviosa. El problema de esperar hasta que la estación lluviosa ha entrado es la obtención de buen material de siembra. Si los tallos ya han comenzado a brotar, estos brotes se pueden quebrar fácilmente durante el manipuleo. Por otra parte, si los tallos se almacenan durante un tiempo prolongado, se deshidratan y pierden su vigor.

De acuerdo con Correa (42), la época de siembra es el factor de producción más importante. Zijl (149) también afirma que la época de siembra influye marcadamente en la producción y recomienda el mes de noviembre para Indonesia. En Kerala, India, Ninan et al. (103) encontraron que la yuca se puede cultivar durante todo el año, pero que para obtener rendimientos máximos, la siembra debería efectuarse en abril; el segundo mes más apropiado es septiembre. Nair (100) también recomienda la época de abril a mayo para condiciones de precipitación pluvial en Kerala, Tamil Nadu, donde el clima es cálido y los 1500-2000 mm de lluvia están distribuidos uniformemente a lo largo del año.

La investigación efectuada por Normanha & Pereira (104) en Sao Paulo, Brasil, indicó que los rendimientos y el contenido de almidón más altos se obtuvieron sembrando durante el período normal de cosecha (mayo-julio). Esta época también resolvería el problema de almacenar las ramas para material de propagación y ocasionaría una menor erosión del suelo que la siembra en septiembre a octubre, después de que las lluvias han comenzado. Para otras regiones brasileñas, Correa (43) afirma que es recomendable sembrar al comienzo de la estación lluviosa en Minas Gerais (octubre-diciembre) o durante la estación lluviosa en área secas como Bahía (abril-junio); por otra parte, Viegas (146) recomienda la siembra en octubre para la región nordeste de Brasil. Albuquerque et al.(3)no recomiendan sembrar de octubre a enero en el valle del Amazonas en el oriente de Pará, toda vez que éste es el período más húmedo y la pudrición podría convertirse en un problema. Al sur del Brasil todas las siembras deberían efectuarse en agosto y en años secos, en octubre. Silva (135) aconseja sembrar al comienzo de la estación lluviosa, pero las siembras más tempranas son recomendadas por Normanha & Pereira (104) para Sao Paulo, y por Drummond (56), para Belo Horizonte. Viegas (146) afirma que aunque la siembra debería efectuarse al comienzo de la estación lluviosa, también es importante hacerlo en un día despejado y sin lluvia.

Podría pensarse que los períodos óptimos de siembra y cosecha dependen de la variedad. Esta es probablemente la razón por la cual muchos agricultores de subsistencia a menudo siembra diferentes cultivares a lo largo del año, a fin de disponer de yuca en cualquier época del año. En un experimento de 3 años llevado a cabo en la provincia de Misiones, Argentina, se obtuvieron mejores resultados sembrando una variedad temprano (agosto-septiembre) cosechándola en mayo, en tanto que la otra se sembró tardíamente (octubre-noviembre) y se cosechó en junio (121).

Posición de la estaca

La variedad y los factores edáficos y climáticos influyen también en alto grado en la posición de siembra. Antes de hacer cualquier recomendación, es necesario experimentar en diferentes zonas ecológicas para determinar la posición más apropiada. Cock (32)afirmó que los resultados de estudios sobre posición de siembra (vertical, inclinada u horizontal), en plano o en camellones, no muestran tendencias consistentes.

Galang (63) empleó estacas de 30 cm de longitud de 21 variedades diferentes en las Filipinas y encontró que 13 dieron rendimientos más altos cuando se las sembró verticalmente, mientras que las 8 restantes respondieron a la posición inclinada. Después de 2 experimentos concluyó que las estacas se pueden sembrar en cualquiera de la 2 posiciones prácticamente con los mismos resultados.

Chan (30) no encontró diferencias en el rendimiento cuando se sembraron estacas de 15 cm inclinadas, horizontal o verticalmente. En un experimento de 2 años en suelos de turba en Malasia, Chew (31) tampoco encontró diferencias significativas en el rendimiento para las 3 posiciones.

En Tailandia, la posición de siembra depende, principalmente, de las condiciones edáficas y climáticas (71). La siembra horizontal generalmente se efectúa en la estación seca (octubre-mayo) para preservar la humedad. Este método da un porcentaje de brotación y un rendimiento mayores, debido a que las raíces se forman en más puntos de crecimiento. Las raíces también tienden a crecer más cerca de la superficie del suelo, lo cual facilita la cosecha. La siembra inclinada o vertical se emplea en áreas donde la precipitación es alta y durante la estación húmeda (mayo-octubre), o donde las estacas horizontales pueden podrirse como en regiones con un alto contenido de humedad del suelo. En la India, por otra parte, la siembra vertical es más ventajosa cuando la precipitación es moderada (118), y la posición inclinada se adopta cuando la precipitación sobrepasa los 1700 mm anuales. Kundju (82) indicó que la siembra vertical era mejor cuando se empleaban camellones.

Brandao (8) comparó 2 sistemas de siembra en suelos pesados. Las estacas basales de 40 cm de largo sembradas verticalmente a 10 cm de profundidad dieron un 30% más de producción que las de 20 cm sembradas horizontalmente. La distribución de las raíces fue diferente para cada tratamiento; así, las estacas sembradas verticalmente alcanzaron casi 5 cm más de profundidad que aquellas sembradas horizontalmente. Estas últimas fueron más fáciles de cosechar. Por otra parte, Conceicao & sampaio (40) al utilizar 4 sistemas de siembra y 4 cultivares, encontraton que el efecto del sistema de siembra no era estadísticamente significativo. Por consiguiente, se recomendó la siembra en plano utilizando estacas de 20 cm de longitud sembradas horizontalmente a una profundidad de 10 ó 20 cm, por cuanto ésta sería menos costosa en el caso de la siembra mecanizada.

González (66) estudió el tamaño de las estacas y la posición de siembra en 2 ensayos en Venezuela. En ambos ensayos, las estacas de 20,30 y 40 cm fueron significativamente superiores a las de 10 cm. En relación con la posición de siembra, los resultados del primer ensayo dieron 15,0, 13,7 y 12,0 t/ha para las posiciones horizontal, vertical e inclinada, respectivamente. No hubo, sin embargo, diferencias significativas entre las 2 primeras posiciones. En el segundo experimento no se encontraton diferencias significativas entre las 3 posiciones y los rendimientos fluctuaron entre 22 y 23,8 t/ha. Los rendimientos más bajos del primer ensayo probablemente se debieron a la poca precipitación. En las Islas Vírgenes, Krochmal (81) registró que era mucho más ventajoso sembrar estacas de 25 cm de longitud con 3 yemas,

horizontalmente, a 5 y 10 cm de la superficie del suelo que sembrarlas inclinadas. Las estacas sembradas en posición invertida perecen fácilmente, y si llegan a desarrollarse producen raíces inmaduras con un rendimiento bajo.

En Colombia, la yuca se siembra ampliamente en posición vertical en sólo una de las 5 zonas cultivadoras de yuca investigadas (51). Esta región se caracteriza por suelos arenosos, una estación seca prolongada (hasta de 4 meses), una precipitación pluvial media de 1200 mm anuales y una temperatura promedio de 28°C.

Wahab et al.(147) no encontraron diferencias significativas en los rendimientos entre la siembra manual y mecanizada en posición horizontal en Guyana. Onweme (117) encontró que los rendimientos eran significativamente más altos para las estacas sembradas verticalmente con las yemas hacia arriba que para aquellas en posición invertida. Fernando & Jayasundera (61) observaron que la posición vertical era significativamente superior a la horizontal, en tanto que Loria (85) notó diferencias significativas en el rendimiento en Costa Rica, aunque las estacas sembradas verticalmente produjeron más. En Perú no hubo diferencias significativas entre las diferentes posiciones de siembra (122).

De acuerdo con Grace (68), la siembra en posición vertical bajo condiciones de poca precipitación puede ocasionar el resecamiento de las estacas, mientras que en áreas de alta precipitación, las estacas sembradas horizontalmente pueden podrirse. La siembra horizontal entre 5 y 10 cm de profundidad es recomendable para climas secos y donde se emplea la siembra mecanizada; esto también facilita la cosecha manual. Por otra parte, la siembra en posición vertical se emplea en áreas lluviosas y la siembra inclinada en regiones semilluviosas.

En otro trabajo sobre la posición de siembra, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento, pero hubo una diferencia marcada en la profundidad y distribución de las raíces (70). Las estacas sembradas verticalmente produjeron raíces mucho más profundas y más juntas, en tanto que las sembradas horizontalmente produjeron raíces superficiales distribuídas a lo largo de la estaca. Jennings (76) informó que las raíces de estacas sembradas verticalmente tienden a penetrar más profundamente que las que están en posición inclinada u horizontal. Rodríguez & Sánchez (120) evaluaron 2 posiciones de siembra (inclinada y horizontal); la inclinada dio mayores rendimientos pero la cosecha fue más difícil.

Crawford (45) concluyó de sus trabajos en Jamaica que sembrar horizontalmente estacas de 25 cm era mejor cuando la humedad del suelo era poca en el momento de la siembra. Como las estacas se cubren con 2-3 cm de tierra, hay menos resecamiento de las mismas por exposición al medio ambiente, lo cual mejora el porcentaje de brotación. Las raíces también brotaron de un mayor número de puntos de crecimiento a lo largo de la estaca y tuvieron, por consiguiente, más espacio para desarrollarse. Las raíces tendieron a esparcirse y desarrollarse más cerca de la superficie del suelo, aprovechando mejor el fertilizante y la materia orgánica aplicados. La siembra horizontal dio también mayores rendimientos que la siembra en ángulos de 15 y 45°.

Castro et al.(13) determinaron que ni el ángulo de corte ni la posición de siembra de la estaca tenían un efecto significativo en el rendimiento. Al cortar las raíces en ángulo recto, éstas se distribuyeron uniformemente alrededor del perímetro. Con la siembra horizontal, la cosecha y la separación de las raíces fue más fácil que con la siembra vertical o inclinada. Se recomienda un ángulo de corte recto y una posición de siembra vertical, porque hay una leve tendencia a producir un mayor rendimiento. En ensayos efectuados en el CIAT, el enraizamiento y brotación de las estacas bajo condiciones de campo fueron siempre más rápidos en posición vertical. La posición horizontal se recomienda para la siembra mecanizada cuando la humedad del suelo es apropiada.

Celis & Toro (16) recomiendan : a) Siembra vertical. Por lo menos se deben enterrar 4 yemas para garantizar una buena brotación. En esta posición las raíces tienden a formarse en el extremo inferior de la estaca y se distribuyen radialmente en forma más o menos uniforme. b) Siembra inclinada. Las estacas se insertan en el suelo a un ángulo de 45°; en este caso, las raíces tienden a seguir la misma dirección del ángulo al cual fueron sembradas las estacas. Algunos agricultores creen que la cosecha se facilita con este método debido a la posición de las raíces. c) Siembra horizontal. La estaca generalmente se coloca en un surco y se entierra por completo. Esta posición facilita la siembra mecánica; las raíces tienden a formarse en el extremo más grueso de la estaca. Cuando las estacas son largas (30-40 cm), las raíces se pueden desarrollar a los lados de los nudos.

Aunque las muchas ventajas de sembrar estacas de yuca verticalmente son evidentes, hay ciertas consideraciones que se deben tener en cuenta en relación con la siembra horizontal : a) es mucho más fácil sembrar estacas mecánica o manualmente, ya que no es necesario tener presente que no deben sembrarse en posición invertida, lo cual no es recomendable según Bolhuis (7); b) no es necesario agacharse para efectuar la siembra (113); y c) las raíces son más superficiales y más fáciles de cosechar.

Las desventajas obvias son: a) bajo condiciones climáticas sumamente adversas, la siembra superficial (5 cm) puede ocasionar más daño debido al calor, a la mayor exposición de las raíces a los efectos de la erosión y al mayor volcamiento producido por el viento debido al mal soporte que tiene la estaca a tan poca profundidad (14,80); y b) la siembra a mayor profundidad (10 cm) puede retardar la brotación y la emergencia (14), lo cual ocasiona mayor compentencia de las malezas y daño a las estacas durante las deshierbas si éstas todavía no han emergido (119); por otra parte, los rendimientos comerciales algunas veces son más bajos que cuando se siembra en posición vertical o inclinada.

Con base en la experiencia de los autores en muchas regiones yuqueras de América Latina, se debe tener en cuenta el siguiente criterio en relación con la posición de siembra: en regiones con suelos entre medio y pesados, con precipitación adecuada (1000-2000 mm/año), la posición de siembra no es importante puesto que hay una humedad apropiada para estimular la brotación de las yemas. En áreas de suelos arenosos o precipitación irregular, sin

embargo, la posición vertical es el método más seguro, toda vez que una estaca de 20 cm de longitud tendrá por lo menos 10-15 cm enterrados en el suelo, lo cual le da mejor contacto con la humedad disponible para estimular la brotación de las yemas. Las yemas de las estacas sembradas horizontalmente bajo estas condiciones se pudrirán debido al calor, ya que la temperatura del suelo siempre es más alta que el aire que las rodea. En caso de la siembra vertical la misma estaca sirve como un difusor del calor (J.C. Lozano, com.pers., 1975).

Las consideraciones y recomendaciones de los autores en relación con la posición de siembra se basan principalmente en experimentos llevados a cabo por el equipo de yuca del CIAT, en diferentes ecosistemas de Colombia durante los últimos 7 años. Se debe resaltar que el concepto fundamental de estos experimentos ha sido la selección cuidadoda y el tratamiento de las estacas. La mayoría de las discrepancias en los resultados registrados en la litera - tura son atribuibles a la falta de conocimiento de esta sencilla tecnología, la cual es más bien reciente.

Profundidad

Tan & Bertrand (139) creen que la profundidad de siembra debería regu - larse de acuerdo con las condiciones ambientales. Una exposición excesiva de las estacas en áreas donde la humedad del suelo es inferior a la óptima po - dría dar como resultado establecimientos bajos y en consecuencia menor ren - dimiento. Celis & Toro (16) afirman que las estacas se pueden sembrar superficial o profundamente en varias posiciones. Los criterios que se deben tener en cuenta son: para suelos secos, arenosos, las estacas se deberían plantar a mayor profundidad, mientras que en suelos húmedos, pesados, se debe hacer superficialmente. En el primer caso debe recordarse que la siembra profunda dificulta la cosecha (119) y aumenta los costos de producción cuando esta última se efectúa manualmente.

Para medir la profundidad de enraizamiento de las plantas, Campos & Sena (11) sembraron estacas de 20 cm de longitud, horizontalmente, a 10 cm de profundidad con un espaciamiento de 100 x 60 cm. Las raíces alcanzaron una pro - fundidad de 90 y 140 cm a los 210 y 365 días, respectivamente. En los prime - ros 30 cm de suelo se encontraron el 95,3 y el 96,4% de todas las raíces; y de éstas, el 65,6 y el 85,8% se desarrollaron en los primeros 10 cm.

Normanha & Pereira (105) evaluaron 3 profundidades (5,10 y 15 cm) y 2 estaciones de siembra en un período de 3 años. Bajo condiciones cálidas, secas, las estacas sembradas a 15 cm de profundidad brotaron más rápidamente y en un período más corto de tiempo que las que se sembraron más superficialmente, tal vez debido a la mayor humedad. Cuando la temperatura y la humedad fueron adecuadas ocurrió exactamente lo contrario. La cosecha fue más fácil cuando las estacas se sembraron a 5 cm que a 15 cm, en razón de la profundidad de enraizamiento de las últimas. Los rendimientos fueron 18,2, 16,5 y 13,2 t/ha para las plantas provenientes de estacas a 5,10 y 15 cm de profundidad, respectivamente. La profundidad de siembra de 5 cm es bastante ventajosa, pero para prevenir el desenraizamiento de las plantas debido a la erosión y para que la planta se establezca de tal forma que soporte el volcamiento,

se recomienda una profundidad de 10 cm. Conceicao & Sampaio (39,40) recomiendan sembrar estacas de 20 cm de longitud horizontalmente a una profundidad entre 10 y 20 cm para disminuir los costos/ha de la siembra mecánica. En otros lugares de Brasil (57), se recomienda sembrar yuca en surcos continuos, utilizando equipo de tracción animal o accionado por tractores para sembrar estacas horizontalmente a una profundidad de 10-15 cm.

Holguín et al.(73) encontraron que, bajo condiciones óptimas en el momento de la siembra (e.g., adecuada humedad del suelo, estacas tratadas de buena calidad), la profundidad de siembra no tiene efecto en el crecimiento o rendimiento de plantas de estacas sembradas verticalmente. Una profundidad de 10 cm para la siembra vertical es la maś apropiada en relación con la siembra y al cosecha. El mejoramiento genético podría contribuir a facilitar la separación de las raíces en el momento de la cosecha. Se recomienda repetir este estudio en suelos livianos, arenosos, poco húmedos, ya que el auto observó que bajo condiciones adversas estos suelos se pueden tornar excesivamente calientes y secos a una profundidad de 5 cm, creando un ambiente muy desfavorable para la brotación y el enraizamiento adecuado de las estacas, como informaron Normanha & Pereira (105).

Densidad

La situación en relación con la densidad de siembra y los rendimientos óptimos fluctúa considerablemente de un país a otro e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. Como el hábito de crecimiento de la plantas y su morfología, lo mismo que las condiciones ambientales influyen en el efecto de las poblaciones en el rendimiento, las recomendaciones que se hagan para una variedad en un ambiente en particular no son necesariamente aplicables a otra de hábito de crecimiento y morfología diferentes o en otro ambiente.

Los experimentos llevados a cabo en el CIAT (23), en diferentes zonas, demostraron que la población óptimas de plantas varía de acuerdo con las condiciones ecológicas. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos en población, en tanto que en los suelos ricos los incrementos en la respuesta a la población dependen del hábito de crecimiento de las variedades. Las poblaciones óptimas de plantas por unidad de superficie también dependen de la forma de la planta (25). Dos variedades de porte bajo y 2 de porte alto con diferentes características de ramificación se sembraron en el CIAT, a densidades entre 2500 y 40.000 plantas/ha y se cosecharon a los 12 meses. Se encontró que el rendimiento total de raíces aumentó con el incremento en la población de plantas, una buena característica para el cultivo industrial. Para el consumo de raíces frescas (es deseable raíces grandes), sin embargo, la población óptima fue de 10.000 plantas/ha para variedades de porte bajo y alto, erectas, y de 5000 plantas/ha para tipos de porte alto, ramificado.

En el Central Tuber Crops Research Institute in India, Mandal (91) encontró que el rendimiento de raíces más alto se obtenia con 12.345 plantas/ha para una variedad ramificada y 17.777 plantas/ha para un tipo no ramificado. También encontró que al aumentar el número de brotes de 1-2/planta se incrementó el rendimiento significativamente, tanto para los tipos ramificados. En Tamil Nadu, Narasimham y Arjunan (101) encontraron que la in -

cidencia del mosaico africano disminuía adoptando un espaciamiento mayor (12.345 plantas/ha).

En Brasil, Normanha & Pereira (106) recomendaron sembrar de 16.666-20.000 plantas/ha en suelos de baja fertilidad en el estado de Sao Paulo, incluso habiendo fertilizado; y 13.888 plantas/ha en suelos fértiles, debido a un crecimiento más vigoroso bajo estas condiciones. En suelos de baja fertilidad en 3 municipios del Estado de Río de Janeiro, 20.000 plantas/ha dieron los mejores resultados para una producción total de raíces (112). Por cada 20 cm de aumento en el espaciamiento entre plantas, los rendimientos disminuyeron en 765 kg/ha. Igualmente, en la estación experimental de Patos, Minas Gerais, la cantidad óptima de plantas/ha para suelos fértiles fue de 20.000 (56). Silva (132) también encontró ventajoso sembrar de 16.666-20.000 plantas/ha en suelos fértiles en el sur de Santa Catarina y en la región de Sete Lagoas en Minas Gerais. Mattos (92) recomienda 16.666 plantas/ha para suelos de poca fertilidad sin fertilizar en la región de Cruz das Almas en Bahía. Santos (124) aconseja 10.412 plantas/ha para el Estado de Pernambuco; también indicó que era preferible emplear 20.000 plantas/ha en suelos pobres en el nor deste, en contraste con 13.888 para los suelos fértiles de esta misma región. Después de muchos años de investigación. Albuquerque (2) recomendó 10.000 plantas/ha para suelos de baja fertilidad en el Estado de Pará en la cuenca amazónica; 17.777 para suelos de fertilidad inferior al promedio; y 4473 para suelos fértiles.

Tardieu & Fauche (140) registraron los rendimientos más altos con 10.000 plantas/ha, mientras que Rodriguez et al.(121) recomendaron poblaciones mucho mayores (13.300-20.000 plantas/ha). Calderón (10) trabajó con 2 variedades empleando densidades de siembra de 10.000-30.000 plantas/ha en suelos fértiles y encontró que el rendimiento aumentaba con la población únicamente para una de las variedades.

En la zona boscosa de Ghana, Gurnah (69) obtuvo los mejores rendimientos con 18.500 plantas/ha cuando se sembraron con espaciamiento de 60 x 60 cm; los espaciamientos mayores o menores de 60 cm disminuyeron el rendimiento La distancia generalmente recomendada para ese país es 91,4 cm (52). Por otra parte, Takyi (138) observó que los espaciamientos menores (90 x 90 y 90 x 60 cm) en un Ocrosol, boscoso, franco arenoso en Kwadaso dieron aumentos significativos de rendimiento en comparación con los espaciamientos más amplios (90 x 120 cm), pero que se obtuvieron pocas raíces grandes con los espaciamientos más reducidos.

En Sierra Leona, Enyi (59) empleó un espaciamiento de 90 x 120 cm, pero Godfrey-Sam-Aggrey & Bundu (64) emplearon uno de 120 x 120. En las tierras altas de Njala, Godfrey-Sam-Aggrey (65) encontró que el incremento en la densidad de población a más de 7000 plantas/ha con una variedad muy ramificada, disminuía todos los parámetros estudiados con excepción de la relación parte aérea:peso raíces, la cual aumentó. Estos efectos se atribuyeron a la competencia por los recursos ambientales, ya que la superficie de tierra/unidad de plantas disminuyó con el aumento en la población de plantas.

En general puede decirse que a medida que la población aumenta, el rendimiento total de raíces también aumenta; no obstante, el número de raíces/planta, el tamaño de la raíces y el índice de cosecha disminuyen, mientras que el control de malezas mejora debido a la competencia. El CIAT (18) sembró 3 variedades a poblaciones que fluctuaron entre 2000 y 80.000 plantas/ha, utilizando un diseño sistemático en abanico. A los 7 meses, la variedad CMC-84 dio los mejores rendimientos (18 t/ha), a poblaciones entre 5000 y 9000 plantas/ha), mientras que la variedad CMC-49 produjo los mejores rendimientos (18 t/ha) a una densidad de siembra de 2000-5000 plantas/ha. Llanera produjo 24 t/ha con una densidad entre 3000 y 7000 plantas/ha, lo cual sugiere que existe una densidad óptima de siembra que cambia según la variedad. Las reducciones en el rendimiento a poblaciones más altas que las óptimas se deben a la disminución en el peso de las raíces a medida que aumenta la población.

Mecanización

La necesidad de sembrar en forma mecanizada más eficientemente es cada vez más importante cuando se trata de grandes extensiones que deben sembrarse en un período corto. De acuerdo con Normanha (108), el grado más alto de mecanización en Brasil se obtuvo empleando una sembradora de 2 ruedas, enganchada a un tractor, la cual surca, fertiliza, siembra horizontalmente las estacas, las cubre con tierra y compacta el suelo simultáneamente. Esta sembradora Sans es muy pesada; cuando se ensayó en Piracicaba, efectuó un trabajo excelente. Se opera a la velocidad normal del tractor, inclusive en terreno de declive moderado. Ocho personas pueden sembrar 10 ha/día, mientras que anteriormente para sembrar la misma área a mano se necesitaban 30 obreros (96). Los tallos se deben cortar con anticipación, lo cual es bueno porque se pueden tratar antes de la siembra.

Massey Ferguson también tiene una sembradora de 2 hileras que es más liviana que la Sans. Esta excava el surco, corta los tallos a la longitud deseada, los deposita en el surco, coloca el fertilizante a ambos lados de las estacas, las cubre con tierra y compacta el suelo si es necesario. Tiene una capacidad de siembra de 3-4 ha/día. En Minas Gerais, Delfosse está tratando de desarrollar sembradoras de 4-6 hileras para la yuca.

De acuerdo con Odigboh (113). la siembra manual de estacas en posición vertical o inclinada es una labor ardua, agobiante, que constituye uno de los factores limitantes del desarrollo de las empresas agrícolas a gran escala en Nigeria. Se ha desarrollado una sembradora de 2 hileras totalmente automática, enganchada a un tractor que funciona a velocidades hasta de 10 km/h. Esta sembradora está diseñada para estacas de 2-5 cm de diámetro y excluye las de diámetro más pequeño por su baja viabilidad. Las estacas de 25 cm de largo se siembran a 17 cm de profundidad en un ángulo hasta de 80°, según la velocidad del tractor. El espaciamiento es de 90 x 90 cm en camellones pequeños. El mecanismo de medición está operado por las ruedas de transmisión. El desempeño de las sembradoras es bastante sensible a la calidad de preparación del terreno, especialmente a velocidades altas; por consiguiente, se recomienda una velocidad de 6 km/h. El espaciamiento entre hileras es prácticamente independiente de la velocidad de la sembradora. Makanjuola (90) informa que se pueden montar varias unidades de esta sembradora, una al lado de otra, para sembrar más de una hilera a la vez. La má-

quina se puede fabricar en Nigeria, a excepción de los discos para los camellones y los cojinetes.

Schulte (127) registró buenos resultados con una transplantadora de legumbres New Holland que siembra un promedio de 0,28 ha/h. El indicó que debería ser posible desarrollar una transplantadora para sembrar estacas en camellones e incluso para hacer los camellones y sembrar en una sola operación.

De acuerdo con Cock (com.pers., 1978), el Programa de Yuca en Cuba ha desarrollado una sembradora prototipo para la siembra vertical. Leihner (84) afirma que probablemente se podría adaptar implementos de la transplantadora de legumbres o tabaco para poder sembrar las estacas verticalmente. Por otra parte, una sembradora para cultivos intercalados tendría que combinar los diferentes elementos de la sembradoras para monocultivos en una sola máquina lo que representa un problema técnico difícil, a pesar de que la siembra de leguminosas de grano está mecanizada desde hace mucho tiempo.

Resiembra

Esta práctica consiste en remplazar las estacas que, por una u otra razón, no han brotado un mes después de la siembra. Si el material de propación se selecciona y se trata adecuadamente (87), los porcentajes de brotación deberían ser suficientemente altos para no requerir el transplante. Se deben tener en cuenta ciertas consideraciones económicas al decir el porcentaje de plantas que se puede sembrar económicamente.

Tan & Bertrand (139) indican que si se desea obtener altos rendimientos, las estacas que no germinan deben remplazarse lo más pronto posible. Grace (68) sugiere que se debe resembrar a más tardar un mes después de la siembra cuando por lo menos un 5% de las estacas no ha brotado.

Seleccionando y tratando las estacas cuidadosamente, Toro (144) pudo obtener un promedio de germinación de 94% en 28 ensayos en un período de 3 años con 38 variedades promisorias y 10 cultivares locales en 10 lugares de Colombia, que abarcaban una amplia gama de condiciones ecológicas. En Caicedonia (R.Duque, com. pers., 1979), la resiembra se efectúa con estacas de talón tomadas de la primera ramificación de una planta madura. La estaca se siembra de tal forma que el tallo largo queda inclinado (75°), mientras que el talón (aproximadamente 20 cm) queda enterrado horizontalmente. La longitud de la estaca debería ser siempre 25 cm más larga que la altura promedio del cultivo en el momento de la resiembra. Las estacas resembradas brotan rápidamente y pronto alcanzan la misma etapa de desarrollo de la plantas originales, produciendo rendimientos similares. Hartman & Kester (72) recomiendan el uso de estacas de talón para obtener un enraizamiento máximo.

El control de malezas

Un buen control de malezas es uno de los factores más importantes para obtener altos rendimientos. Doll & Piedrahita (53) señalan que sin control de malezas los rendimientos de la yuca pueden disminuir en un 50%, mientras que con su control mínimo, la yuca puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos. El control de malezas es especialmente importante durante los primeros mese después de la siembra (76) y durante la estación lluviosa (119). Casi todos los investigadores están de acuerdo con la importancia del

control temprano de malezas, ya que las plantas jóvenes son más susceptibles a la competencia con las malezas por luz, agua y nutrimientos.

La desyerba debería comenzar tan pronto como las malezas empiezan a competir con el cultivo de yuca, cuando todavía son fácilmente controlables. Delgado & Quevedo (47) sugieren que la primera desyerba debería hacerse 28-35 días después de la siembra, y Montaldo (95) recomienda hacerla 21 días después de la siembra y de allí en adelante cuantas veces sea necesario. La desyerba temprana (aproximadamente 2 semanas después de la siembra) puede ser dañina a las plantas jóvenes de yuca con raíces sin desarrollar (20); por consiguiente, la desyerba debería comenzar más tarde (4-8 semanas).

Las medidas de control dependen de la cantidad y del tipo de malezas que hay en el terreno. Es un hecho conocido que algunas especies de malezas son más difíciles de controlar que otras (e.g., Cyperus rotundus)Otros factores que afectan la frecuencia de la desyerba son:

a. Epoca de siembra y tiempo prevaleciente. La humedad baja del suelo estimula un menor número de malezas (119,134).

b. Fertilidad y pH del suelo. Los suelos pobres tienen pocas malezas (14).

c. Vigor del material de propagación. Emplee estacas frescas cuidadosamente seleccionadas y tratadas químicamente (84).

d. Preparación adecuada del suelo. Una buena preparación del suelo antes de la siembra evita que las semillas de malezas germinen y reduce, por consiguiente, la población de malezas. El cultivar la tierra durante los primeros meses de crecimiento del cultivo inhibe el desarrollo de las malezas (133,146).

e. Método de siembra. La siembra horizontal da como resultado una brotación más lenta de las estacas, lo cual aumenta la competencia de las malezas (134).

f. Variedad. Los diferentes hábitos de crecimiento determinan la formación de la parte aérea, la cual a su vez afecta la competencia por parte de las malezas (53).

g. Espaciamiento. La sombra proyectada por la parte aérea 3-4 meses después de la siembra, inhibe la germinación y el crecimiento de las malezas (38,53,134).

El control de malezas se efectúa tradicionalmente a mano con un azadón, levantando la tierra alrededor de las plantas jóvenes. En el Estado de Ceará, Brasil, la Empresa Brasilera de Asistencia Técnica y Extensión Rural (EMBRATER) (57) recomienda efectuar las 2 primeras desyerbas con una cultivadora empleando tracción animal o un tractor, y luego utilizar el azadón entre las plantas dentro de los surcos, Silva (135) prefiere el control mecanizado de las malezas siempre que sea posible, y Delgado & Quevedo (47)

indican que cultivar es aconsejable aproximadamente 2 ó 3 meses después de la siembra, ya que ésta operación no sólo controla las malezas sino que mejora el drenaje y facilita la cosecha. Ribeiro (119) también está de acuerdo en que debería cultivarse entre el segundo y el tercer mes, pero en adelante la maleza sólo se debería controlar por medio del azadón, ya que la cultivadora hace demasiado daño a las plantas de yuca.

El número de desyerbas necesario para la yuca varía considerablemente en la literatura, según la fertilidad del suelo, los factores climáticos y las variedades. Onochie (116) afirma que en Nigeria, cuando hay poca mano de obra para producción de yuca, la desyerba debería efectuarse durante el tercer mes después de la siembra. Cuando se está midiendo el rendimiento de los cultivos, la desyerba es tan efectiva en esta etapa como aquellas que se efectúan durante todo el período de crecimiento. Ezeilo (60) registró un promedio de 2-3 desyerbas en Nigeria.

Santos et al. (124) recomiendan 3-5 desyerbas durante los primeros 6 meses y 1-2 desyerbas en el segundo año para las condiciones del nordeste brasileño. Crawford (45) sugiere efectuar 4-5 desyerbas durante los primeros 12 meses para las condiciones de Jamaica. Díaz et al. (51) informan de 3 desyerbas hasta los 6 meses de edad en Colombia. Tan & Bertrand (139) recomiendan desyerbar tan a menudo como sea necesario hasta que la parte aérea cubra los surcos, lo cual, de acuerdo con Doll & Piedrahita (53), tiene lugar 2-4 meses después de la siembra. En Tarapoto, Perú, el período crítico está entre 45 y 60 días, aunque el mejor tratamiento consistió en mantener el cultivo libre de malezas durante todo el crecimiento (145)

En Sierra Leona, Godfrey-Sam-Aggrey & Bundu (64) sugirieron mantener intervalos de 30 días entre las desyerbas. Godfrey-Sam-Aggrey (65) estudió los efectos de la desyerba manual tardía (a intervalos de 30,45,60 y 90 días), y la no desyerba de la yuca como monocultivo, y encontró que el tiempo y la frecuencia de las desyerbas influía decisivamente en el rendimiento. La demora en la desyerba disminuyó el rendimiento radical. El período crítico de competencia correspondió a los intervalos de 45 días.

En la mayoría de las áreas cultivadoras de yuca, los herbicidas no están disponibles y representan un gasto inicial considerable para el agricultor. El uso de los herbicidas en la yuca es bastante reciente, pero en los últimos años se ha efectuado un excelente trabajo, especialmente en América Latina. De acuerdo con Montaldo (95), los herbicidas se deben emplear si los cultivos son de tamaño comercial (20 ó más ha).

En un suelo franco arenoso en Venezuela, Díaz & Arismendi (49) obtuvieron los rendimientos más altos de raíces con fluometurón (Cotoran) a una tasa de 3 kg/ha y ametrín (Gesapax) a una tasa de 2-3 kg/ha; sin embargo Coelho & Correa (36) encontraron que el fluometurón producía cierta toxicidad durante las primeras etapas de desarrollo de la planta en un Oxisol pesado en Sete Lagoas, Brasil. En Latosoles de Cruz das Almas en el Estado de Bahía, Cunha et al. (46) observaron que el diurón (Karmex) era selectivo, en tanto que el diurón y el linurón (Afalon, Lorox) en una dosis de 3 Kg/ha

redujeron los rendimientos en un 84 y 62% en suelos franco-arcillo-arenosos en Ibadán, Nigeria (97).

En suelos sumamente arenosos debe tenerse gran cuidado al utilizar los herbicidas. El trabajo efectuado en el CIAT (24) muestra que, incluso con tasas más bajas, la lixiviación de los productos químicos en los suelos arenosos puede ser tóxica para la yuca. El acaballonamiento aparentemente aumentó la toxicidad. Se ha encontrado una diferencia varietal en su susceptibilidad a los herbicidas (22).

Hay un gran número de herbicidas selectivos en la yuca. Doll & Piedrahita (53) enumeraron 18 herbicidad altamente selectivos y 12 moderadamente selectivos. Leihner (com. pers., 1979) encontró que el oxifluorfen es moderadamente selectivo, solo o en mezcla con alaclor. El primero es un herbicida nuevo que controla tanto las malezas de hoja ancha como las gramíneas en preemergencia y se puede utilizar sin riego alguno en dosis de 0,5 y 1,0 kg/ha de i.a. El CIAT (25) recomienda una mezcla de diurón y alaclor (Lazo), pero la tasa de aplicación depende de la textura del suelo (Cuadro 1). El primero controla las malezas de hoja ancha y el último, las gramíneas. Bajo las condiciones del CIAT, que cuenta con Vertisoles pesados, arcillosos, el control de malezas más económico se obtuvo con diurón (Karmex) asperjado en preemergencia, más una desyerba manual 60-75 días después de la siembra (53)

Para el cultivo intercalado de la yuca confríjol (Phaseolus vulgaris), Leihner (84) recomienda una mezcla de linurón y fluorodifen (Preforan) a una dosis de 0,5 + 2,5 kg de i.a./ha en preemergencia.

Hay concenso sobre el hecho de que la desyerba representa más del 45% de los costos de producción (47,54,67), la mayoría de los cuales corresponden a la mano de obra manual.

Cuadro 1. Dosis de aplicación de mezclas de diurón (Karmex) más alaclor (Lazo) en preemergencia para controlar malezas en plantaciones de yuca, de acuerdo con la textura del suelo.

Textura del suelo	Diurón (kg/ha)*		Alaclor (l/ha)*
Arcillosa	2,0	+	3,0
Franco limosa	1,5	+	2,5
Franco arcillosa	1,5	+	2,0
Arenosa	1,0	+	2,0

* Producto comercial

Fuente : CIAT (25)

En ciertas épocas la mano de obra no se encuentra disponible debido a otras prioridades; como resultado, las malezas no se controlan en el momento oportuno. De no controlarlas cuando se encuentran pequeñas son mucho más difíciles de eliminar en las etapas posteriores; más aún, pueden haber producido una abundante cosecha de semillas que aumenta la competencia.

El riego

Muchos investigadores no incluyen información suficiente sobre el tipo de suelo (capacidad de retención de humedad) y las condiciones climáticas en sus informes sobre prácticas de riego, factores éstos muy importantes para calcular los requisitos de riego de un cultivo. Además se requiere información sobre espaciamiento, edad y vigor del cultivo para poder determinar los requerimientos del cultivo.

De acuerdo con Cock & Howeler (34), hay poca información sobre los requerimientos de agua de la yuca, los períodos críticos cuando el agua es esencial y la respuesta de la planta al riego. Su experiencia con yuca hasta ahora sugiere que la planta requiere suelo húmedo para la brotación y establecimiento del cultivo; sin embargo, el riego demasiado frecuente puede producir un crecimiento excesivo de la parte aérea, reduciendo los rendimientos de muchas variedades (34). Por consiguiente, la planta de yuca parece estar mejor adaptada a áreas de poca precipitación y suelos con una capacidad de retención de agua baja. La yuca, como la mayoría de los cultivos, no tolera el exceso de humedad; el drenaje deficiente en suelos pesados puede reducir considerablemente los rendimientos.

Celis & Toro (16) indicaron que la falta de humedad puede ocasionar pérdidas graves en la brotación si ésta ocurre durante los primeros 20 días de la siembra de las estacas. Una sequía pronunciada cuando las plantas son muy pequeñas también puede causar pérdidad; en consecuencia, el suelo debería regarse hasta la capacidad de campo cuando falta humedad. Si en el momento de la siembra no ha llovido por lo menos en los últimos 4 días y el riego no es factible, la siembra se debe suspender hasta las próximas lluvias.

Menezes (94) concluyó que el máximo requerimiento de agua de la yuca tiene lugar 4-6 meses después de la siembra. Si se presenta una sequía después de los 2 primeros meses de crecimiento, las plantas prácticamente dejan de crecer. Bajo estas condiciones, las hojas se caen y la planta entra en un estado de latencia, mientras que otros cultivos como el maíz, el fríjol y el arroz mueren. Al comienzo de las lluvias, la planta de yuca utiliza sus reservas de hidratos de carbono de los tallos y las raíces para producir nuevas hojas (44). Estas observaciones sugieren que la yuca es un cultivo sumamente útil en las áreas tropicales con precipitación pluvial irregular.

En las áreas de baja precipitación, la yuca responde al riego (129) en relación con la distribución de raíces. Las plantas irrigadas tenían 91,0-

98,4% de sus raíces en los 10 cm superiores del suelo, y algunas alcanzaron de 60-80 cm tan sólo en uno de los 3 tratamientos, mientras que las raíces de las plantas que no recibieron riego alcanzaron una profundidad mucho mayor (hasta 140 cm), el 28,8% de las cuales estaba en los 10 cm superiores del suelo y el 64,0% de 10-30 cm. Para Bahía, Brasil, Conceicao (38) recomienda aplicar 35 mm de agua cada 18 días durante períodos de poca o ninguna precipitación pluvial. Shanmugavelu et al. (130) registraron que la yuca irrigada en la India casi siempre rendía mucho más que las siembras sin riego. Los mejores resultados se obtuvieron regando la yuca cada 8 días. Por otra parte, Muthukrishnan et al.(99) & Smith (136) registraron disminuciones en el rendimiento de la yuca cuando el riego se aplicó más de una vez por semana.

Smith (136) encontró que el aumento de riego disminuía el contenido de almidón de las raíces, lo cual podría explicar por qué muchos cultivadores de yuca tratan de cosechar al final de la estación seca antes de que las lluvias provean suficiente humedad para estimular nuevamente el crecimiento vigoroso del follaje que consumirá parte de las reservas de almidón acumuladas en las raíces y tallos. Por otra parte, Conceicao (38) sugirió que un riego final inmediatamente antes de la cosecha podría humedecer suficientemente un suelo pesado, facilitando la cosecha.

La poda

Algunos métodos de siembra de estacas, como la posición horizontal, dan como resultado 3-5 brotes principales que con el tiempo compiten por espacio durante el desarrollo de la planta. La institución brasileña de investigación agrícola (EMBRAPA) (58) recomienda reducir el número de brotes para la zona amazónica del Brasil, dejando sólo 2 por planta; esto se efectúa normalmente durante la primera desyerba. No se debe podar nuevamente hasta que las plantas tengan 1 año de edad y sólo entonces para obtener material de propagación o cuando el cultivo es atacado por plagas (124) En el último caso el material podado se debe eliminar del terreno y quemar. Para el Estado de Ceará, EMBRATER (57) recomendó la poda únicamente en casos de plagas o para obtener material de propagación. En este caso, las ramas se deben podar sólo durante el período de latencia del cultivo que, para esta área va de enero a marzo.

Enyi (59) informa desde Africa que las plantas de un solo brote produjeron mucho más que las de varios, y que la diferencia aumentó al reducir el espaciamiento. Se dan recomendaciones para este sistema para cultivares específicos. La remoción de los brotes sobrantes debería efectuarse inmediatamente después de la emergencia. Por el contrario, Chan (30) informó que el podar la planta para dejar un solo tallo disminuía el rendimiento radical. Shanmughan & Srinivasan (131) encontraron que las plantas con 2 brotes producían mucho más que las de 1 o varios brotes. Aunque muchos cultivadores mantienen solamente un tallo por planta, otros prefieren dejar 2 tallos, lo que es de especial importancia para la cosecha periódica de hojas de yuca en algunas áreas para el consumo humano y animal (139). Sin embargo, el cultivo de plantas de "uno o dos tallos" está aún por investigar, ya que éste se basa principalmente en la tradición más que en la investigación científica.

Una práctica común en Colombia es la remoción de chupones que surgen de la base del tallo principal durante el ciclo de crecimiento, después de que la estructura básica de la planta está bien definida. El CIAT (26) informa que los chupones son útiles para la planta únicamente en poblaciones bajas con variedades de poco vigor; de lo contrario, son ineficientes y reducen los rendimientos. Por esta razón, la remoción de chupones es probablemente una práctica benéfica para algunos cultivares.

Correa (43) está en contra de la poda antes de la cosecha porque se pueden diseminar enfermedades bacterianas y virales. La poda temprana (6,9 y 12 meses) disminuyó los rendimientos en 43,44 y 53% respectivamente; no tuvo efecto alguno después de los 15 meses. Lozano et al. (88) encontraron que podar las plantas aproximadamente a 25 cm por encima del terreno y dejar las raíces en la tierra hasta 20 días antes de la cosecha disminuyó el deterioro de las raíces posterior a la cosecha de 100 a menos del 20%, según la variedad.

La cosecha

Esta operación consume una gran cantidad de mano de obra y de esfuerzo físico cuando se efectúa manualmente, siendo ésta la práctica más común. La cosecha en Colombia representa más del 30% de los costos de producción (60), debido principalmente al uso de métodos manuales rudimentarios, usualmente ineficientes.

Con cualquier método de cosecha, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones generales. Si la siembra se hace en camellones o camas, la cosecha tiende a se más fácil que cuando se efectúa en plano. En suelos sueltos o arenosos, la operación es más sencilla que en suelos arcillosos o pesados, independientemente del sistema empleado. Finalmente, en cualquier tipo de suelo, la cosecha se facilita cuando el suelo está húmedo. La distribución de las raíces es también un factor importante. Cock et al.(35) señalaron que para extraer las raíces es aconsejable tener un tipo de enraizamiento compacto o arracimado. Esto se puede lograr seleccionando la variedad correcta y cortando las estacas en forma recta, las cuales luego se siembran verticalmente sobre camellones que pueden variar para adaptarse a los requerimientos de la maquinaria.

Toro et al. (142) describieron varios dispositivos manuales y semimecánicos para facilitar y mejorar la eficiencia de la cosecha. De acuerdo con Briceño & Larson (9), la vibración y la acción de halar o extraer son las 2 fuerzas que, combinadas, pueden hacer la cosecha más eficiente. Cuando se ejerce únicamente tracción, el tallo puede quebrarse y las raíces permanecerán enterradas en el suelo. Ellos desarrollaron una cuchilla levantadora, acoplada a los 3 puntos de enganche de un tractor, cuya fuerza de arranque debe ser de 80 caballos. Este implemento cosecha 0,29 ha/día.

Hossne (74) indicó que la cosecha se podría efectuar halando los tallos por medio de un par de bandas inclinadas, modificadas, resistentes, como las que se utilizan para la remolacha azucarera. Bates (4) sugirió que una

cosechadora de papas modificada podría servir para la yuca. Beeny (5) indicó que un principio de vibración aplicado a la cosecha mecánica facilitaba la extracción de las raíces. Para aumentar la producción de yuca muchos fabricantes de maquinaria están interesado en desarrollar nuevas cosechadoras. La G.M.D. de Reims, Francia, ha sacado al mercado un excavador de yuca que se engancha al levantador hidráulico de un tractor.

En la estación experimental de Quilichao del CIAT se efectuó una evaluación de 2 cosechadoras empleando 3 variedades diferentes con una densidad de siembra de 5000, 10,000 y 20,000 plantas/ha, sembradas verticalmente en plano en un Ultisol friable, franco arcilloso (83). Las parcelas con las variedades M Mex 11, CMC-84 y M Col 22 - clasificadas como difíciles, regulares y fáciles de cosechar a mano - se recolectaron mecánica y manualmente con fines comparativos. La diferencia en el desempeño de la maquinaria fue insignificante; tanto la cosechadora Richter (Richter Engineering Ltd.,Bonah, Australia) como la cuchilla levantadora del CIAT disminuyeron el tiempo y el esfuerzo requeridos (78). Ambos métodos mecánicos fueron superiores a la cosecha manual de la variedad más difícil de cosechar, en relación con el menor número de raíces dejadas en el campo.

En el ITTA en Nigeria (148) se evaluó el desempeño de 4 cosechadoras mecánicas en un suelo arcilloso, húmedo, con 10.000 plantas/ha sembradas en plano. Una cosechadora europea de raíces (Ransomes) con una cuchilla fija y un transportador de cadena de comportó bien separando apropiadamente la tierra de la raíces a una velocidad de 4,5 h/ha. El principio de la cuchilla vibratoria con transportador oscilatorio (A.P.I.), que trabaja bien en suelos livianos secos, no fue tan efectivo en este tipo de suelo; la otra cuchilla oscilatoria y el diseño de la levantadora (Alpha-Record) confirmaron que los mecanismos oscilatorios no eran apropiados en suelos arcillosos, húmedos. La cuchilla levantadora del CIAT fue la de mejor desempeño; el suelo y las raíces pasaban fácilmente sobre la cuchilla y el mecanismo levantador, dejando las raíces bien sueltas y aproximadamente un 50% por fuera de la tierra. Este implemento se opera a una capacidad de 3,5 h/ha.

Para la mecanización total, una buena solución sería cuchilla levantadora sencilla como la diseñada en el CIAT, de 2 metros de ancho para 2 hileras, seguida por un transportador de correa sinfín de 2 etapas, para separar la tierra y depositar las raíces en un remolque que corre a lo largo del transportador.

La rotacion de cultivos

La yuca se destaca por su habilidad para dar buenos rendimientos en suelos ácidos e infértiles y generalmente es el último cultivo que se siembra en un programa de rotación, debido a su capacidad excepcional para extraer nutrimentos del suelo. La yuca extrae más nutrimentos del suelo que la mayor parte de los cultivos tropicales, por lo menos en relación con el fósforo, el potasio y el magnesio (75). Las reservas de potasio del suelo se pueden agotar (la yuca extrae casi 100 kg de K_2O por cada 25 t de

raíces producidas) si se cultiva yuca continuamente sin la fertilización adecuada (75). Por esta razón, a menudo es aconsehable dejar el terreno en barbecho o rotar después de la segunda o tercera cosecha consecutiva de yuca, especialmente en suelos de fertilidad media a baja. Si se siembra otro cultivo inmediatamente después de la yuca se debe fertilizar apropiadamente, a fin de obtener buenos rendimientos. En Africa Oriental, normalmente se siembra maíz, fríjol, batata, banano, ñame o caña después del barbecho, y a continuación yuca (114).

Normanha (109) hace énfasis en la importancia de la rotación de cultivos. La yuca se puede sembrar después de cultivos como algodón, maíz, sorgo, maní, soya y fríjol. La rotación es especialmente importante después de varios años de cultivar algodón, debido a los residuos de fosfato que se espera haya en el suelo. No solamente se controlarían las plagas insectiles del algodón sino que la yuca se beneficiaría de los residuos (materia orgánica) que quedan en el suelo.

Correa (43) recomendó comenzar un programa de rotación tan pronto como los rendimientos de la yuca empiezan a decrecer. Se puede emplear soya o cualquier otra leguminosa normalmente cultivada en esa área en particular. En Estado de Sao Paulo, Brasil, se han obtenido buenos resultados sembrando Stizolobium sp., la cual se corta y se incorpora al suelo como abono verde después de cada 2 ciclos de yuca. En suelos pobres, Albuquerque (1) recomendó la rotación de yuca con las leguminosas Cannavalia ensiforme, Cajanus indicus y Arachis hypogaea. Sasidhar & Sadanandan (126) encontraron que cultivar la yuca después del caupí en un suelo franco, rojo, ácido (pH 5,8), era más ventajoso que cualquier otra secuencia que incluyera la yuca.

Como una práctica general de manejo de suelos, Castro (14) recomienda rotar la yuca con otros cultivos para mantener la fertilidad del suelo y evitar las plagas. Lozano & Terry (86) recomiendan la rotación con maíz o sorgo o dejar el terreno en barbecho durante 6 meses cuando la incidencia de pudriciones radicales es más alta que el 3%, debido al hongo del suelo Phytophthora drechsleri. Esta práctica debería disminuir la población del inóculo, haciendo posible sembrar nuevamente yuca.

Conclusiones

Como se deduce de lo anterior, es imposible generalizar sobre prácticas agronómicas para cultivar la yuca en determinado país, ya que cada área se caracteriza por tener factores edáficos, climáticos y ambientales específicos que afectan la respuesta del rendimiento de una determinada variedad de diversas formas. Por ejemplo, el CIAT y su subestación de Quilichao están ubicada en el mismo valle, pero hay marcada diferencias en los suelos en relación con el pH, el drenaje, la profundidad, la fertilidad, el contenido de materia orgánica y la textura. Por consiguiente, corresponde a los centros de investigación nacionales desarrollar paquetes tecnológicos apropiados para cada región en particular.

Dos organizaciones de investigación internacionales han llevado a cabo trabajo multidisciplinario intensivo sobre sistemas de producción de yuca en la última década: El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el International Institute of Tropical Agriculture (IITA). En el CIAT, por ejemplo, se han obtenido resultados consistentes en ensayos regionales en los últimos 5 años, que prueban que es posible para los agricultores duplicar los rendimientos de la yuca utilizando variedades locales cuando se emplea el paquete tecnológico recomendado.

En muchos casos, únicamente se requieren pocos cambios para obtener una producción óptima en las diferentes áreas. Actualmente hay 2 paquetes: uno para áreas donde la yuca se ha cultivado tradicionalmente y el otro para producir yuca en Ultisoles y Oxisoles subutilizados, los cuales representan casi 1760 millones de hectáreas en el mundo.

Tecnología para áreas cultivadoras de yuca tradicionales

a. Buena preparación del suelo.
b. Selección y tratamiento del material de propagación (87).
c. Siembra al comienzo de la estación lluviosa.
d. Siembra de estacas de 20 cm de longitud en posición vertical con las yemas orientadas hacia arriba.
e. Siembra en camellones donde los suelos son pesados y la precipitación mayor de 1200 mm/año (86).
f. Una población de 10.000 estacas/ha, a menos que la investigación local recomiende otra cantidad.

Tecnología para Oxisoles y Ultisoles

Además de la tecnología descrita para las áreas que tradicionalmente cultivan yuca, esta tecnología se basa en el plan de fertilización del Cuadro 2. Este plan, desarrollado con base en 9 años de investigación en la estación experimental ICA-CIAT en Carimagua, contempla la siembra continua de yuca en el mismo terreno. A fín de mantener la producción, se debe incorporar cal dolomítica y aplicar en bandad conjuntamente otros productos en el momento de la siembra. El tratamiento de la estacas consiste en sumergirlas durante 15 minutos en una solución de 20 g de sulfato de zinc/1 de agua que se agrega al fungicida. Para los Oxisoles colombianos, la siembra se debería efectuar del 15 de septiembre al 20 de octubre, con el objeto de evitar la alta incidencia de plagas y enfermedades (86).

Para sacar mayor provecho de la información futura sobre la investigación en producción de yuca, es necesario tener una descripción detallada del suelo, clima, materiales y métodos utilizados, recolección de información, evaluación estadística y objetivos definidos. Como el contenido de materia seca está altamente relacionado con el almidón y éste es el producto final más importante de la yuca, es de gran importancia incluir esta información. Además se deben indicar los días que se requieren para la cosecha para poder hacer comparaciones reales sobre el rendimiento, ya que la acumulación de materia seca/ha/día es uno de los mejores indicadores del potencial de

rendimiento de cualquier variedad. Los experimentos se deben repetir por los menos 3 años en la misma localidad antes de obtener resultados y poder emitir recomendaciones definitivas. Todos estos factores son esenciales para extrapolar los resultados y hacer que la información sea más valiosa para los investigadores de yuca en todo el mundo.

Cuadro 2. Plan de fertilización para la producción contínua de yuca en Ultisoles y Oxisoles (Howeler, com. pers., 1979).

Fertilizante *	Primer año	Segundo año	Tercer año	Cuarto año **
	kg/ha			
10-20-20	1000	750	500	1000
Cal dolomítica	1000	-	-	1000
Azufre	10	10	10	10
Zinc	5	5	5	5

* Cuando la yuca se cultiva tan sólo durante un año, el fertilizante se debe dividir de conformidad.

** Después del tercer año, el plan se repite.

Se requiere más investigación en el área de producción y utilización de forraje de yuca debido a que la parte aérea representa de 40-50% del total de la planta. También se requiere trabajo adicional en el área de almacenamiento de material de propagación y producción de estacas, especialmente en regiones con condiciones climáticas extremas y con una incidencia de plagas y enfermedades severa.

Finalmente se puede concluir, al igual que Normanha (110), que las prácticas culturales más decisivas para la producción de raíces de yuca son:

a. Selección de estacas sanas y maduras.

b. Siembra en la época más apropiada.

c. Buen control de malezas.

Todas estas prácticas simples sobre producción de yuca son aplicables en cualquier lugar. En conclusión, se puede afirmar que dondequiera que se produzca yuca, su rendimiento se puede aumentar siempre y cuando se empleen prácticas agronómicas apropiadas.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBUQUERQUE, M. DE 1969. A mandioca na Amazônia. Belém, Pará, Brasil. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. 277p.

2. ——. 1970. Mandioca. Belém, Brasil, Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte. Série Fitotecnia v.1, no. 1.65p.

3. —— ; GUIMARÃES, M. DE y VIEGAS, R.M.F. 1974. Epocas de plantio e de colheita em zonas mandioqueiras do este paraense. Boletím Técnico do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte 60:193-221.

4. BATES, W. 1957. Mechanization of tropical crops. 1st. ed. London, Temple Press Books Ltd. 410p.

5. BEENY, J.M. 1970. Mechanization for tapioca. *In* Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.167-182.

6. BERTONI, M.S. 1945. Conservación de la rama de mandioca. Cartilla Agropecuaria (Paraguay) no. 81/83:31-33.

7. BOLHUIS, G.G. 1939. Ongekeerd geplante stekken van cassave. Landbouw (Java) 15:141-151.

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

9. BRICEÑO P., R.H. y LARSON, G. 1972. Investigación y desarrollo de una cosechadora de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista ICA 7(2):139-150.

10. CALDERON A., H. 1972. Ensayo de distancias de siembra con dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la región de Santágueda. Tesis. Ing. Agr. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. 55p.

11. CAMPOS, H. DOS R. y SENA, Z.F. DE 1975. Profundidade do sistema radicular do aipim "Maragogipe" (*Manihot esculenta* Crantz) aos sete e aos doze meses de ciclo. *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBa/ Brascan Nordeste. Série Pesquisa v.2, no. 1. pp.65-70.

12. CASTELLAR M., J.A. y MOGOLLON B., J.A. 1972. Estudio sobre conservación y viabilidad de semilla vegetativa de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis, Ing. Agr. Santa Marta, Colombia, Universidad Tecnológica del Magdalena. Facultad de Agronomía. 121p.

13. CASTRO M., A.; HOLGUIN, V.J. y VILLAVICENCIO, G.A. 1978. Efecto del ángulo de corte y posición de siembra de la estaca sobre el rendimiento de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 27p.

14. —— . 1979. The new technology for cassava production. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 36p. Trabajo presentado al Workshop on Pre-release Testing of Agricultural Technology. Cali, Colombia, 1979.

15. CELIS, E. y TORO, J.C. 1974. Selecão e preparação de material de mandioca para plantio. *In* Curso especial de aperfeicoamento para pesquisadores de mandioca. Cali, Colombia, 1974. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.80-86.

16. ——— y TORO, J.C. 1974. Métodos de semeadura e cuidados iniciais a tomar na cultura da mandioca. *In* Curso especial de aperfeicoamento para pesquisadores de mandioca. Cali, Colombia, 1974. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.182-186.

17. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1972. Viability of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. p.60.

18. ——— . 1973a. Effects of different spacings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. pp.50-53.

19. ——— . 1973b. Storage of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. p.60.

20. ——— . 1973c. Weed control; critical competition period. *In* ——— . Annual Report 1972. Cali, Colombia. pp.69-74.

21. ——— . 1974a. Storage of stem cuttings. *In* ——— . Annual Report 1973. Cali, Colombia. pp.73-75.

22. ——— . 1974b. Weed control. *In* ——— . Annual Report 1973. Cali, Colombia. pp.103-109.

23. ——— . 1975a. Population and stake size. *In* ——— . Annual Report 1974. Cali, Colombia. pp.87-92.

24. ——— . 1975b. Weed control. *In* ——— . Annual Report 1974. Cali, Colombia. pp.95-99.

25. ——— . 1976a. Cultural practices. *In* ——— . Annual Report 1975. Cali, Colombia. pp.B47-B50.

26. ——— . 1976b. Physiology. *In* ——— . Annual Report 1975. Cali, Colombia. pp.B9-B14.

27. ——— . 1978. Treatment and storage of planting material. *In* ——— . Annual Report 1977. Cali, Colombia. pp.C23-C25.

28. ——— . 1979a. Management of planting material; stake length. *In* ——— . Annual Report 1978. Cali, Colombia. pp.A55-A56.

29. ——— . 1979b. Protection of vegetative planting material; storage of cuttings. *In* ——— . Annual Report 1978. Cali, Colombia. pp.A30-A35.

30. CHAN, S.K. 1970. Notes on the growing of cassava at Serdang. *In* Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.139-148.

31. CHEW, W.Y. 1974. Yields of some varieties of tapioca *(Manihot utilissima* Pohl) grown on Malaysian peat as affected by different planting methods, plant densities, fertilizers and growth periods. Malaysian Agricultural Journal 49(3):393-402.

32. COCK, J.H. 1974. Agronomic potential for cassava production. *In* Araullo, E.V.; Nestel, B. and Campbell, M., eds. Cassava Processing and Storage; proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Thailand, 1974. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-031e. pp.21-26.

33. —— et al. 1976. Sistema rápido de propagación de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie ES-20. 12p.

34. —— y HOWELER, R.H. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. *In* Jung, G.A., ed. Crop tolerance to suboptimal land conditions. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. ASA Special Publication no. 32. pp.145-154.

35. ——; CASTRO M., A. y TORO, J.C. 1978. Agronomic implications of mechanical harvesting. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. Workshop on Cassava Harvesting and Processing, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.60-65.

36. COELHO, J.P. y CORREA, H. 1971. Herbicidas em pre-emergencia na cultura da mandioca. *In* Reunião da Comissão Nacional da Mandioca, 5a., Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971. Anais, Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa Agropecuaria do Centro-Oeste. pp.47-50.

37. CONCEICÃO, A.J. DA y SAMPAIO, C.V. 1973. Competição de espacamentos na cultura da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia. Convênio UFBa/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 1(1):80-85.

38. ——. 1975. Instruções para o cultivo da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia/Brascan Nordeste. Série Extensão v.1, no. 2. 22p.

39. —— y SAMPAIO, C.V. 1975a. Sistemas de plantio de Mandioca. *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convenio UFBa/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):119-127.

40. —— y SAMPAIO, C.V. 1975b. Influência da posição da maniva na produção da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Escola de Agronomia/Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):79-85.

41. ——. 1976. Colheita da mandioca. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 1o., Cruz das Almas, Brasil. Trabalhos presentados. Cruz das Almas, Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp. 435-440.

42. CORREA, H. 1971. Possibilidades de aproveitamento do cerrado para cultura da mandioca. *In* Reunião da Comissão Nacional da Mandioca, 5a., Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971. Anais. Sete Lagoas, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste. pp.18-27.

43. ——. 1977. Cultura da mandioca; curso intensivo. Minas Gerais, Brasil, Ministério da Educação e Cultura. Escola Superior de Agricultura de Lavras. Convênio INCRA/FAEPE. 86p.

44. COURS, G. 1949. Les études scientifiques sur le manioc à la Station Agricole du Lac Alaotra. Enterprises et Produits de Madagascar 2:41-61.

45. CRAWFORD, J. 1961. Cassava report on growing cassava in St. Elizabeth. Jamaica, Kaiser Bauxite. 23p.

46. CUNHA, H.M.P. DA; CONCEIÇÃO, A.J. DA y SAMPAIO, C.V. 1975. Observações preliminares sobre o uso de herbicidas pre-emergentes na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBa/ Brascan Nordeste. Série Pesquisa 2(1):129-135.

47. DELGADO, A. y QUEVEDO, H. 1977. Observaciones sobre el cultivo de la yuca en el sur del Lago. Maracaibo, Venezuela. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Agro Información 3(2):5-8.

48. DIAZ D., A. 1978. Land preparation for cassava. *In* Dominguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.84-90.

49. DIAZ, G.L. y ARISMENDI, L.G. 1973. Herbicidas en el cultivo de la yuca en la Sabana de Jusepín. Jusepín, Venezuela. Serie Agronomía no. 4:11.

50. DIAZ, R.O.; PINSTRUP ANDERSEN, P. y ESTRADA, R.D. 1974. Costs and use of inputs in cassava production in Colombia: a brief description. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series EE-5. 40p.

51. ——— ; TORO, J.C. y VARON, U. 1977. Características de la producción y sistemas de siembra. *In* Díaz, R.O. and Pinstrup Andersen, P., eds. Descripción agro-económica del proceso de producción de yuca en Colombia. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.C1-C20.

52. DOKU, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Accra. Ghana Universities Press. 44p.

53. DOLL, J.D. y PIEDRAHITA C., W. 1976. Methods of weed control in cassava. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series EE-21. 12p.

54. ——— ; PINSTRUP ANDERSEN, P. y DIAZ, R.O. 1977. An agro-economic survey of the weeds and weeding practices in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Colombia. Weed Research 17:153-160.

55. DONKOR, S.K. 1971. Investigation of suitability of the best cuttings and methods of planting cassava. B.Sc. Thesis. Kumasi, University of Science and Technology.

56. DRUMMOND, O. DE A.; CASTRO, J.F. DE y CRUZ, J.M. DE A. 1954. Trabalhos experimentais com mandioca. Boletim de Agricultura do Departamento de Producão Vegetal 3(3/4):67-74.

57. EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TECNICA E EXTENSAO RURAL. 1976. Sistemas de producão para mandioca. Ceará, Brasil. Série Sistemas de Producão. Boletim no. 15. 36p.

58. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. 1975. Sistemas de producão para mandioca. Rio Prêto, Brasil. Série Circular no. 48. 12p.

59. ENYI, B.A.C. 1972. The effects of spacing on growth, development and yield of single and multiple shoot plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). I. Root tuber yield and attributes. East African Agricultural and Forestry Journal 38(1):23-26.

60. EZEILO, W.N.O.; FLINN, J.C. y WILLIAMS, L.B. 1975. Cassava producers and cassava production in the East Central State of Nigeria. Ibadan, Nigeria. National Accelerated Food Production Project. Cassava Benchmark Survey, East Central State. 27p.

61. FERNANDO, M. y JAYASUNDERA, E.S. 1942. Cultural experiments with cassava (*Manihot utilissima* Pohl-I.). Tropical Agriculturist 98(3):3-8.

62. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1978. Proyecciones de la FAO sobre productos básicos. Yuca: proyecciones de la oferta, la demanda y el comercio para 1985. Roma, Italia, ESC: PROJ/78/7. 7p.

63. GALANG, F.G. 1931. Experiments on cassava at the Lamao Experiment Station, Lamao, Bataan. Philippine Journal of Agriculture 2(2):179-188.

64. GODFREY-SAM-AGGREY, W. y BUNDU, H.S. 1972. Growing and fertilizing cassava in three cropping systems on upland soils of Sierra Leone. University of Sierra Leone. Njala University College. Circular no. 6. 19p.

65. ——— . 1978. Effects of plant population on sole-crop cassava in Sierra Leone. Experimental Agriculture 14:245-252.

66. GONZALEZ CH., F.J. 1973. Estudio sobre el tamaño y la posición de la estaca de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) utilizadas en la plantación. Tesis. Jusepín, Venezuela, Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 29p.

67. GONZALEZ, J.A. 1976. El cultivo de la yuca. Maracay, Venezuela, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie de Cultivos no. 1. 18p.

68. GRACE, M.R. 1977. Elaboración de la yuca. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal no. 3. 162p.

69. GURNAH, A.M. 1973. The effects of plant population and fertilizers on the yield and components of yield of cassava in the forest zone of Ghana. Kenya, University of Nairobi. 9p. Trabajo presentado al International Symposium on Tropical Root Crops, 3rd., Ibadan, Nigeria.

70. ——— . 1974. Effects of method of planting and the length and types of cuttings on yield and some yield components of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) grown in the forest zone of Ghana. Ghana Journal of Agricultural Science 7(2):103-108.

71. HARPER, R.S. 1973. Cassava growing in Thailand. World Crops 25(2):94-97.

72. HARTMAN, H.T. y KESTER, D.E. 1968. Heel versus non-heel cuttings. *In* Plant propagation principles and practices. 2nd ed. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc. pp.257-259.

73. HOLGUIN, .V.J.; CASTRO, M.A. y VILLAVICENCIO, G.A. 1978. Efecto de la profundidad de siembra en el rendimiento de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 17p.

74. HOSSNE G., A.J. 1971. A study of mechanizing the harvesting of cassava. Thesis. Silsoe, Bedford, England, National College of Agricultural Engineering. 59p.

75. HOWELER, R.H. 1978. The mineral nutrition and fertilization of cassava. *In* Domínguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.247-293.

76. JENNINGS, D.L. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abstracts 23(3):271-275.

77. JEYASEELAN, K.N. 1951. Studies in growth and yield of cassava. I. Yield in relation to size and type of set. Tropical Agriculturist 108(3):168-171.

78. KEMP, D.C. 1978. Harvesting: a field demonstration and evaluation of two machines. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. Workshop on Cassava Harvesting and Processing, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada, International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.53-57.

79. KIERSNOWSKI, S. 1950. Conservación de los tallos de mandioca. Chacra (Argentina) 20(233):60-61.

80. KOCH, L. 1916. Het planten van cassave volgens de methode van Heemstede Obelt vergeleken met de gewone bij de bevolking in zwang zijnde methoden. Teysmannia 27:240-245.

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

82. KUNJU, U.M. 1972. Tapioca: a food cum industrial crop. Farmer Parliament 7(10):9-10.

83. LEIHNER, D.E. 1978. Follow-up evaluation of two harvesting machines. *In* Weber, E.J.; Cock, J.H. and Chouinard, A., eds. Workshop on Cassava Harvesting and Processing, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-114e. pp.58-59.

84. ——— . 1979. New technology for cassava intercropping. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 27p. Trabajo presentado al Workshop on Pre-release Testing of Agricultural Technology, Cali, Colombia, 1979.

85. LORIA M., W. 1962. Influencia del tamaño y posición de la estaca de yuca en el arraigamiento, rendimiento y producción de follaje. Proceedings of the Caribbean Region. American Society of Agricultural Science 6:20-23.

86. LOZANO, J.C. y TERRY, E.R. 1977a. Cassava diseases and their control. *In* Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4th., Cali, Colombia. 1976. Proceedings. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. pp.156-160.

87. ——— . et al. 1977b. Production of cassava planting material. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series GE-17. 28p.

88. ——— ; COCK, J.H. y CASTAÑO, J. 1978. New developments in cassava storage. *In* Brekelbaum, T.; Bellotti, A. and Lozano, J.C., eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia. 1977. Proceedings. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Series CE-14. pp.135-142.

89. LULOFS, R.B. 1970. A study of method and costs for commercial planting of tapioca in Kedah. *In* Blencowe, E.K. and Blencowe, J.W., eds. Crop diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.149-166.

90. MAKANJUOLA, G.A. 1975. The semi-automatic device for planting cassava stem cuttings on ridges. Appropriate Technology 2(4):24-25.

91. MANDAL, R.C.; SINGH, K.D. y MAINI, S.B. 1973. Effect of plant density, fertility level and shoot number on tuber yield and quality of tapioca hybrids. Indian Journal of Agronomy 18(4):498-503.

92. MATTOS, P.L.P. DE; GOMES, J. DE C. y MATOS, A.P. DE 1973. Cultura da mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Leste. Circular no. 27. 13p.

93. MENDES, C.T. 1949. Conservação da rama da mandioca. Granja (Brasil) 5(47-48):50.

94. MENEZES, D.M. DE 1958. Rendimiento da mandioca e do feijão em função de época de plantio. Rio de Janeiro, Brasil. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comunicado Técnico no. 5. 18p.

95. MONTALDO, A. 1966. El cultivo de la yuca. Maracay, Universidad Central de Venezuela. Instituto de Agronomía. Publicación Divulgativa no. 4. 8p.

96. MONTEIRO, F.P. 1963. Valor econômico da mandioca e trabalho mecanizado no cultivo. Rural (Brasil) 511(43):16.

97. MOODY, K. 1972. Weed control in cassava. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. 5p.

98. MOORE, C.P. 1976. El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. *In* Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.270-288.

99. MUTHUKRISHNAN, C.R.; THAMBURAJ, S. y SHANMUGAN, A. 1973. Tapioca needs less water and care. Farm and Factory 7(9):29-30.

100. NAIR, G.M. 1978. Improved cultural practices of cassava. *In* Hrishi, N. and Gopinathan Nair, R., eds. Cassava production technology. Trivandrum, India. Central Tuber Crops Research Institute. pp.21-24.

101. NARASIMHAN, V. y ARJUNAN, G. 1976. Effect of plant density and cultivation method on the incidence of mosaic disease of cassava. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology 6(2):189-191.

102. NESTEL, B. y MACINTYRE, R., eds. 1973. Chronic cassava toxicity; proceedings of an interdisciplinary workshop, London, 1973. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-010e. 162p.

103. NINAN, C.A. et al. 1977. Effect of planting season on yield in cassava. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter 10:6-7.

104. NORMANHA, E.S. y PEREIRA, A.S. 1947. Resultados experimentais sobre épocas de plantio da mandioca. Revista de Agricultura (Piracicaba) 22(4/6):135-142.

105. —— y PEREIRA, A.S. 1950. Aspectos agronômicos da cultuva da mandioca, *Manihot utilissima* Pohl. Bragantia 10(7):179-202.

106. —— y PEREIRA, A.S. 1963. Cultura da mandioca. Agronômico 15(9/10):9-35.

107. —— y PEREIRA, A.S. 1964. Cultura da mandioca. Campinas, Brasil. Instituto Agronômico. Boletim no. 124. 29p.

108. ——— . 1970. General aspects of cassava root production in Brazil. *In* International Symposium on Tropical Root and Tuber Crops, 2nd., Honolulu and Kapaa, Kauai, Hawaii, 1970. Tropical Roots and Tuber Crops Tomorrow. Honolulu, University of Hawaii. v.1., pp.61-63.

109. ——— . 1971. Yuca; observaciones y recomendaciones sobre su cultivo en Nicaragua. Managua, Banco Central de Nicaragua. 29p.

110. ——— . 1975. Suggested guidelines for FAO's role in increasing and improving productivity of tropical root crops. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization of the United Nations. AGPC:MISC/40 Versión inédita. 41p.

111. ——— . 1976. O plantio da mandioca. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 1o., Cruz das Almas, Brasil. 1976. Cruz das Almas, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp.190-197.

112. NUNES, W. DE O. et al. 1976. Espaçamento para mandioca *(Manihot esculenta)* em solos fluminenses de baixa fertilidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia 11:59-64.

113. ODIGBOH, E.U. 1978. A two-row automatic cassava cuttings planter: development, design and prototype construction. Journal of Agricultural Engineering Research 23:109-116.

114. OKIGBO, B.N. 1978. Cropping systems and related research in Africa. Ibadan, Nigeria, Association for the Advancement of Agricultural Sciences in Africa. Occasional Publications Series-OT-1. 81p.

115. OLIVEROS, B.; LOZANO, J.C. y BOOTH, R.H. 1974. A Phytophthora root rot of cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58(8):703-705.

116. ONOCHIE, B.E. 1975. Critical periods for weed control in cassava in Nigeria. PANS 21(1):54-57.

117. ONWUEME, I.C. 1978. Evaluation of the performance of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) when grown from inverted stem cuttings. Journal of Agricultural Sciences 90(1):149-156.

118. RAO, N.S. 1951. A short note on tapioca. Mysore Agricultural Journal 27(3):70-73.

119. RIBEIRO FILHO, J. 1966. Cultura da mandioca. Vicosa, Brasil, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. Escola Superior de Agricultura. 80p.

120. RODRIGUEZ, N.F. y SANCHEZ DE B., C.A. 1963. Importancia del tipo de estaca para la producción de mandioca en Misiones. Revista de Investigaciones Agrícolas 17(3):289-302.

121. ——— ; SANCHEZ DE B., C.A. y TARABANOFF, J. 1966. Algunos factores que influyen en el comportamiento del cultivo de mandioca en la provincia de Misiones. Revista de Investigaciones Agropecuarias 3(11):167-208.

122. ROSAS S., C. 1969. Influencia de la modalidad de siembra y tamaño de la estaca de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. La Molina, Perú, Universidad Nacional Agraria. Programa de Agronomía. 7p.

123. SANCHEZ DE B., C.A. y RODRIGUEZ, N.F. 1967. Conservación invernal de tallos de mandioca destinados a estaca-semilla en la provincia de Misiones. Revista de Investigaciones Agropecuarias (Serie 2) 4(17):331-349.

124. SANTOS, E.O.; BESSA, M. y LIMA, P.B. DE 1972. Mandioca; recomendações tecnológicas. Brasil. Ministerio de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Nordeste. Circular no. 8. 11p.

125. SANTOS, R.B. 1967. Yield of cassava under different methods of land preparation. Agricultural and Industrial Life 29(7):22-26.

126. SASIDHAR, V.K. y SADANANDAN, N. 1976. Tapioca after cowpea gives higher yield. Indian Farming 26(6):23.

127. SCHULTE, E.E.; MAKANJUOLA, G.A. y ONOCHIE, B.E. 1973. Mechanization of cassava production. I. Planting. n.p. 6p. Trabajo presentado al International Symposium on Tropical Root Crops, 3rd., Ibadan, Nigeria, 1973.

128. SEIXAS, B.L.S. 1976. Preparo do solos. *In* Curso Intensivo Nacional de Mandioca, 1o., Cruz das Almas, Brasil, 1976. Cruz das Almas, Brasil, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura. pp.183-189.

129. SENA, Z.F. DE y CAMPOS, H. DOS R. 1973. Estudo do sistema radicular da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetida a diferentes freqüências de irrigação. *In* Projeto Mandioca. Cruz das Almas, Brasil. Convênio UFBa/Brascan Nordeste. Série Pesquisa v.1, no. 1. pp.42-52.

130. SHANMUGAVELU, K.G. et al. 1973. Effect of time of planting and irrigation frequencies on the yield of tapioca (*Manihot esculenta* Crantz). Indian Journal of Agricultural Sciences 43(8):789-791.

131. SHANMUGHAM, A. y SRINIVASAN, C. 1973. Influence of number of shoots per plant on the growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Farm Journal (India) 14(7):17-19.

132. SILVA, J.R. DA 1970. O programa de investigação sobre mandioca no Brasil. *In* Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo, 1o., Campinas, Brasil, 1970. Trabalhos. Campinas, Brasil. Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. pp.59-72.

133. ——— . 1970. Solução radical só na técnica; mandioca. *In* Guia da Produção Rural, 1970. São Paulo. Coopercotia. pp.126-140.

134. ——— . 1971. O programa de mandioca no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. Agronômico 23:49-71.

135. ——— . 1979. Some aspects of cassava production in Brazil. Brasília, Brasil, Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. 25p.

136. SMITH, L.R. 1968. Informe de los ensayos sobre la producción de yuca en El Cibao. Santiago de los Caballeros, República Dominicana, Instituto Superior de Agricultura. 14p.

137. STEPHENS, J.M. 1965. Growing cassava in Florida. Gainesville, University of Florida. Agricultural Extension Service. Extension Vegetable Crops. Mimeo. Report 65-1. 3p.

138. TAKYI, S.K. 1972. Effects of potas.. m, lime and spacing on yields of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Ghana Journal of Agricultural Science 5(1):39-42.

139. TAN, K.H. y BERTRAND, A.R. 1972. Cultivation and fertilization of cassava. *In* Hendershott, C.H. et al. A literature review and research recommendations on cassava. Athens, GA, University of Georgia. pp.37-72.

140. TARDIEU, M. y FAUCHE, J. 1961. Contribution á l'etude des techniques culturales chez le mandioc. Agronomie Tropicale 16(4):375-386.

141. TINEO, .. 1976. Selección de estacas y la siembra de yuca. Agro Información 1(8):29-31.

142. TORO, J.C.; CELIS, E. y JARAMILLO, G. 1976. Métodos de cosecha de la yuca. *In* Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.225-232.

143. ——— ; CASTRO, A. y CELIS, E.A. 1978. Planting methods and care at early growth stage of cassava. *In* Domínguez, C., ed. Cassava production course. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.108-114.

144. ——— . 1979. Three years of cassava technology evaluation in Colombia. Field Crops Research 2:291-308.

145. VALLES P., C.R. 1977. Período crítico de competencia de malezas en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Tarapoto. Tarapoto, Perú. Centro Regional de Investigación Agropecuaria del Oriente. Avances en Investigación 1(1):10-14.

146. VIEGAS, A.P. 1976. Estudos sobre a mandioca. São Paulo, Brasil, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. 214p.

147. WAHAB, A.H.; ROBINSON, P.F. y HASSAN, I. 1977. Mechanized planting of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) stem cuttings on Guyana's light peats and peaty clays. Turrialba 27(2):137-141.

148. WIJEWARDENE, R. y GARMAN, C. 1979. Notes on mechanised cassava harvesting trials at IITA. Ibadan, Nigeria. International Institute of Tropical Agriculture. 3p.

149. ZIJL, C.E. VANDER 1930. Verbetering der cassave cultuur door middel van proefvelden. Wageningen, Netherlands H. Veenman & Zonen. 127p.

10023

SELECCION Y PREPARACION DE ESTACAS DE YUCA PARA SIEMBRA

J. Carlos Lozano *
Julio César Toro
Abelardo Castro Molano
Anthony C. Bellotti

Introducción

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

En un cultivo de yuca es frecuente observar:

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

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

3. Diferencias en producción por planta.

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

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

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

Aspectos Sanitarios Relacionados con la Propagación Vegetativa de la Yuca

Cuando se va a seleccionar material vegetativo de propagación se debe descartar como fuente de "semilla" toda plantación que esté o haya estado afectada de agentes patógenos que puedan diseminarse por medio de las estacas. También se deben descartar las plantas cuyos tallos hayan sido atacados por insectos y ácaros, los cuáles pueden también diseminarse al emplear

---

* Fitopatologo, Agrónomo, Especialista en prácticas culturales y Entomólogo del Programa de yuca CIAT. respectivamente.

dichos tallos como material de siembra y ocasionar fallas en la germinación. En cuanto a la sanidad de la plantación se deben tener en cuenta dos aspectos importantes: los patológicos y los entomológicos.

Aspectos Patológicos.

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

Agentes Patógenos Sistémicos.

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

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

En el caso de enfermedades tales como el Mosaico Africano, que parece no existir en el Asia (excepto en la India) ni en América, es indispensable evitar la introducción de material de propagación provenientes del Africa o de la India. En los lugares en donde se encuentra esta enfermedad, se ha logrado disminuir su incidencia por la eliminación de las plantas enfermas y por la utilización de material de siembra procedente de plantas sanas de los cultivos afectados. Aunque existen variedades resistentes, sus estacas pueden ser portadoras del agente causal del Mosaico Africano y constituir una fuente de inóculo primario en regiones no afectadas donde se siembren variedades susceptibles.

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

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

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

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

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

Agentes Patógenos Localizados.

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

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

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

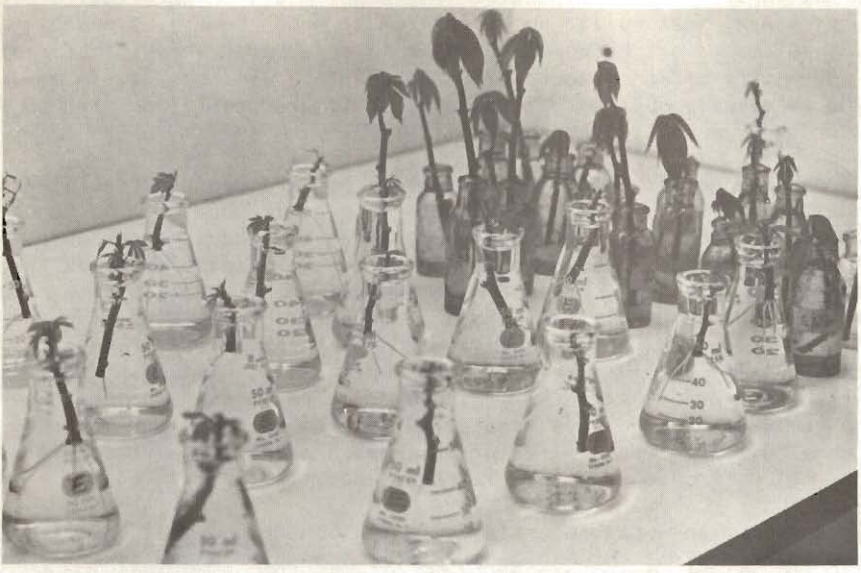


Fig 1. Enraizamiento de retoños proveniente de plantas atacadas de bacteriosis



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

Agentes Patógenos del Suelo.

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

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

Aspectos Entomológicos.

Existen ácaros e insectos que atacan el tallo de la yuca reduciendo la producción y la calidad del material de propagación procedente de las plantas afectadas. También existen insectos que se encuentran en el suelo y atacan las estacas después de la siembra, ocasionando heridas o perforaciones por las cuáles pueden penetrar patógenos del suelo, o destruyen completamente la epidermis y yemas de las estacas. Otros insectos cortan las raíces y retoños recién emergidos impidiendo el normal desarrollo de la planta. Los ácaros e insectos que atacan las estacas de la yuca se clasifican de la siguiente manera:

Acaros e Insectos en la Superficie del Tallo.

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

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

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

Insectos Localizados dentro del Tallo

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

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

Insectos Localizados en el Suelo

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

Aspectos Agronómicos y de Manejo Relacionados con la Calidad de las Estacas de Yuca.

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

Variedad.

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

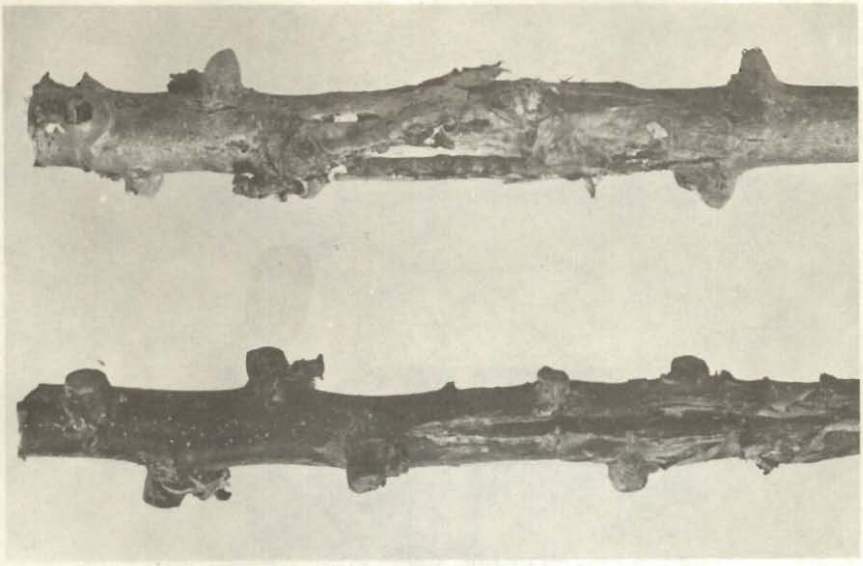


Fig 3. Estacas con chancros y áreas epidérmicas negruzcas

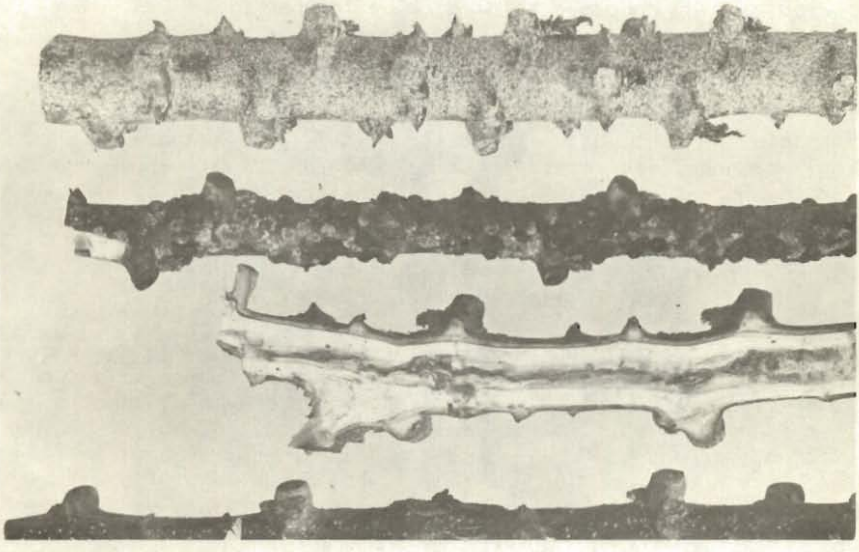


Fig 4. Estacas con lesiones internas y externas causadas por insectos.

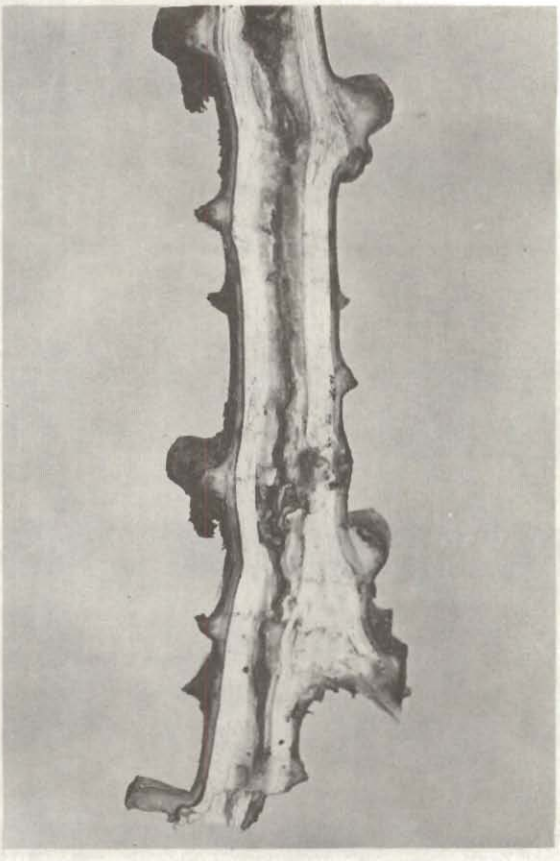


Fig 5. Estaca con la médula decolorada.

Edad de la Planta.

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

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

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

Parte Apropiada de la Planta para la Preparación de las Estacas.

Este factor está estrechamente relacionado con la edad de la planta. Con variedades vigorosas y en las condiciones del CIAT, se puede usar el tercio mediano de una planta de 8 meses (Figura 8). Sin embargo, a medida que la planta tiene más edad, el tallo acumula mayores reservas, lo cual permite tomar estacas de la parte superior de la planta. En este caso se puede usar el tercio superior de una planta de 18 meses y descartar la parte basal. Se debería hablar aquí más bien de la edad del tallo y nó de la planta, puesto que la edad del tallo depende básicamente de la parte de la planta donde esté localizado.

Diámetro de la Estaca.

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

Longitud de la Estaca.

Es posible obtener una planta de yuca a partir de una estaca muy corta que sólo tenga una yema, pero las posibilidades de que germine y enraice ba-

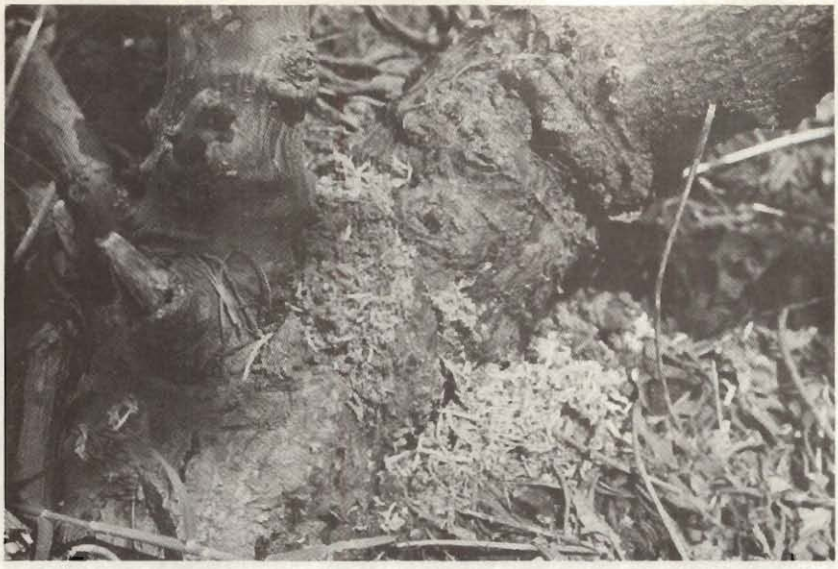


Fig 6. Planta demasiado vieja atacada por insectos.

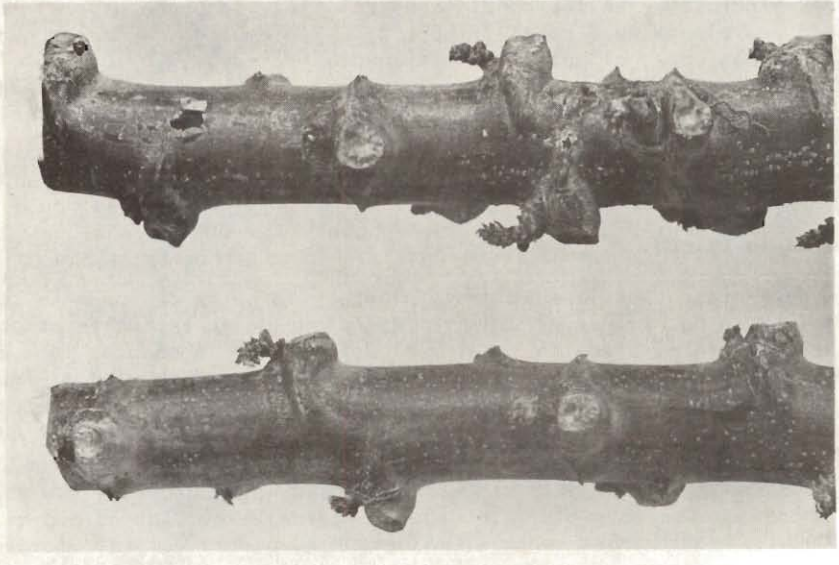


Fig 7. Estacas viejas con yemas brotadas



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

jo condiciones de campo son muy escasas, especialmente cuando no hay suficiente humedad en el suelo. De otro lado, las estacas de 60 o más centímetros de largo, aunque tienen mayores probabilidades de enraizamiento y germinación, serían más costosas en cuanto al manejo y transporte y se produciría un menor número de estacas por plantas. Por lo tanto, se recomienda que la estaca de yuca tenga una longitud de 20 centímetros (Figura 10), siempre y cuando no hayan resultados de investigaciones locales que indiquen que se debe variar esta longitud.

Número de Nudos por Estaca.

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

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

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

Corte de la estaca y ángulo del mismo.

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

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

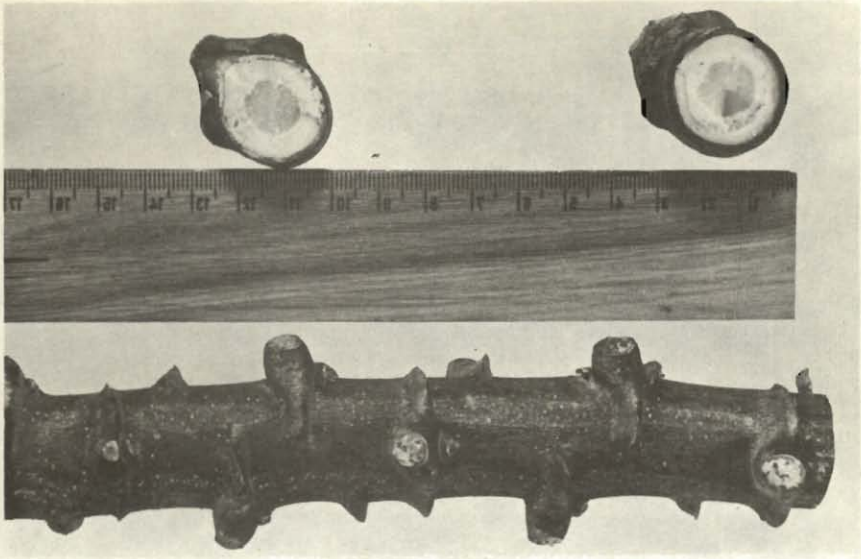


Fig 9. Diámetro adecuado de la estaca.

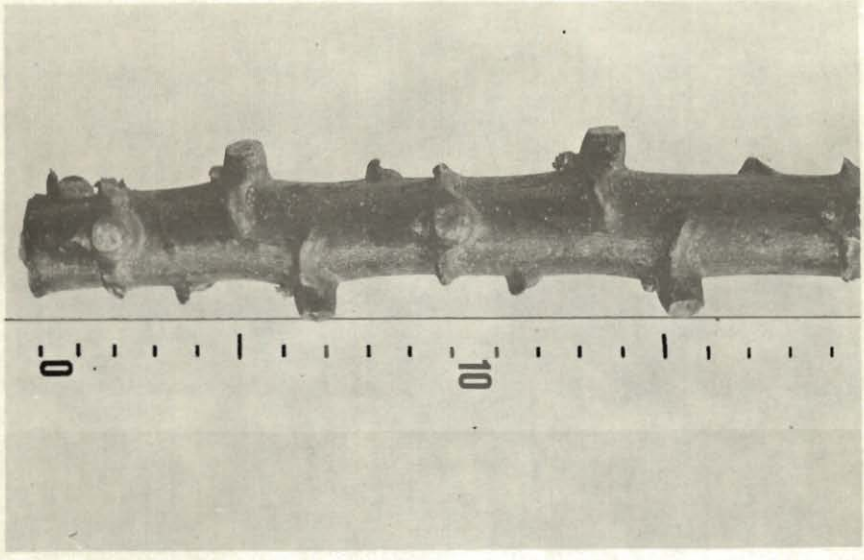


Fig 10. Longitud apropiada de la estaca.

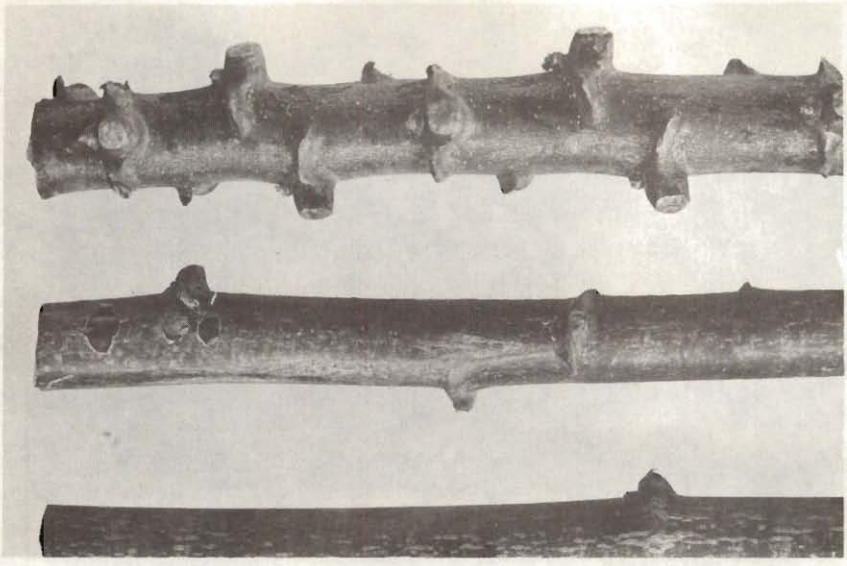


Fig 11. Estacas de diferentes variedades con distinto número de nudos.

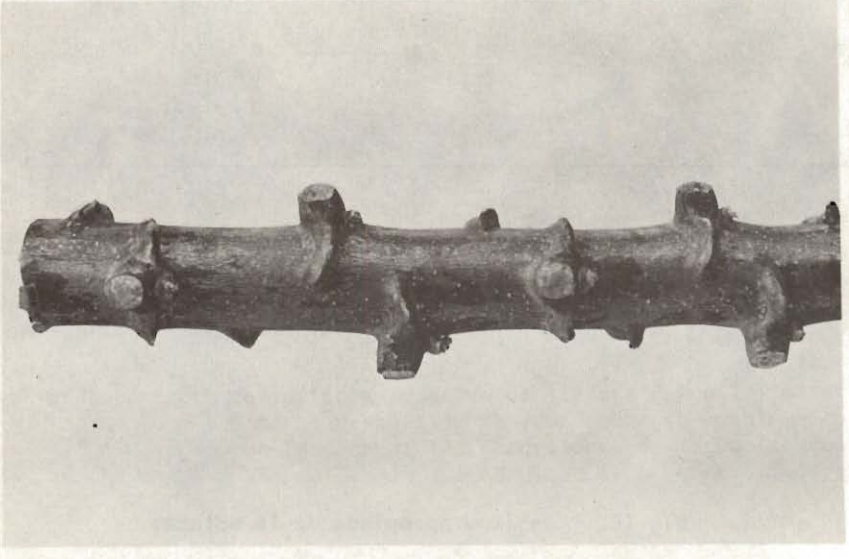


Fig 12. Estaca apropiada para la siembra con respecto al número de nudos

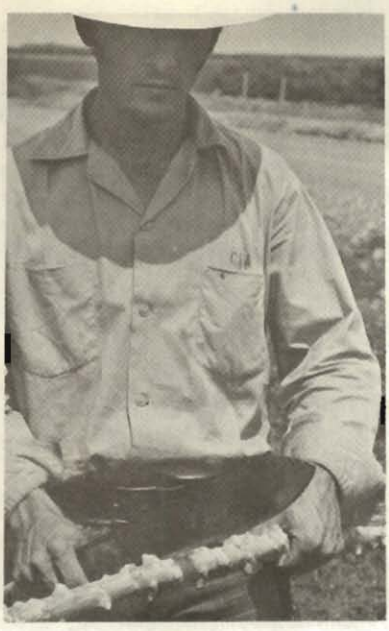


Fig 13. Corte inicial al tallo

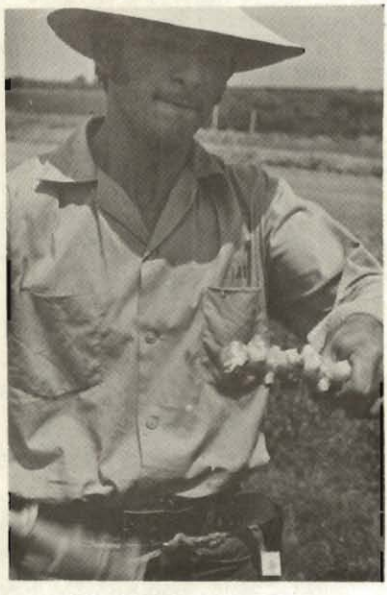


Fig 14. Corte final para desprender la esta

Daños Físicos Causados a las Estacas.

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

Almacenamiento de las Estacas.

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

Tratamiento de las Estacas.

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

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

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

Dithane M-45: 3.0 g/litro

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

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

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

En la mezcla No. 1 el Malathion debe mezclarse con el agua antes de agregar los fungicidas con el fín de prevenir efectos de incompatibilidad, ya que cuando las estacas se trataron con una solución en la cual el Orthocide y el

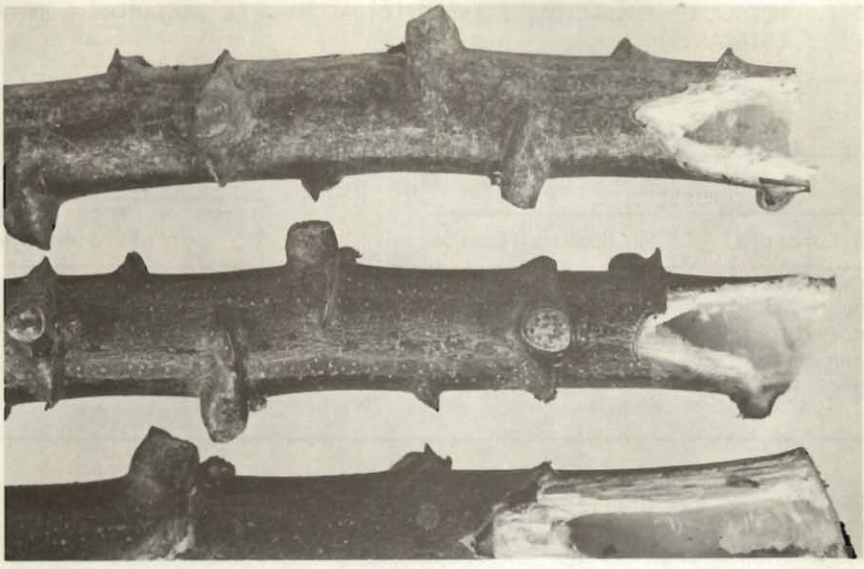


Fig 15. Estacas dañadas por mal corte.

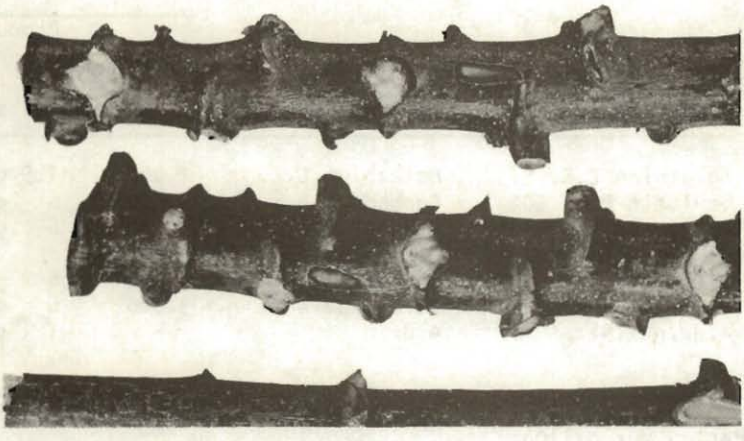


Fig 16. Estacas inapropiadas debido a daños físicos.

CUADRO 1. MEZCLA DE FUNGICIDAS E INSECTICIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE ESTACAS.

PRODUCTO		DOSIS
Nombre Comercial	Nombre Técnico	Gramos de Producto Comercial por Litro de Agua
Dithane M-22	Maneb	2.22
Antracol	Propineb	1.25
Vitigran 35%	Oxicloruro de Cobre	2.00
Malathion P.M. 4%	Malathion*	5.00

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

CUADRO 2. MEZCLAS DE PRODUCTOS QUIMICOS PARA EL TRATAMIENTO DE ESTACAS ANTES DE LA SIEMBRA O ALMACENAMIENTO.

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

* p.p.m. Partes por Millón
1.000 p.p.m. 1 g/lt de ingrediente activo del producto

Bavistin se mezclaron antes de agregar el Malathion hubo incompatibilidad entre los fungicidas e insecticidas, lo cual inhibió el enraizamiento y germinación de las estacas.

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

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

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

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

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

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

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

Resumen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

1. BELLOTTI, A. y SCHOONHOVEN, A. VAN 1977. Mite and Insect Pests of Cassava. Annual Review of Entomology.

2. BOCK, K.R. y GUTHRIE, E.J. 1976. Recent Advances in Research on Cassava Viruses in East Africa. In: African Cassava Mosaic. B.L. Nestel (ed.). Ottawa, Canada International Development Research Centre. pp.11-16.

3. CASTRO, A., TORO, J.C. y CELIS, E. 1976. Métodos de Siembra y Cuidado Inicial de la Yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. pp.217-224

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

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

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

7. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1977. Cassava Production Systems Program. In: Annual Report 1976. Cali, Colombia, CIAT pp.B1-B-76.

8. COCK, J.H., WHOLEY, D.W., LOZANO, J.C., 1976. Sistema Rápido de Propagación de Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. Boletin Serie ES-20. 12p.

9. COSTA,A.S., y NORMANHA, E. 1939. Notas sobre o tratamiento de manivas de Mandioca (Manihot utilissima) em agua aquecida a diversas temperaturas. Revista de Agricultura. Piracicaba 14:227-230.

10. COSTA,A.S. y KTAJIMA, E.W. 1972. Studies on Virus and Mycoplasma Disease of the Cassava Plant in Brazil. In: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. pp.18-36.

11. HUERTAS, A.S. 1940. A Study of the Yield of Cassava as Affected by the Age of Cuttings. Philippine Agriculturist 28:762-770.

12. KARTHA, K.K. y GAMBORG, O.L. 1975. Elimination of Cassava Mosaic Disease by Meristem Culture. Phytopathology 65:826-828.

13. KRAUSZ, J.C. 1972. Status of Virus and Mycoplasma-like disease of Cassava. Annual Proceedings of the American Phytopathology Society (Resumen).

14. LOZANO, J.C. 1972. Status of Virus and Mycoplasma-like Disease of Cassava. In: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture. pp.2-12.

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

16. LOZANO, J.C. y SEQUEIRA, L. 1974. Bacterial Blight of Cassava in Colombia. I. Etiology. Phytopathology 64:74-82.

17. LOZANO, J.C. y SEQUEIRA, L. 1974. Bacterial Blight of Cassava in Colombia. II. Epidemiology and Control. Phytopathology 64:83-88

18. LOZANO, J.C. y WHOLEY, D.W. 1974. The Production of Bacteria-free Planting Stock of Cassava. World Crops 26:115-117.

19. LOZANO, J.C. 1975. Bacterial Blight of Cassava. PANS 21:38-43.

20. LOZANO, J.C. 1976. The Threat of Introducing Cassava Diseases and Pests on Propagation Material. In: Plant Health and Quarantine Problems Arising in International Genetic Resources Transfer. FAO (Food and Agriculture Organization).

21. LOZANO, J.C. BELLOTTI, A., SCHOONHOVEN, A. VAN, HOWELER, R., HOWELL,D. y DOLL, J. 1976. Problemas en Cultivos de la Yuca. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Boletin Series GS-16:127 p.

22. LOZANO, J.C. y TERRY, E.R. 1976. Enfermedades de la Yuca y su Control. Noticias Fitopatológicas 5:38-44.

23. OLIVEROS, B., LOZANO, J.C. y BOOTH, R.H. 1974. A Phytophthora Root rot of Cassava in Colombia. Plant Disease Reporter 58:703-705

10794

METODOS Y DURACION DEL ALMACENAMIENTO DE ESTACAS.

Dietrich E. Leihner*
A. S. Andrade**

Introducción

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

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

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

Período Adecuado de Almacenamiento

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

---

* Especialista en Prácticas Culturales, Programa de Yuca, CIAT
** Coordinador, Proyecto de Yuca, EPAMIG, Brasil

Sistemas de Almacenamiento

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

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

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

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

4. El enraizamiento de la estaca y la emisión de yemas durante el almacenamiento, no indica necesariamente mala conservación.

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

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

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

Germinación y Rendimiento

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

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

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

Conclusiones

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

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

2. En condiciones adecuadas de almacenamiento y con tratamiento químico, las estacas de yuca pueden ser conservadas por varios meses, manteniendo su poder germinativo.

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

4. Entre más prolongado sea el almacenamiento, más críticas son las condiciones bajo las cuáles se deben almacenar las estacas.

5. A pesar de conservar el material de siembra en buen estado y obtener completa germinación, se observan reducciones en el rendimiento a causa del almacenamiento prolongado. Estas reducciones que no se explican con poblaciones reducidas a la cosecha, son posiblemente causadas por otros factores que afectan la formación del sistema radicular y el desarrollo de la parte

aérea de la planta. Se manifiestan en un reducido número de raíces gruesas por planta.

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

CUADRO 1. EFECTO DE LAS CONDICIONES Y PERIODO DE ALMACENAMIENTO DEL MATERIAL DE SIEMBRA SOBRE LA POBLACION FINAL Y EL RENDIMIENTO DE RAICES. VARIEDAD CMC-76, CIAT, 1979.

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

CUADRO 2. EFECTO DE LA DURACION DEL ALMACENAMIENTO DE MATERIAL DE SIEMBRA DE YUCA SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LAS RAICES. VARIEDAD CMC-76 COSECHADA 11 MESES DESPUES DE LA SIEMBRA. TRATAMIENTO QUIMICO (BCM Y CAPTAN EN DOSIS DE 3.000 PPM CADA UNO) DEL MATERIAL DE SIEMBRA ANTES DE SU ALMACENAMIENTO. PROMEDIO DE CINCO MODALIDADES DE ALMACENAMIENTO. CIAT, 1979.

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

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

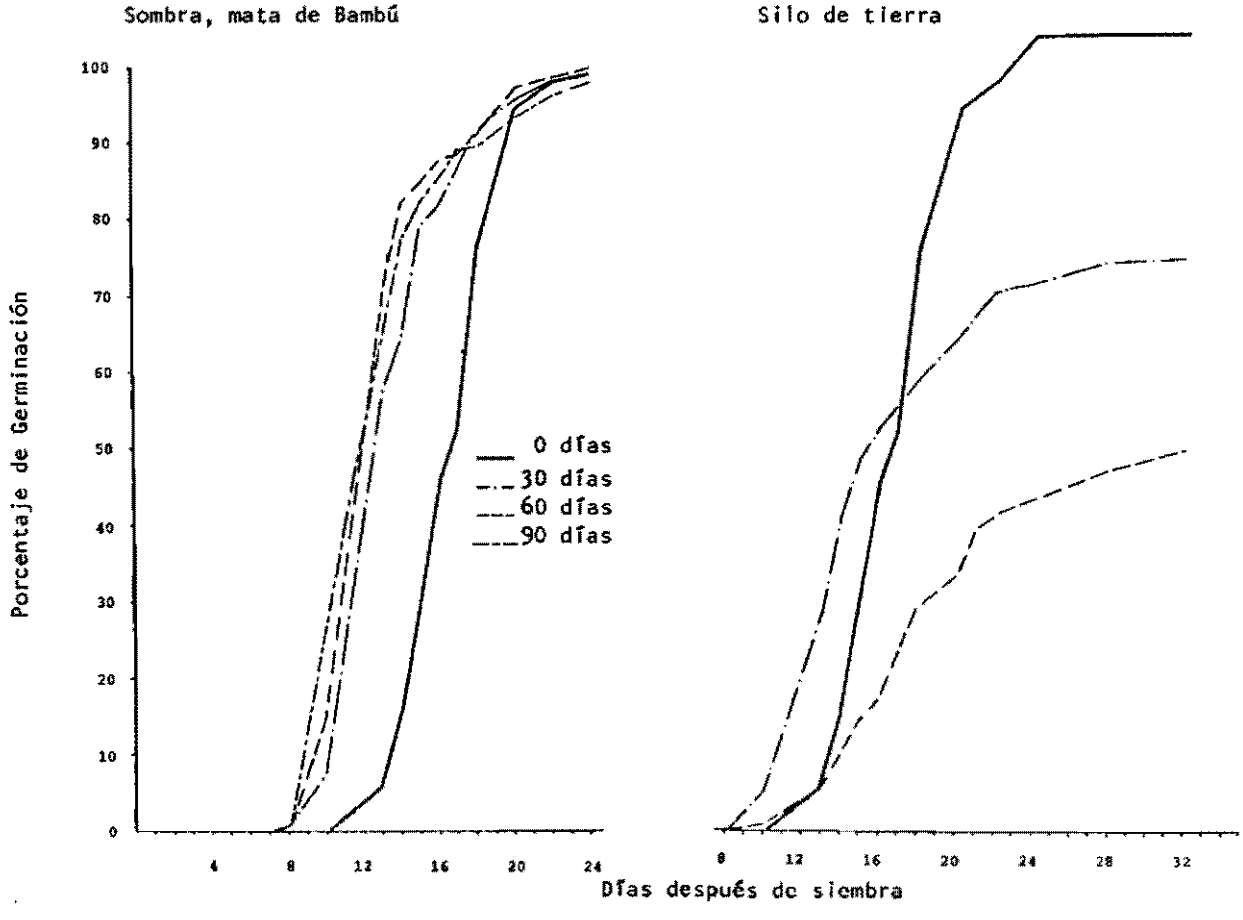


Fig. 1 Brotación del material de siembra de la variedad CMC-76, almacenado por diferentes períodos bajo 2 condiciones de almacenamiento. Tratamiento químico antes del almacenamiento: BCM + Captan 3.000 ppm de cada uno. CIAT,1979

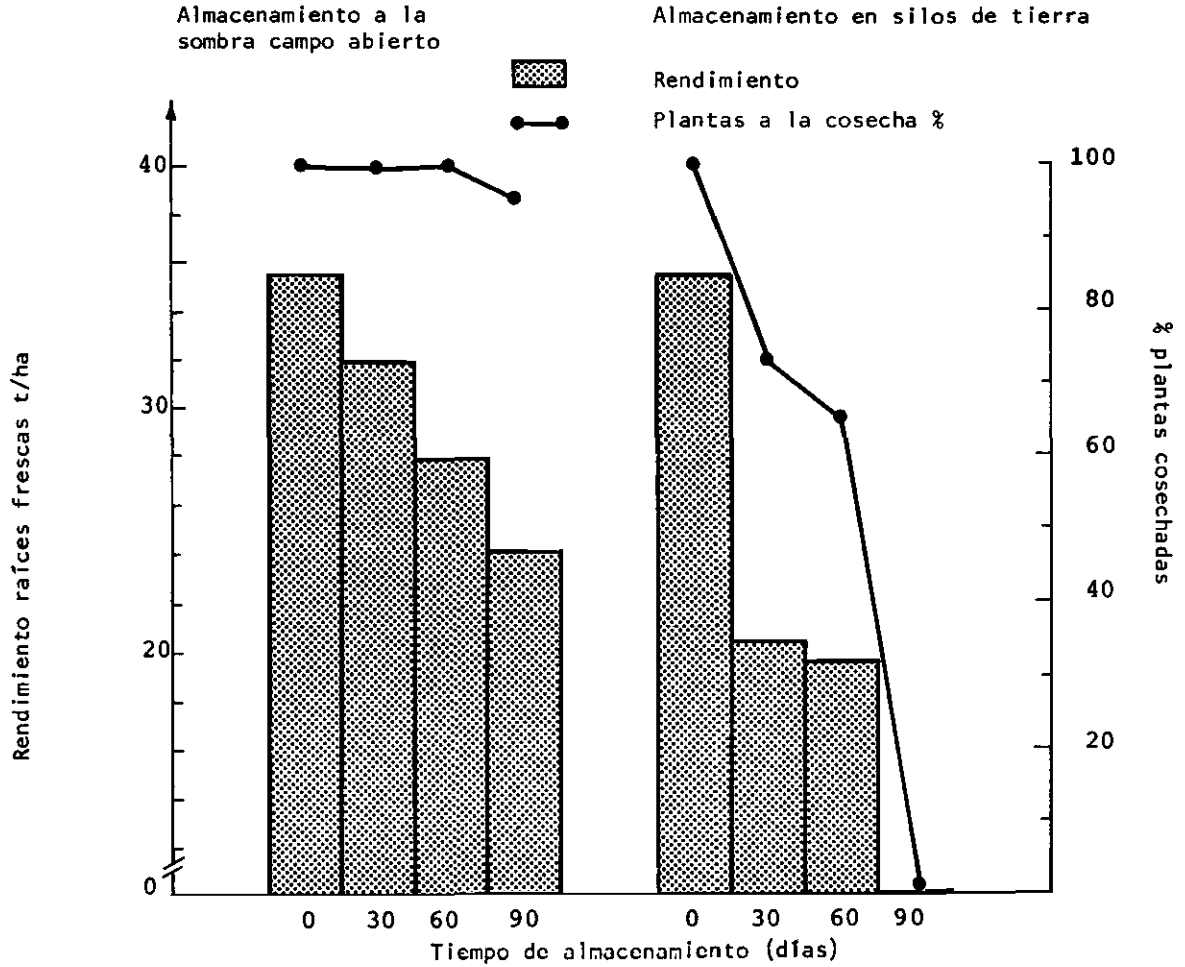


Fig.2 Porcentaje de plantas a la cosecha y rendimiento de raíces frescas de yuca afectadas por el tiempo de almacenamiento de estacas bajo dos condiciones de almacenamiento. CIAT-Palmira, 1979

BIBLIOGRAFIA

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

Castellar, M.J.Y., Mogollón, B.J.A., 1972. Estudio sobre Conservación y Viabilidad de Semilla Vegetativa de Yuca (Manihot esculenta Crantz). Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, Facultad de Agronomía. Tesis de Grado 1972. 121 p.

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

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

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

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

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

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

Correa, H. y J. C. Vieira Neto. 1978. Conservacão de ramas. En: Curso de Capacitacao de Tecnicos para a Agricultura de Mandioca. Lavras, Brasil. Ministerio da Educacão e Cultura. ESAL. Convenio INT-FUNAT/FAEPE 1978. Vol XX. p. 28-31.

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

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

Lozano, J. C., J. C. Toro, A. Castro y T. Bellotti. 1977. Producción de Material de Siembra de Yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

Lozano, J. C., J. C. Toro, A. Castro y T. Bellotti. 1978. Problemas Relacionados con la "Semilla" de la Yuca (Manihot esculenta Crantz). In: Curso sobre Producción de Yuca, Cali, Colombia. p. 78-79.

Mendes, C.T. 1949. Conservacao da Rama de Mandioca. Gvanja 5 (47-48) 50 p.

Normanna, E.S. y A.S. Pereira. 1953. Comunicado da Diretoria de Publicidade Agricola, Recomendacoes para o Plantio da Mandioca. Revista de Agricultura 28:264.

Silva, J. R. da. 1979. O Programa de Investigacao sobre a mandioca na Brasil. En: Encontro de Eng's Agt's, Pesquisadores de Mandioca dos Paises Andinos e do Estado de Sao Paulo. 1o. Campinas. Brasil, p.59-72.

10305

METODOS DE CONTROL DE MALEZAS EN YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

J. D. Doll*
W. Piedrahíta C.**
D. E. Leihner ***

Es un hecho reconocido que los rendimientos de la yuca se pueden aumentar sustancialmente eliminando la competencia de malezas durante los estados iniciales de crecimiento. Sin embargo, se considera que con un control de malezas mínimo, este cultivo puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos. Aún en condiciones óptimas, el follaje tarda unos dos meses en cerrar y en condiciones menos favorables, puede tardar hasta cuatro meses; es necesario controlar las malezas hasta que la plantación tenga un follaje tupido.

En la actualidad se están obteniendo rendimientos experimentales de yuca, cuatro veces mayores que los promedios nacionales en varios países, debido a la integración de todos los componentes de tecnología (variedades mejoradas, control de plagas y malezas, uso de fertilizantes y otras prácticas culturales). Una parte básica de la tecnología de producción de yuca es el control de malezas. A continuación se presentan los resultados de varios años de investigación en el CIAT y se resalta la importancia de controlar oportunamente las malezas y la adopción de los sistemas de control adecuados.

Sistemas de Control

En el cultivo de la yuca, como en otros cultivos, existen diferentes opciones para controlar las malezas. Se distingue entre control cultural, mecánico y químico, y se conoce una serie de combinaciones de estos métodos. Desde que el hombre comenzó a cultivar las plantas, ha buscado métodos culturales como son la selección de genotipos vigorosos con alta capacidad competitiva, la siembra de poblaciones densas, el uso de cobertura orgánica muertas o vivas y cultivos intercalados para controlar las malezas. También ha empleado sistemas mecánicos usando herramientas manuales o tirados por animales y hasta sus propias manos para el control de malezas. Por otro lado el control químico solo se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, pero está ganando más y más importancia debido a la creciente escasez de mano de obra en el campo. Todos los sistemas aún se practican solos o en combinaciones. La adopción de una determinada práctica depende sobre todo de la situación de mano de obra y de capital del agricultor. A continuación se tratará primero el tema de control mecánico, químico, y la integración de estos dos métodos, para en un segundo artículo exponer el tema del control cultural.

---

* Especialista en Control de Malezas, University of Wisconsin, Madison, Wis. 53706, U. S. A.

** Gerente de Desarrollo, Química Sttauffer Colombiana. A. A. 959, Cali.

*** Especialista en Prácticas Culturales, Programa de Yuca, CIAT.

Efectos de la Competencia de las Malezas

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

Los resultados (Cuadro 1) indican que se deben comenzar las labores de control de malezas entre los 15 y 30 días después de la siembra y continuarlas hasta el cierre total del follaje, lo que en el presente estudio ocurrió a los 120 días debido a las malezas muy agresivas y a la alta densidad de éstas. Las desyerbas después de los 120 días no aumentaron la producción.

Se observó que una sola desyerba era insuficiente, en tanto que con dos bien espaciadas, el rendimiento fué 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.

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 cuáles se evaluaron herbicidas comerciales y experimentales promisorios. Para determinar el margen de selectividad de cada producto se aplicó la dosis recomendada y dos, tres o cuatro veces esa cantidad. Los herbicidas que ocasionaron serios daños a la yuca con la dosis normal fueron clasificados como no selectivos; los que causaron daño con la dosis doble, como moderadamente selectivos y los que no presentaron daños aún con tres o cuatro veces la dosis recomendada, como altamente selectivos (Cuadro 2).

CUADRO 1. EFECTO DE LAS DESYERBAS MANUALES EN DIFERENTES EPOCAS Y FRECUENCIAS, 280 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA, SOBRE EL RENDIMIENTO DE RAICES FRESCAS DE LA VARIEDAD CMC-39.

No. de Desyerbas Manuales	Frecuencia de las Desyerbas Manuales (días)	Rendimiento de Raíces Frescas (ton/ha)	Porcentajes de Rendimiento Máximos*
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 fué necesario.

Se encontraron 18 herbicidas altamente selectivos en yuca, entre los cuáles se podría hallar el herbicida o combinación de herbicidas adecuado para cualquier complejo de malezas. Además, se podrían recomendar los productos moderadamente selectivos puesto que no hay ningún peligro de daño, siempre y cuando se aplique la dosis indicada para cada tipo de suelo. Los productos del tercer grupo fueron fitotóxicos aún con la dosis normal y por lo tanto no se deben recomendar.

CUADRO 2. SELECTIVIDAD DE LOS HERBICIDAS PREEMERGENTES Y DE PRESIEMBRA INCORPORADOS EN EL CULTIVO DE LA YUCA.

Altamente Selectivos	Moderadamente Selectivos	No Selectivos
Alaclor	Ametrina	Atrazina
Bentiocarbo	Butilate	Bromacil
Bifenox	Clorbromuron	DPX-3674
Butaclor	Ciuron	EPTC
Cianazina	DPX-6774	Karbutilate
Cloramben	Fluometuron	Tebutiuron
Dinitramina	Linuron	Vernolate
DNBP	Metabenzitiazuron	
Fluorodifen	Metribuzina	
H-22234	Oxadiazon	
Metazol	Oxifluorfen	
Napropamida	Prometrina	
Nitrofen	Terbutrina	
Norea		
Perfluidone		
Pronamida		
S-2846		
Trifluralina		

Herbicidas Posemergentes.

Los agricultores que no aplican a su cultivo tratamientos preemergentes, con frecuencia tienen que afrontar infestaciones densas de malezas para lo cual recurren a productos posemergentes que se usan corrientemente en otros cultivos.

Se encontró que al hacer la aplicación al voleo sobre el follaje, el Diuron fué el producto más selectivo, pero redujo la producción en un 16 por ciento con respecto a la yuca desyerbada a mano. Los productos no selectivos con este método de aplicación fueron Amitrol, Bentazon, Paraquat, Dalapon, MSMA, Glifosato y DNBP. Sin embargo, la aplicación dirigida con los mismos productos aumentó su selectividad; por ejemplo Diuron, Dalapon y MSMA aplicados a la mitad inferior de la planta no disminuyeron los rendimientos, pero Paraquat y Glifosato presentaron bastante daño, sobre todo en plantas jóvenes (40 a 65 días después de sembradas). Por lo tanto, solamente se recomiendan estos productos con el uso de pantalla protectora evitando todo contacto con la planta.

Herbicidas Incorporados y Sistemas de Siembra.

Una de las malezas más difíciles de combatir en el trópico es el Coquito (Cyperus rotundus), que solamente es controlado 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 suelos pesados donde generalmente la yuca se siembra en caballones. Como consecuencia de la formación de los caballones se puede presentar una acumulación del herbicida en ellos, reduciendo la tolerancia del cultivo y ejerciendo un control de malezas deficiente en el área entre caballones donde queda una menor cantidad de herbicidas.

Se realizó un ensayo para estudiar este aspecto con tres herbicidas de presiembra incorporados: Butilate, EPTC y Trifluralina. De cada producto se aplicó e incorporó la dosis recomendada y la doble de ésta. La mitad de cada parcela se sembró en caballones y la otra mitad en plano.

El herbicida EPTC ocasionó más daño a la yuca sembrada en caballones que a la sembrada en plano (Cuadro 3). El Butilate se comportó de manera similar pero fué mucho más selectivo, respaldando la clasificación del Cuadro 2. No se presentó daño alguno con Trifluralina. Se redujo el control de malezas gramíneas entre caballones,confirmando que quedó menos producto en esa zona que en el caballón. El tratamiento comparativo de Diuron + Alaclor aplicado en preemergencia dió excelente control para ambos sistemas de siembra (Cuadro 3)

En conclusión, se recomienda el Butilate para combatir el Coquito y el mejor control se obtiene al sembrar la yuca sin hacer caballones. Se debe complementar el control químico con desyerbas manuales o mecánicas cada vez que sea necesario hasta que el follaje haya cerrado, puesto que el efecto residual del Butilate es de 30 a 40 días. Además, se puede utilizar Trifluralina incorporada, especialmente cuando los problemas principales son malezas gramíneas.

CUADRO 3. EFECTO DE TRES HERBICIDAS PSI SOBRE YUCA SEMBRADA EN CABALLONES Y EN PLANO.

TRATAMIENTOS	Dosis (kg i.a./ha)	Germinación[1] (%)	Indice de Daño[2]	Control de Gramíneas (%)	Rendimiento[3] (ton/ha)
Siembra en caballones					
EPTC (PSI)[4]	4.0	75	5.2	73	22,0
EPTC (PSI)	8.0	45	7.7	86	8.4
Butilate (PSI)	4.0	77	0.7	36	33.0
Butilate (PSI)	8.0	83	3.5	80	30.8
Trifluralina (PSI)	1.5	94	1.5	62	35.8
Tribluralina (PSI)	3.0	100	0.0	76	35.6
Diuron + Alaclor (PRE)[5]	0.8+1.5	96	0.5	100	27.9
Testigo	-	94	0.0	0	18.3
Promedio		83	2.3	64	26.5
Siembra en Plano					
EPTC (PSI)	4.0	92	1.5	98	41.7
EPTC (PSI)	8.0	64	1.2	100	33.1
Butilate (PSI)	4.0	98	0.0	92	34.2
Butilate (PSI)	8.0	79	1.0	96	39.0
Trifluralina (PSI)	1.5	96	0.0	88	42.5
Trifluralina (PSI)	3.0	94	0.5	93	42.6
Diuron + Alaclor (PRE)	0.8+1.5	98	0.0	100	36.9
Testigo	-	100	0.0	0	21.4
Promedio		90	0.5	83	36.4

[1] 60 días después de la siembra
[2] 60 días después de la siembra :0 = ningún daño; 10 = muerte
[3] 10 meses después de la siembra
[4] PSI = Presiembra Incorporada
[5] PRE = Preemergente

Recomendaciones

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

Control Integrado

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

Se encontró que tres desyerbas realizadas oportunamente dieron el mejor rendimiento (31 ton/ha a los 10 meses), seguido por el uso de Diuron aplicado en preemergencia más una desyerba manual (27 ton/ha). Los rendimientos más bajos se presentaron 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.

CUADRO 4. RECOMENDACIONES PARA EL CONTROL QUIMICO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA YUCA

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

[1] El nombre comercial del producto se da en paréntesis

[2] La 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

BIBLIOGRAFIA

1. _____ Control de Malezas. In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 1972. Cali, Colombia. 1973. pp. 75-80.

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

3. Kasasian, L. y Seeyave, J. Critical Periods for Weed Competition. Pans 15:208-212. 1969.

4. Leihner, D. et al. 1979. Recomendaciones para el Uso del Nuevo Herbicida Preemergente "Goal" en Yuca. Documento sin publicar. Programa de Prácticas Culturales de Yuca. CIAT, Cali, Colombia.

10 2026

CONTROL CULTURAL DE LAS MALEZAS EN YUCA

Dietrich E. Leihner *
J. D. Doll **

Introducción

El control cultural de malezas se define como cualquier práctica, no mecánica ni química que ayude a suprimir las malezas incrementando la habilidad competitiva del cultivo. Las prácticas que contribuyen a un buen establecimiento y desarrollo del cultivo tales como: Selección de variedades bien adaptadas, uso de semilla de buena calidad y correcta densidad de siembra y la protección del cultivo favorecerán significativamente el control cultural de las malezas (Doll, 1977).

El control cultural de las malezas en el cultivo de la yuca, es difícil durante los primeros 3-4 meses debido al lento crecimiento inicial aunque las prácticas agronómicas sean buenas. Sin embargo es posible el uso de medidas culturales tales como: Coberturas o Cultivos intercalados.

El presente artículo trata de describir algunas de las medidas de control cultural de malezas en yuca y reportar experiencias y resultados obtenidos.

Prácticas Agronómicas

Calidad del Material de Siembra y Técnica de Siembra.

Hay muchas prácticas agrónomicas relacionadas con la selección del material de siembra y técnicas de siembra que influencian fuertemente el vigor inicial de la planta de yuca. El material de siembra (estacas) debe ser obtenido solamente de la parte madura pero no muy lignificada de la planta y debe tener por lo menos 20 cms de largo. Debe hacerse una selección visual de la sanidad de la estaca en cuanto a daños causados por enfermedades e insectos y el material seleccionado debe tratarse sumergiéndolo en una solución que contenga fungicida, insecticida y micronutrientes (Lozano et al 1977). Estas prácticas aseguran alta calidad y buen vigor inicial pero para que este vigor inicial pueda producir un efecto favorable en la competencia con las malezas es necesario complementar estas prácticas con una buena técnica de siembra. Para asegurar una rápida brotación y crecimiento se recomienda la siembra vertical de la estaca, ya que la posición horizontal demora la emergencia y reduce el porcentaje de brotación (CIAT, 1979).

Densidad de Siembra.

En un terreno completamente libre de malezas, el cultivo puede utilizar al máximo los nutrimentos presentes en el suelo, así como el agua y la luz disponibles; bajo tales condiciones, una población baja de plantas puede ren-

* Especialista en Prácticas Culturales, Programa de Yuca, CIAT.
** Especialista en Control de Malezas, University of Wisconsin, Madison, Wis. 53706, U.S.A.

dir tanto como una población mayor (CIAT, 1973). En contraste, cuando se presentan las malezas se espera que las poblaciones altas tengan una mayor capacidad de competencia que las bajas. Se estudió esta interacción sembrando las variedades CMC 9 (de porte bajo y ramificado) y M Mex 11 (de porte más alto y no ramificado), en poblaciones de 2940 a 25,000 plantas/ha. Los resultados se aprecian en la Figura 1.

El control de malezas con herbicidas durante todo el ciclo de crecimiento de la yuca (Diuron más Alachlor en preemergencia y Paraquat dirigido con pantalla en posemergencia), dió los mayores rendimientos para cada variedad y la producción máxima se alcanzó con cerca de 15,000 plantas/ha. Con una o dos desyerbas (el sistema tradicional),la producción máxima se logró con una densidad de 15,000 a 20,000 plantas/ha para M Mex 11 y de 20,000 a 25,000 para CMC 9 (Figura 1).

Dos desyerbas manuales fueron casi tan eficaces como el uso de herbicidas. En consecuencia una mayor densidad de siembra contrarrestó la competencia de las malezas, cuando la intensidad de los sistemas de control no fueron suficientemente efectivos. 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 pero aumentaron a medida que la densidad de siembra se incrementó.

Interacción Densidad-Tipo de Planta.

Tanto el tipo de planta como la densidad de siembra determinan el número de días que necesita la yuca para cubrir el suelo completamente. Los tipos vigorosos con tamaño de hoja grande y ramificación temprana, obviamente llegarán a un cubrimiento más temprano que otros tipos de planta. En forma sisimilar, con densidades mayores de siembra se alcanzará un cubrimiento más temprano que con densidades más bajas.

Se estudió la interacción entre tipo de planta y densidad de siembra en un ensayo de campo sembrado en la Estación "Caribia" (Costa Norte Colombiana), con 28°C. temperatura anual promedia y una alta presión de malezas. La variedad vigorosa M Mex 59 y la nó vigorosa M Col 22, se sembraron en parcelas con 7500 y 15,000 plantas/ha. Tres niveles de control de malezas fueron establecidas: control completo, control intermedio y sin control.

Los resultados (Figura 2) indican que la variedad vigorosa fué menos sensible a una deficiencia en el control de malezas que la variedad nó vigorosa, debido a la mayor capacidad competitiva de la primera. Con un control de malezas bueno (y otras prácticas culturales adecuadas), el rendimiento de un tipo de planta depende sobre todo de su potencial genético de rendimiento. Consecuentemente, las diferencias debidas a densidad de siembra son pequeñas. Bajo estas condiciones favorables, el potencial de rendimiento de la variedad nó vigorosa no se pudo manifestar plenamente con la densidad de 7500 plantas/ha; su respuesta a un aumento en la densidad a 15,000 plantas/ha fué positivo. Por el contrario, el potencial de rendimiento de la variedad vigorosa ya se había realizado con la densidad baja; por lo tanto su respuesta al aumento de la densidad fué negativa. Esta interacción entre tipo de planta y den-

sidad de siembra se observó en forma similar en el control de malezas intermedio. Sin embargo, cuando el control fué deficiente, las diferencias genotípicas en el potencial de rendimiento de las dos variedades observadas se redujeron y mayores densidades de siembra como medio de control cultural de las malezas ganaron importancia. El incremento en el rendimiento de raíces frescas alcanzó hasta el 60%, empleando la alta en vez de la baja densidad de siembra. Por lo tanto, para reducir las pérdidas de rendimiento cuando se espera un control de malezas deficiente,es indicado en primer lugar incrementar la densidad de siembra y solo como medida secundaria se recomienda cambiar la variedad reemplazándola por una de mayor capacidad competitiva.

Uso de Mulch y Coberturas Verdes.

El uso de un mulch frecuentemente se recomienda para el control de malezas, la reducción de la erosión, la conservación de la húmedad del suelo y el mantenimiento de temperaturas bajas en la rizosfera. El uso de diferentes materiales para mulch se investigó en Carimagua y en CIAT. El efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de yuca, el crecimiento de las malezas y la temperatura del suelo se aprecia en la Tabla 1. Tanto en Carimagua como en CIAT, el mulch con paja de maíz dió el mejor resultado, suministrando un buen control de las malezas y una cobertura duradera. Otros materiales que surtieron buen efecto fueron heno de pasto puntero, hojas de caña de azúcar y heno de Stylosanthes guyanensis. Por otro lado, hojas de plátano, kudzu y hojas de yuca fueron menos efectivas debido a su rápida descomposición. El uso de una capa superficial de suelo suelto como "Soil Mulch" no tuvo el efecto esperado.

En CIAT, se evaluaron dos coberturas verdes (Desmodium heterophyllum y Phaseolus vulgaris), junto con un mulch de bagazo de caña y sistemas de control químico y control manual contínuo. Las coberturas verdes dieron un control de malezas similar al observado con control manual mientras el bagazo de caña mostró un porcentaje de control alto al principio pero perdió su efectividad pronto, similar al herbicida preemergente.

El más alto rendimiento de yuca se obtuvo en el control manual con desyerbas a los 22, 40, 60 y 115 días después de la siembra, pero este sistema de control también fué el de mayor costo en términos del gasto para mano de obra (Tabla 2). El control químico tuvo un costo de mano de obra bajo, pero el costo de capital (adquisición del herbicida) fué elevado. El rendimiento de yuca se duplicó con el uso del herbicida preemergente, comparado con el testigo sin control, pero aún fué 30% más bajo que el obtenido con control manual debido a la competencia por las malezas después de que se había perdido el efecto inicial del herbicida.

Las coberturas verdes se establecieron con relativamente altos gastos tanto de mano de obra como de capital, siendo necesario aún más mano de obra en desyerbas iniciales para el Desmodium heterophyllum, ya que demoró más en formar una cobertura que el fríjol. El alto valor de la semilla de ambas leguminosas explica el gasto de capital de estos sistemas de control. Las leguminosas redujeron el rendimiento de la yuca en un 20% lo cual en el caso del fríjol fué compensado por la producción adicional del grano. Bajo el aspecto del costo fué interesante el mulch con bagazo de caña, causando gastos moderados tanto para mano de obra como para capital. El rendimiento de

yuca alcanzó un nivel 18% superior al logrado con el herbicida preemergente. Los dos sistemas de control con coberturas verdes aparecen como opciones válidas por su efectividad, pero su alto costo solo justifica su empleo cuando la semilla se produce localmente y cuando la mano de obra es familiar.

Cultivo Intercalado con Leguminosas de Grano.

En CIAT han sido estudiados sistemas intercalados de cultivo con yuca y diferentes prácticas de manejo de las malezas. Durante el crecimiento temprano el peso seco de las malezas fué menor en todos los tratamientos donde la yuca se intercaló con fríjol, comparado con yuca en monocultivo (Fig. 3). Cuando las malezas no fueron controladas en este estado, la sola introducción del fríjol como cultivo intercalado fué tan eficiente en la reducción del crecimiento de las malezas como la aplicación preemergente de una mezcla de herbicidas[1], un tratamiento de yuca en monocultivo. El resultado del tratamiento "Herbicida solo" no fué diferente al de "Herbicida más desyerba manual", dado que la desyerba manual no se había realizado todavía. Sin embargo, a los 90 días después de la siembra la diferencia de estos 2 tratamientos era grande, especialmente en la yuca sola donde el efecto del herbicida preemergente se había perdido y la infestación de malezas era muy alta, mientras que en el tratamiento "Herbicida más desyerba manual" la cantidad de malezas era muy pequeña tanto en la yuca sola como en la intercalada; esta situación también se observó en el caso del tratamiento "Desyerba Manual Contínua", debido a la intensidad del tratamiento (Figura 4).

Sin ningún control de malezas, el fríjol como cultivo intercalado, reducía el peso seco de las malezas hasta en un 50%, 90 días después de la siembra. A través de observaciones del crecimiento de las malezas se concluyó también que el fríjol intercalado tuvo un efecto residual en el control de malezas. En 3 de los sistemas de control, el peso seco de las malezas 135 días después de la siembra (30 días después de la cosecha del fríjol) era notablemente inferior en los tratamientos sembrados con yuca y fríjol intercalados, comparado con yuca en monocultivo (Fig. 5). Considerando el rendimiento de la yuca como resultado del efecto diferencial en el crecimiento de las malezas, se observó que sin control mecánico o químico de malezas el rendimiento de yuca en el cultivo intercalado con fríjol fué 44% superior al de yuca en monocultivo. Esta diferencia se puede atribuir especialmente al efecto del control cultural de malezas efectuado por el cultivo intercalado. Con un buen control de malezas, la yuca intercalada rinde un 15% menos que la yuca sola (Fig. 6). Esta información confirma el efecto estabilizador del rendimiento en el cultivo intercalado y demuestra que usar leguminosas de crecimiento rápido intercaladas con yuca es una práctica eficiente para reducir el crecimiento de las malezas y que con sistemas deficientes de control de malezas se pueden obtener mayores rendimientos con los cultivos intercalados.

[1] 1.0 kg y 7.1 p.c. de Linuron y Fluorodifen por hectárea respectivamente.

Conclusiones

Las medidas de control cultural de malezas discutidas en este artículo tienen ventajas y desventajas. El control cultural de malezas tales como el uso de coberturas verdes o cultivos intercalados, representan una labor más intensiva debido a que se requiere el establecimiento de 2 cultivos al tiempo, en vez de uno solo. El control de malezas, con la excepción de algunos casos específicos, puede no ser tan eficiente como el control químico por ejemplo. El requirimiento de un control oportuno, un aspecto crítico en el control de malezas en yuca, puede no ser alcanzado en la misma forma como usando métodos mecánicos o químicos. Sin embargo, el control cultural de malezas no trae problemas ecológicos. Dependiendo del método adoptado y de la disponibilidad local de materiales, el control cultural puede ser de menos costos en términos de compra de insumos. Adicionalmente cuando se usan leguminosas de ciclo vegetativo corto se logra obtener ingresos mucho antes que la cosecha de la yuca.

Son muchas las posibilidades de combinar el control cultural de malezas con otras medidas de manejo de las malezas, facilitando al agricultor la adopción de un sistema de control que se ajuste mejor a sus necesidades y que le permita obtener buenos resultados desde el punto de vista de la producción y de la economía.

TABLA 1. EFECTO DEL USO DE MULCH EN EL RENDIMIENTO DE RAICES DE YUCA, TEMPERATURA DEL SUELO Y CONTROL DE MALEZAS A LA COSECHA EN CARIMAGUA[1].

USO DE MULCH	CARIMAGUA (M VEN 168)			CIAT (M MEX 59)	
	Rendimiento de raíces ton/ha	Temp. Suelo °C	Malezas ton/ha	Rendimiento de raíces ton/ha	Temp. Suelo °C
Testigo en control de malezas	10.3 ab*	25	-	24.9 ab	23
Testigo sin control de malezas	8.7 b	28	31.2	23.1 abc	23
Mulch de suelo suelto	8.7 b	27	-	22.3 abc	23
Mulch de hojas de plátano	10.4 ab	28	27.0	-	-
Mulch de plantas de maíz	12.8 a	26	17.0	27.3 a	22
Mulch de pasto (H. Rufa)	12.5 a	27	23.5	-	-
Mulch de Kudzú	12.4 a	27	27.5	-	-
Testigo con riego	10.1 ab	29	-	17.9 c	23
Mulch de paja de arroz				22.9 abc	23
Mulch de hojas y tallos de yuca				19.1 bc	24
Mulch de hojas de caña				26.1 a	23
Mulch de Stylosanthes				25.8 a	23

[1] Ensayo realizado por R. Howeler - Suelos Yuca

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

TABLA 2. EFECTO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE MALEZAS EN EL COSTO DE DESYERBAS Y EN LOS RENDIMIENTOS DEL FRIJOL. VARIEDAD DE YUCA CMC-40 Y DE FRIJOL PORRILLO SINTETICO. CIAT, 1979

Sistema de Control de Malezas	Número de desyerbas manuales	COSTO CONTROL DE MALEZAS POR HA: Mano de obra $ Col.	COSTO CONTROL DE MALEZAS POR HA: Capital $ Col.	Rendimiento Raíces Frescas t/ha	Rendimiento Fríjol t/ha
Sin control	-	-	-	12.9	-
Herbicida preemergente[1]	-	200	2.100	23.4	-
Mulch[2] (bagazo caña)	-	1.200	340	27.6	-
Cobertura verde[3] (leguminosa anual)	2	5.000	6.600	26.8	1.94
Cobertura verde[4] (leguminosa perenne)	2	5.800	2.400	26.9	-
Desyerba manual[5] (testigo libre de maleza)	4	9.600	-	33.2	-
C.V. %				13.6	
D.S.				2.97	

[1] Afalon & Preforan a 1 kg y 7.1 del producto comercial por ha - 1 jornal/ha para aplicación

[2] Bagazo de Caña 17 ton/ha - 6 jornales/ha

[3] Fríjol negro intercalado 120 kg de semilla/ha a Col.$ 55/kg - 25 jornales/ha para desyerba

[4] Desmodium heterophyllum 4 kg de semilla/ha - costo estimado de semilla Col.$ 600/kg - 29 jornales/ha para desyerba inicial.

[5] 49 jornales para desyerba manual

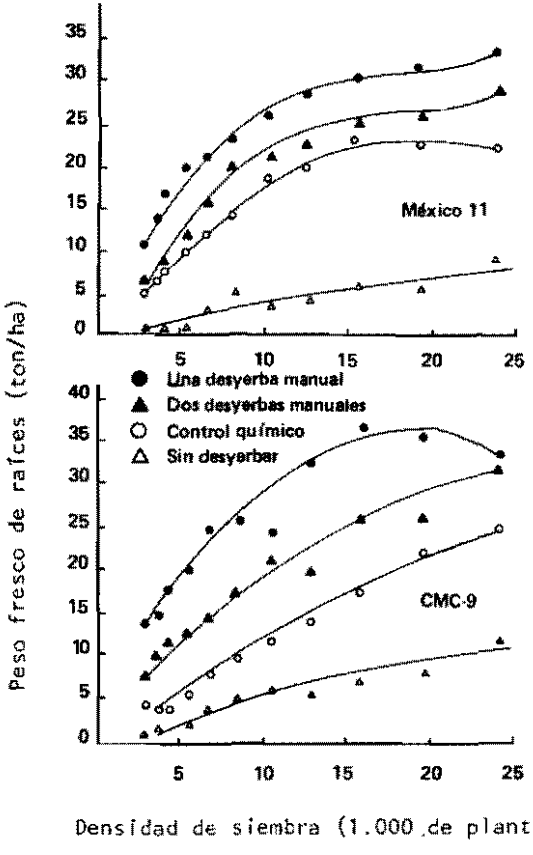


Fig. 1 Efecto de la densidad de siembra de la yuca y del sistema de control de malezas sobre el peso fresco de las raíces de las varie - dades CMC9 y Mexll a los 10 meses de sembrada.

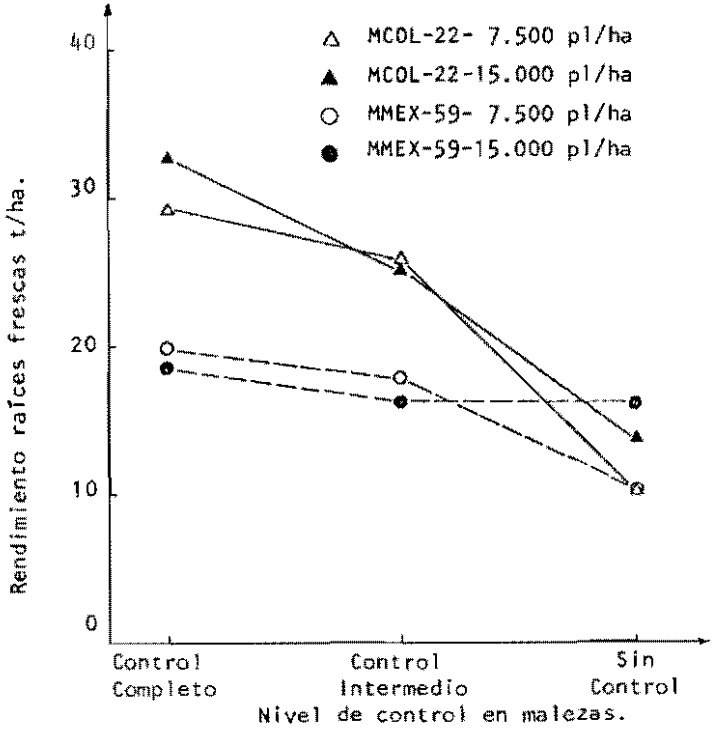


Fig. 2 Efecto del tipo de planta y población de plantas en el rendimiento de yuca a diferentes niveles de control. M Col. 22 (no vigorosa) y M MEX-59 (muy vigo- rosa) sembradas en ICA-Caribia, 1978-79

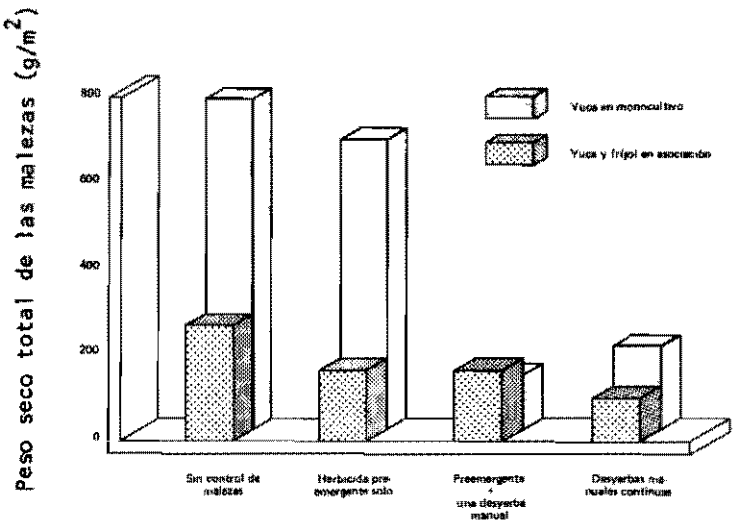


Fig.3 Peso seco total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol, bajo cuatro sistemas de control, 45 días después de la siembra (CIAT, 1978).

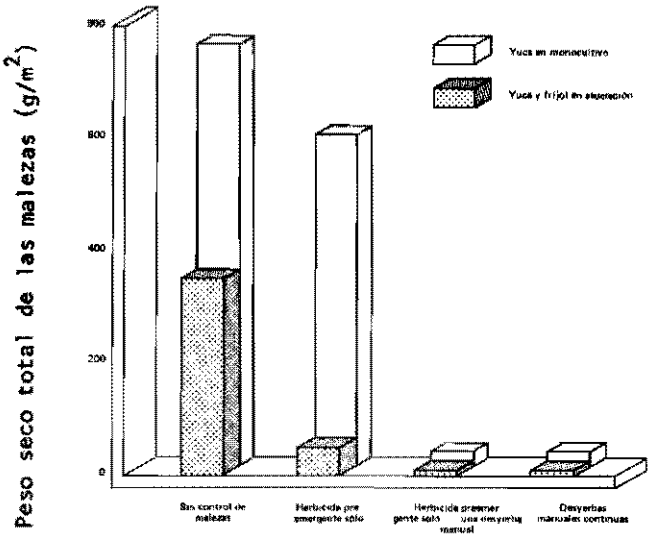


Fig.4 Peso total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol bajo cuatro sistemas de control, 90 días después de la siembra (CIAT, 1978).

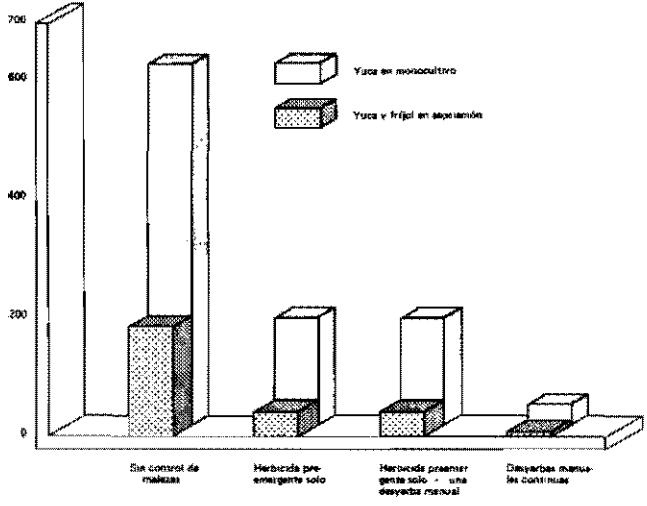


Fig. 5 Peso seco total de las malezas en yuca en monocultivo y en asociación con fríjol, bajo cuatro sistemas de control, 135 días después de la siembra y 30 días después de la cosecha del fríjol (CIAT, 1978).

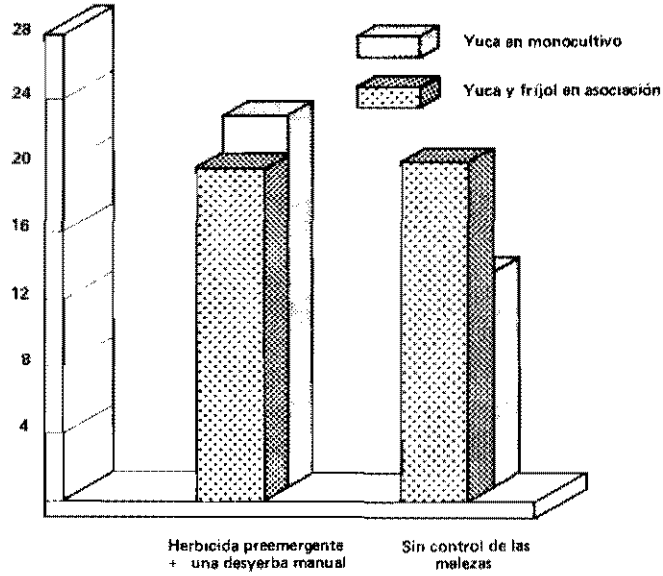


Fig. 6 El efecto de diferentes sistemas de control de malezas en la producción de yuca en monocultivo y en asociación con fríjol (CIAT, 1978).

PRODUCCION DE YUCA EN CULTIVOS MULTIPLES

D.E. Leihner 1/
M. Thung
J.H. Cock
J.K. Lynam

Definición de los sistemas de cultivo

El cultivo múltiple, que es la producción de dos o más cultivos en la misma área durante el mismo año, representa una forma de intensificar la producción agrícola a través de un uso más eficiente de los factores de crecimiento, de la tierra y del tiempo disponible para cultivar. En la actualidad se está utilizando cada día más el gran potencial que el sistema de cultivo múltiple posee para contribuír al incremento en la producción alimenticia. El mejor uso del espacio y tiempo se logra en dos diferentes formas:

1. Cultivo en secuencia. Que significa producir dos o más cultivos de una especie (o sea en monocultivo) en el mismo terreno durante un año, y

2. Cultivo intercalado o asociado. Donde se siembran dos o más especies al mismo tiempo en el mismo campo.

El cultivo intercalado, que nos ocupa en el presente artículo se puede practicar en cuatro diferentes formas:

a) Cultivo intercalado mixto. Que consiste en sembrar dos o más cultivos simultáneamente en forma irregular, sin patrón definido.

b) Cultivo intercalado en surcos. Donde se siembran los cultivos simultáneamente en arreglos definidos de surco.

c) Cultivo intercalado en franjas. Que es la siembra simultánea de los cultivos asociados en bandas lo suficientemente anchas como para permitir el cultivo independiente, pero lo suficientemente estrechas para que los cultivos interactúen agronómicamente, y

d) Cultivo intercalado en relevo. Que significa sembrar uno o más cultivos dentro de un cultivo ya establecido de tal forma que el final del ciclo de vida del primer cultivo coincide con el desarrollo inicial de o de los demás cultivos. (Ruthenberg, 1971, modificado por Sánchez, 1976).

1/ Especialista en prácticas culturales, Programa de Yuca, CIAT,
Agrónomo, Programa de Frijol, CIAT,
Fisiólogo, Líder del Programa de Yuca, CIAT,
Economista Programa de yuca, respectivamente

Ventajas del cultivo intercalado

Uso más eficiente del espacio y tiempo

La asociación de dos cultivos de duración similar produce ventajas por el mayor aprovechamiento del espacio. Por otra parte, la asociación de dos cultivos con duración diferente conlleva ganancias en el rendimiento total del sistema a través de un mejor aprovechamiento de las dimensiones espacio y tiempo.

Reducción de la competencia y mejor aprovechamiento de los factores de crecimiento

En un sistema de cultivos intercalados, tanto en los de duración similar como en los de ciclo vegetativo diferente, la suma de la competencia interespecífica es inferior a la suma de las competencias intraespecíficas en los monocultivos. Es de ahí que se origina una superioridad en el rendimiento total del sistema intercalado, ya sea que el rendimiento por planta sea mayor o que la población total conformada por las plantas de ambos cultivos sea superior. En los cultivos asociados de duración similar, la ventaja viene entonces de una menor competencia total "instantánea" mientras que en asociaciones de cultivos con ciclos vegetativos diferentes, el mejor resultado se obtiene a través de una menor competencia inicial entre el cultivo precoz y tardío y una menor competencia final intraespecífica en el cultivo tardío. (Andrews y Kassam, 1976).

La yuca considerada como un cultivo tardío en monocultivo no aprovecha en forma completa los factores luz, agua y nutrientes durante los primeros tres meses de su ciclo vegetativo por su lento desarrollo inicial. Permitiendo la asociación de un cultivo precoz. De igual manera, al final de su ciclo vegetativo, la yuca ya no intercepta toda la luz incidente y probablemente tampoco absorbe ya la gran cantidad de nutrientes y agua que necesita durante su desarrollo más activo. Por tanto, ésta última fase en el ciclo de la yuca nuevamente se presta para intercalar otro cultivo (Fig. 1).

Estabilidad de la producción

En términos de biomasa total y de rendimientos, los cultivos asociados normalmente muestran una menor variabilidad que los monocultivos (Moreno y Hart, 1979). Esto se refiere tanto a la producción total del sistema como a las producciones individuales de cada componente. Las causas para la mayor estabilidad, aparte del efecto compensatorio entre los cultivos, posiblemente radican en una reducida incidencia de enfermedades, plagas y malezas debido a la diversidad de la vegetación y el mejor y más temprano cubrimiento del suelo (Moreno y Hart 1979, Moreno 1979, CIAT, 1978, Leihner 1979, 1980a).

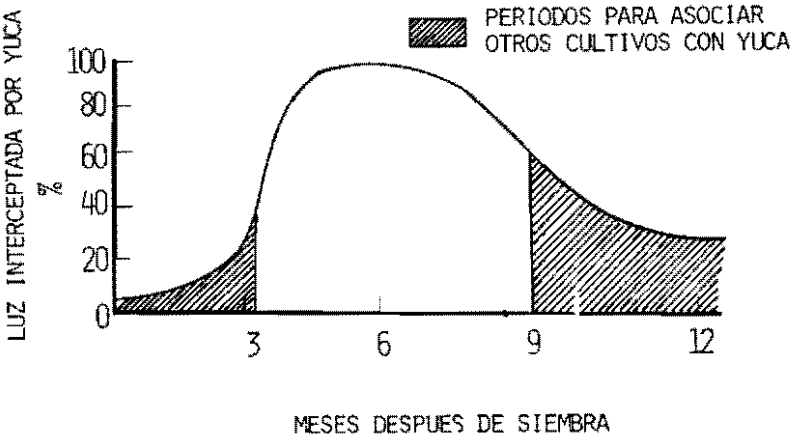


Fig. 1 Aprovechamiento del factor luz por la yuca durante su ciclo vegetativo y posibles períodos para intercalar otros cultivos.

Para el productor de subsistencia, la mayor estabilidad en la producción de sus cultivos alimenticios en siembras intercaladas tiene un significado importante ya que este sistema de producción tiende a asegurar su sustento, mermando sustancialmente el riesgo de una pérdida total de su cosecha.

Balance alimenticio

Si el pequeño productor siembra los cultivos para producir su propio alimento, una parcela muy pequeña alcanza a proverlo de los elementos básicos para su alimentación sembrando fuentes calóricas (yuca, camote, name, plátano) en asociación con fuentes protéicas (frijol, caupi , mungo, maní, guandul). A manera de ejemplo, una hectárea de yuca intercalada con frijol negro, produciendo 10 t/ha de raíces frescas con 30% de almidón y 600 kg/ha de frijol con 28% de proteína da la siguiente producción calórica y de proteínas:

10.000 kg/ha yuca[1/] = 13.440.000 Kcal.
600 kg/ha frijol = 168 kg proteína

1/ Los 10.000 kg de yuca contienen 3.000 kg de almidón, cuyo valor calórico es de 4,480 kcal/kg.

Suponiendo que los requerimientos alimenticios diarios de una persona adulta son de 2.500 kcal. y 100 g de proteína, la cantidad arriba mencionada da 5.376 raciones calóricas y 1.680 raciones de proteína, o sea 1.680 raciones completas más un excedente calórico de 3.696 raciones (= 9.240.000 kcal.), sin considerar el contenido protéico de la yuca ni el valor calórico del frijol. Así, una hectárea alimenta a 4.6 personas adultas durante un año, quedando un excedente de aproximadamente 6 t de yuca para la venta. Aunque esto no sea una dieta ideal y además no es probable que una persona pueda sobrevivir consumiendo sólo yuca y frijol durante un año, hay que recordar que sí es factible subsistir con esta alimentación y que en algunas partes del mundo existen personas que tienen mucho menos para consumir que esto.

Los rendimientos en que se basa este cálculo son los tradicionalmente obtenidos con estos cultivos pero con una tecnología mejorada y un mínimo de insumos se logran duplicar fácilmente (Fonseca, 1981).

Tecnología mejorada para yuca intercalada

Como se ha visto en el párrafo anterior, la productividad de la yuca y cultivos asociados es baja en la mayoría de los sistemas de cultivo tradicionales. Las razones para ello son múltiples pero predominan los siguientes aspectos:

a) Asociación de especies que por su tipo de planta o ciclo vegetativo no son compatibles;

b) Coincidencia de fases de máxima competencia debido a un tiempo relativo de siembra inadecuado;

c) Densidad de siembra muy baja o (en pocas ocasiones) demasiado alta;

d) Patrones de siembra inadecuados;

e) Fertilidad del suelo demasiado baja, y

f) Medidas fitosanitarias ausentes o deficientes.

Los programas de fisiología y prácticas culturales de yuca del CIAT han dedicado bastante esfuerzo a la solución de cada uno de estos problemas en sus programas de investigación. Como resultado de ello se describen los siguientes elementos de una tecnología mejorada para la asociación de yuca con otros cultivos.

CUADRO 1. EFECTO DEL TIPO DE PLANTA DE LA YUCA (VIGOR Y RAMIFICACION) SOBRE SU RENDIMIENTO EN MONOCULTIVO Y ASOCIACION Y SOBRE EL RENDIMIENTO DE UN FRIJOL COMUN ASOCIADO (THUNG, 1978)

Tipo de planta y variedad	RENDIMIENTO YUCA Monocultivo[1/] t/ha	Asociada[2/] t/ha	RENDIMIENTO FRIJOL kg/ha	Relativo al monocultivo %
Vigorosa, ramificación temprana:				
M MEX 59	32.8	25.8	2.077	89
Vigor medio, ramificación tardía:				
M ECU 47	36.2	33.6	2.747	117
M VEN 270	42.8	33.2	2.455	105
M PAN 70	42.0	30.5	2.313	99
M PTR 26	40.2	28.4	2.304	98
M MEX 11	42.4	31.8	2.177	93

1/ Promedio de cuatro años en CIAT.

2/ Promedio de un año en CIAT.

Selección de tipos de plantas para la asociación

Yuca

En la yuca existe una variación amplia en los hábitos de crecimiento con relación a la ramificación y el vigor inicial. Ambas características pueden influir en la cantidad de luz interceptada durante las primeras etapas de crecimiento. Variedades de porte erecto (ramificación tardía) y vigor medio posiblemente causan menos sombra a un cultivo asociado que aquéllos con ramificación temprana y alto vigor inicial. Como se ve en el Cuadro 1, la variedad M Mex 59, con alto vigor y ramificación temprana,

causa más depresión en el rendimiento de un frijol asociado que cinco variedades seleccionadas con vigor medio y ramificación tardía.

Además, las variedades de vigor medio y ramificación tardía se aproximan más al tipo ideal de planta para máximo rendimiento en monocultivo, descrito por Cock et al (1979). Los datos del Cuadro I confirman la superioridad de este tipo de planta, tanto en monocultivo como en asociación. Así, las variedades de vigor medio y ramificación tardía (porte erecto) parecen ser las más indicadas para la asociación ya que imponen relativamente poca competencia al cultivo asociado inicialmente y poseen un alto potencial de rendimiento. Como excepción se puede considerar la asociación yuca-maíz donde sólo los tipos altamente vigorosos de yuca compiten favorablemente con un cultivo dominante como es el maíz.

Leguminosas

Una característica importante para la selección de una leguminosa como cultivo asociado es su precocidad. Con una madurez temprana se reduce el período de competencia con la yuca y se evita el excesivo sombreamiento durante el llenado de las vainas cuando la yuca comienza a cerrar calles. A medida que aumenta el tiempo durante el cual los dos cultivos están juntos en el campo, se acentúa la interacción entre ellos y se afectan los rendimientos mutuamente. Esto se hace visible comparando la duración del ciclo vegetativo de cuatro leguminosas con los coeficientes de correlación entre los rendimientos de yuca y estas leguminosas en diferentes ensayos (Cuadro II). Mientras en las asociaciones de yuca con las leguminosas precoces (frijol y caupí) no se observa relación alguna entre el rendimiento de la yuca y de las leguminosas, se presenta una interacción cuando el ciclo vegetativo de la leguminosa pasa más allá de los 100 días.

Contrario a la precocidad parece no tener mucha importancia el hábito de crecimiento de la leguminosa, sea erecto o rastrero, siempre y cuando no sea trepador (para siembras simultáneas). En experimentos de yuca asociada con nueve variedades de caupí, ocho de ellas tuvieron un hábito erecto, semierecto o rastrero, causando reducciones en el rendimiento de la yuca entre 6% y 24%, comparado con el monocultivo. En cambio, una variedad de caupí con tendencia a trepar redujo el rendimiento de la yuca en 32% (Hegewald y Leihner, 1980).

En la selección de tipos trepadores de leguminosas tales como el frijol voluble común (Phaseolus vulgaris), frijol lima (Phaseolus lunatus) y frijol terciopelo (Stizolobium derringianum) que se pueden asociar con yuca cuando esta llega al final de su ciclo vegetativo, se puede escoger la especie y variedad mejor adaptada y de más alto vigor ya que debe competir con un cultivo establecido. La yuca, aún asociándola con leguminosas volubles muy vigorosas, no sufre la menor reducción en el rendimiento (CIAT, 1978).

CUADRO 11. COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE RENDIMIENTOS DE YUCA Y LEGUMINOSAS ASOCIADAS COMO INDICADORES DEL GRADO DE INTERACCION ENTRE LAS ESPECIES EN FUNCION DE LA PRECOCIDAD DE LAS LEGUMINOSAS

Especie	Días hasta Madurez Fisiológica	Coeficiente de correlación Rendimientos yuca - Leguminosa
FRIJOL	80	$r = 0.01^{n.s.}$
CAUPI	90	$r = 0.05^{n.s.}$
MANI	106	$r = -0.14^{n.s.}$
SOYA	125	$r = -0.35^{*}$

Otros cultivos

Existe una gran variedad de cultivos que se asocian con yuca. En cuanto a los cultivos anuales, se puede seleccionar cualquier especie que de acuerdo con lo anteriormente expuesto llene los siguientes requisitos:

a) Para siembra simultánea

Ciclo vegetativo preferiblemente de 100 días o menos.

Hábito rastrero, compacto o erecto, no muy agresivo.

b) Para intercalar con yuca adulta

Para efectuar cosecha simultánea de yuca y el cultivo asociado: ciclo de 120 días o menos.

Para intercalar en relevo el ciclo del cultivo asociado no es de importancia.

Alto vigor, hábito arbustivo o trepador.

Tolerancia a la sombra.

Si los productos de la asociación se destinan al consumo directo no habria mucho sentido en seleccionar como cultivo asociado

otra fuente de carbohidratos similar a la yuca sino que se deberia escoger un cultivo eficiente en la producción de proteína (como las verduras o leguminosas de grano). Si los productos de la asociación se destinan a la venta, cualquier cultivo con precio rentable sirve para la asociación.

Aparte de las asociaciones de yuca con cultivos anuales,tiene cierta importancia el asocio con cultivos perennes. Durante el establecimiento de especies de plantación como la palma de coco, palma de aceite y caucho, la yuca puede ayudar a pagar una parte de los gastos mientras todavía no hay producción en los cultivos perennes. Sin embargo, cuando aquellos crecen e imponen sombra a la yuca, ésta deja de producir rendimientos rentables. Por otro lado cultivos perennes forrajeros de porte rastrero como el Stylosanthes guianensis se pueden asociar durante largos períodos con yuca, beneficiando a la yuca por la fijación de nitrógeno (Nitis, 1977).

Tiempo relativo de siembra

Asociación al inicio del cultivo

El tiempo relativo de siembra, o sea la siembra del cultivo asociado antes, al mismo tiempo o después de la yuca tiene implicaciones tanto biológicas como prácticas. La yuca no impone mucha competencia al principio de su ciclo vegetativo pero tampoco tolera mucha competencia. Es por esto que el rendimiento de la yuca puede ser drásticamente reducido si el cultivo asociado se siembra con anterioridad a la yuca, imponiendo desde muy temprano competencia por luz y otros factores de crecimiento a ésta. Por otro lado, la yuca puede afectar el rendimiento del cultivo intercalado por sombrío si se siembra antes que éste. Experimentos con yuca y frijol demuestran que el rendimiento total más alto se obtiene con la siembra de ambos cultivos al mismo tiempo (siembra simultánea) o cuando la diferencia entre las fechas de siembra es menos de una semana (Thung y Cock, 1979; Fig. 2). Esta práctica se ha verificado en muchos experimentos, asociando yuca con otras leguminosas o con maíz, y, ha dado resultados igualmente positivos.

Una implicación práctica de la siembra simultánea es que requiere una sola operación en vez de dos por separado para establecer la asociación. Con este método de siembra también se facilita mecanizar la siembra de los cultivos asociados, adaptando maquinaria ya existente.

Asociación con yuca adulta

En un cultivo de yuca adulta el factor más limitante para establecer otro cultivo es la luz. Sin embargo, observaciones hechas en CIAT muestran que hacia el final del ciclo vegetativo la yuca intercepta menos luz que durante su fase de más activo crecimiento. Esto permite la producción de un cultivo asociado durante los últimos meses anteriores a la cosecha de la yuca.

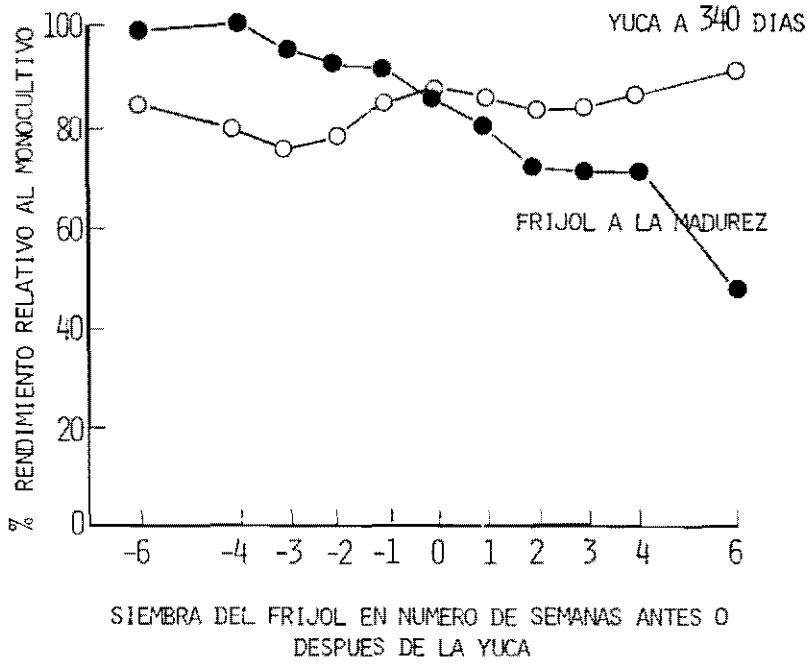


Fig. 2. Rendimiento de yuca y fríjol a diferentes fechas relativas de siembra.

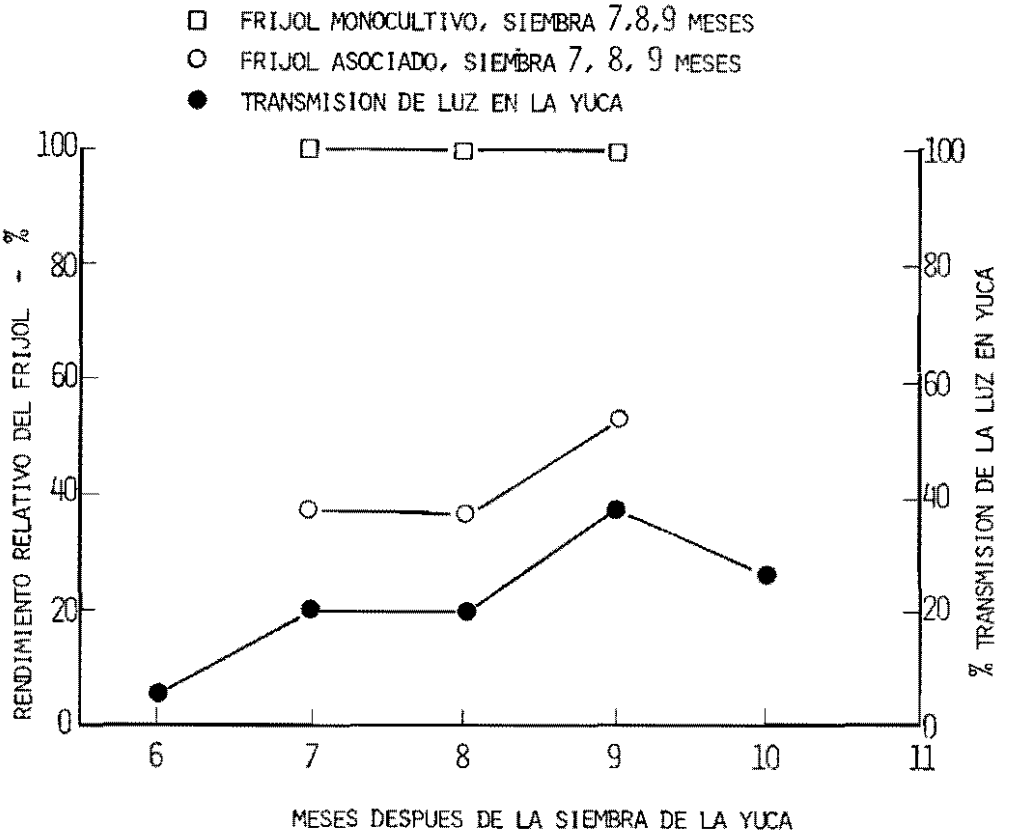


Fig. 3. Efecto de la fecha relativa de siembra de un frijol arbustivo 7, 8 y 9 meses después de la yuca sobre su rendimiento en asociación en función de las condiciones de luz en el cultivo.

Sembrando frijol arbustivo a los 7, 8 y 9 meses de haber sembrado la yuca se nota que el rendimiento del frijol en asociación sufre menos reducción a medida que se siembra más tarde y las condiciones de luz para el fríjol mejoran (Fig. 3). Se concluye que entre más tarde se pueda sembrar el cultivo intercalado en un yucal establecido mayor el rendimiento, pero de todos modos la productividad del cultivo intercalado queda muy por debajo del nivel que alcanza en una asociación al principio del ciclo vegetativo de la yuca. (Castellanos, 1981).

Densidad de siembra

Yuca

En sistemas tradicionales de cultivo, la yuca se siembra frecuentemente a densidades más bajas en asociación que en monocultivo. Treinta y siete ingenieros agrónomos de Latinoamérica quienes trabajan con yuca, informaron de un rango de densidades de siembra entre 3.000 y 25.000 pl/ha para monocultivo (promedio 11.300 pl/ha) y entre 4.000 y 18.000 pl/ha para yuca asociada (promedio 8.300 pl/ha) (Leihner y Castro, 1979).

La densidad reducida junto con la competencia impuesta por el o los cultivos asociados explican en parte la baja productividad de la yuca en asociación. Sin embargo, esta situación se puede corregir sembrando yuca en asociación a la misma densidad que se considera óptima para el monocultivo. Sobre todo con variedades de mucho follaje y ramificación temprana, como la M Col 113, el rendimiento máximo en monocultivo se obtiene con densidades relativamente bajas. Estas densidades bajas en asociación también producen los mejores rendimientos. La coincidencia de altos rendimientos en monocultivos y asociación con siembras de baja densidad no se logra a tal grado con las variedades de yuca de menos follaje y ramificación tardía (p.e. M Mex 11) pero aún, este tipo de yuca produce el 95% del rendimiento máximo en monocultivo a densidades de siembra intermedias. Estas densidades intermedias también permiten obtener rendimientos aceptables (70-85% del rendimiento máximo) en asociación (Fig. 4).

Con un incremento en la densidad de siembra de la yuca, normalmente se reduce el rendimiento del cultivo asociado (Fig. 4) pero, como se ve en el ejemplo aquí citado, no se requieren densidades muy elevadas de yuca para producir rendimientos aceptables. En esta forma, densidades que se aproximan a las ideales en monocultivo también se pueden utilizar en la asociación sin causar reducciones en el rendimiento del cultivo asociado, demasiado drásticas.

Leguminosas

Generalmente, el rendimiento de las leguminosas de grano no varía mucho en respuesta a diferentes densidades de siembra dentro de un rango bastante amplio.

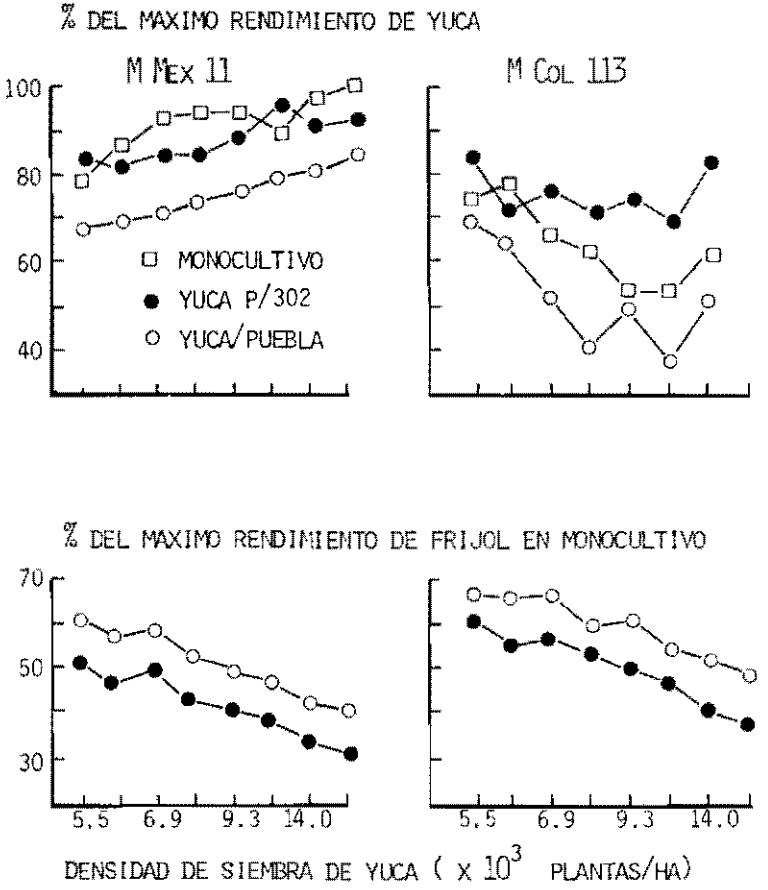


Fig. 4. Rendimientos de yuca y de fríjol como porcentajes del rendimiento máximo, como respuesta a las densidades de siembra de yuca, tanto en asociación con fríjol como en monocultivo.

Ensayos con frijol, caupí y maní en monocultivo y asociación con yuca mostraron producciones constantes o respuestas poco marcadas variando la densidad de siembra entre 50 y 200% de lo que se considera comercialmente la densidad adecuada en monocultivo (Thung y Cock, 1979; Hegewald y Leihner, 1980; Fonseca, 1981). Cuando se presenta una densidad óptima para rendimiento máximo de la leguminosa de grano en monocultivo, el rendimiento máximo de esta leguminosa sembrada en asociación se obtiene frecuentemente con la misma densidad o a veces con una población ligeramente más alta (Fig. 5).

Por otro lado, poblaciones altas de leguminosas compiten más con la yuca y reducen su rendimiento aunque si existen correlaciones negativas entre poblaciones de leguminosa y rendimiento de yuca, ellas normalmente son bajas y no significativas (CIAT, 1980). El balance para maximizar los rendimientos de la leguminosa y minimizar la reducción en el rendimiento de la yuca nuevamente es el de sembrar en asociación la misma densidad que se aproxima a la óptima en monocultivo. De acuerdo con nuestros resultados, las siguientes son las densidades de siembra óptimas para diferentes especies: (Cuadro III).

CUADRO III. DENSIDADES DE SIEMBRA RECOMENDADAS PARA LEGUMINOSAS DE GRANO EN ASOCIACION CON YUCA Y EN MONOCULTIVO (LEIHNER, SIN PUBLICAR)

Especie	Población adecuada para monocultivo y asociación Plantas/ha
FRIJOL COMUN ARBUSTIVO (P. vulgaris)	200.000 - 250.000
FRIJOL COMUN TREPADOR (P. vulgaris)	110.000 - 160.000
CAUPI (Vigna unguiculata)	80.000 - 110.000
MUNGO (Vigna radiata)	200.000 - 250.000
MANI (Arachis hypogaea)	200.000 - 250.000

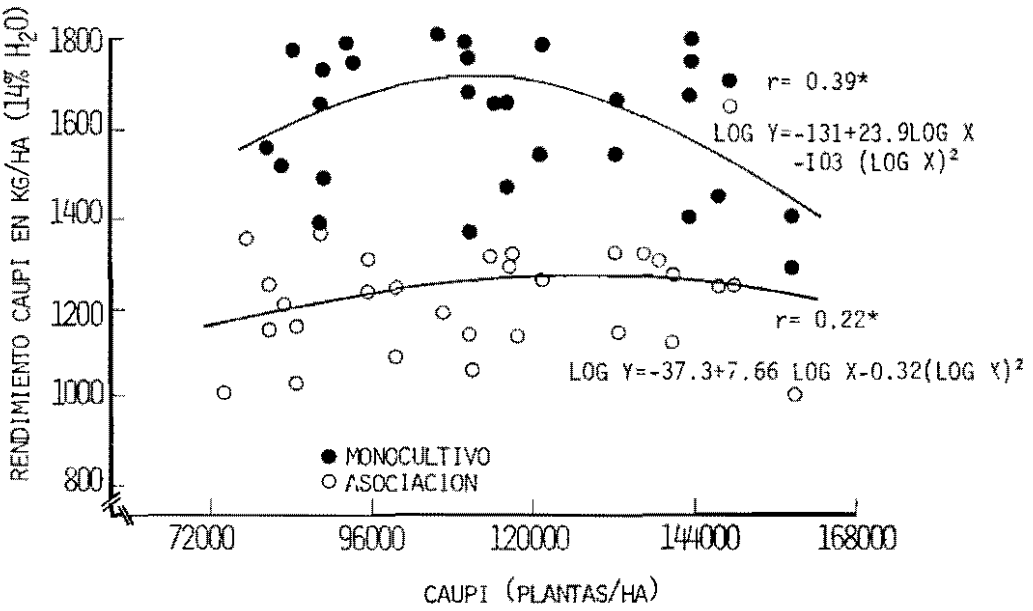


Fig. 5. Efecto del sistema de cultivo y población sobre el rendimiento de Caupí.

Maíz

Los principios encontrados para yuca y leguminosas en cuanto a la densidad óptima de siembra en monocultivo y asociación se hallaron igualmente válidos en ensayos de asocio yuca-maíz. Comparando un sistema tradicional de asociación con la yuca sembrada a 1 m x 1.2 m (8.300 pl/ha) y el maíz a 2 m x 1.2 m (dos plantas por sitio: 8.300 pl/ha) con un sistema intensivo donde la yuca se sembró a 10.400 pl/ha y el maíz a 40.000 pl/ha aproximadamente, no se observaron cambios en el rendimiento de la yuca pero la producción del maíz se triplicó (CIAT,1980).El hecho de que la yuca no sufrió una reducción en su rendimiento posiblemente se debe tanto al arreglo espacial utilizado (1.60 x 0.60) que minimizó el efecto de competencia, como al tipo de planta de la yuca, vigoroso y de ramificación temprana. Aún en condiciones de un arreglo espacial de la yuca de 1 x 1 m, no apropiado para esta asociación, y un tipo de planta de yuca menos vigoroso, se obtuvo la mayor eficacia en el uso de la tierra, y el mejor resultado económico con densidades de maíz entre 20.000 y 40.000 pl/ha asociado con yuca (Meneses, 1980). Esto nuevamente confirma que el uso de densidades normales de monocultivo en la asociación produce los más favorables resultados.

Patrón de siembra (arreglo espacial)

En la siembra asociada de dos o más cultivos sobre el mismo terreno, la distribución de estos en el campo llamado "arreglo espacial" es de suprema importancia ya que decide sobre la eficiencia con la cual se aprovecha la luz solar y se cubre el suelo. Al mismo tiempo el arreglo espacial tiene una influencia importante sobre el grado de competencia entre los cultivos asociados. Teóricamente un patrón de siembra en el cual cada planta tiene igual distancia a las otras es el ideal permitiendo el uso más eficiente de los recursos para crecer y producir. Sin embargo, razones prácticas como la prepación del terreno, la facilidad de la siembra, las labores de cultivo y la cosecha muchas veces hacen un ordenamiento diferente más deseable. Esto se aplica tanto para yuca como para los cultivos asociados con ella.

Yuca

El patrón de siembra más frecuentemente usado en yuca es el de 1 x 1 m o similar para siembras en monocultivo. Este arreglo, realmente, no da condiciones óptimas para asociar cultivos de ciclo corto con yuca porque el cubrimiento del terreno por la yuca es más rápido con el arreglo en cuadro que con otros arreglos, imponiendo sombra al cultivo asociado desde muy temprano (Castro, en impresión).

Esto llevó a examinar arreglos espaciales diferentes dándole condiciones más favorables al cultivo asociado. Se comprobó en varias localidades y con diferentes variedades que la variación del patrón

de siembra de cuadrado (1 x 1 m) a rectangular (2 x 0.5 m), incluyendo algunos arreglos intermedios, no afecta el rendimiento de la yuca cuando se mantiene la misma densidad de siembra (Cuadro IV).

CUADRO IV. EFECTO DE DIFERENTES PATRONES DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA YUCA, A CONSTANTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Localidad	Variedad	Arreglo Espacial m	Población pl/ha	Rendimiento raíces frescas t/ha
CIAT	M Mex 52	1.0 x 1.0	10.000	25.0
		2.0 x 0.5	10.000	22.0
CIAT	M Col 22			
CIAT	M Col 22	1.0 x 1.0	10.000	35.0
		2.0 x 0.5	10.000	37.0
CARIBIA	M Col 22	1.0 x 1.0	10.000	17.1
		1.8 x 0.6	9.259	17.6
MEDIALUNA	SECUNDINA	1.0 x 1.0	10.000	15.0
		1.6 x 0.6	10.416	14.1

De estos datos se concluye que el arreglo rectangular permite acomodar los cultivos asociados entre la yuca sin reducir su rendimiento. Por lo tanto es recomendable usar un arreglo distinto al empleado para yuca en monocultivo con el fin de obtener una buena productividad del sistema asociado.

Leguminosas

En cultivos comerciales de leguminosas de grano en monocultivo, la distancia normal entre surcos varía entre 30 y 80 cm. Thung (1978) sugiere un arreglo para asociaciones de yuca con leguminosas sembrando la yuca a 1.80 m entre surcos (0.60 m entre plantas) y 90 cm entre surcos de leguminosas con preparación del terreno en camas. El autor menciona que este arreglo todavía se encuentra dentro del orden normal de variación observado con leguminosas de grano. Esta misma distribución es factible cuando la yuca se siembra sobre caballones anchos. Cuando la asociación se practica en terreno plano, hay más flexibilidad para

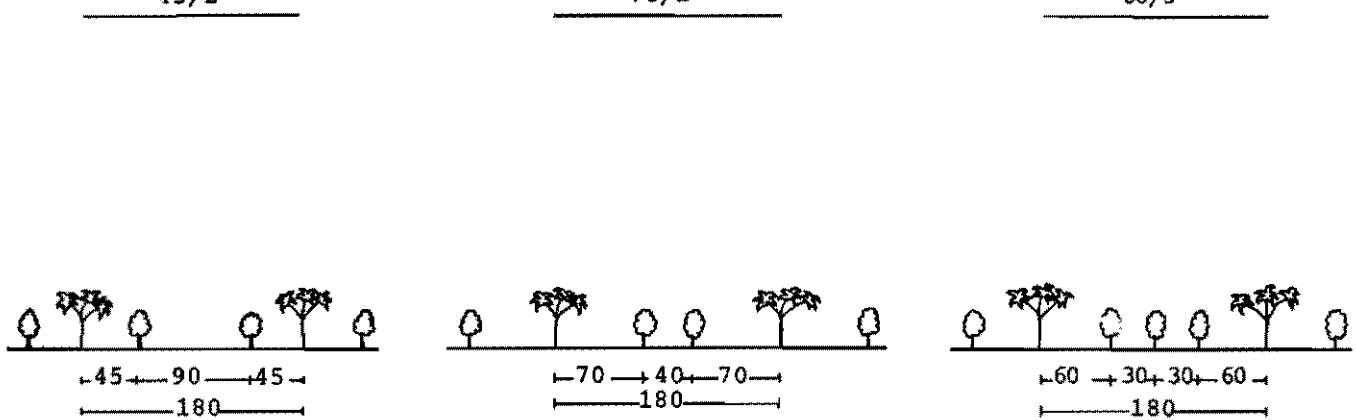


Figura 6. Arreglos espaciales para yuca con leguminosas con la siembra en plano

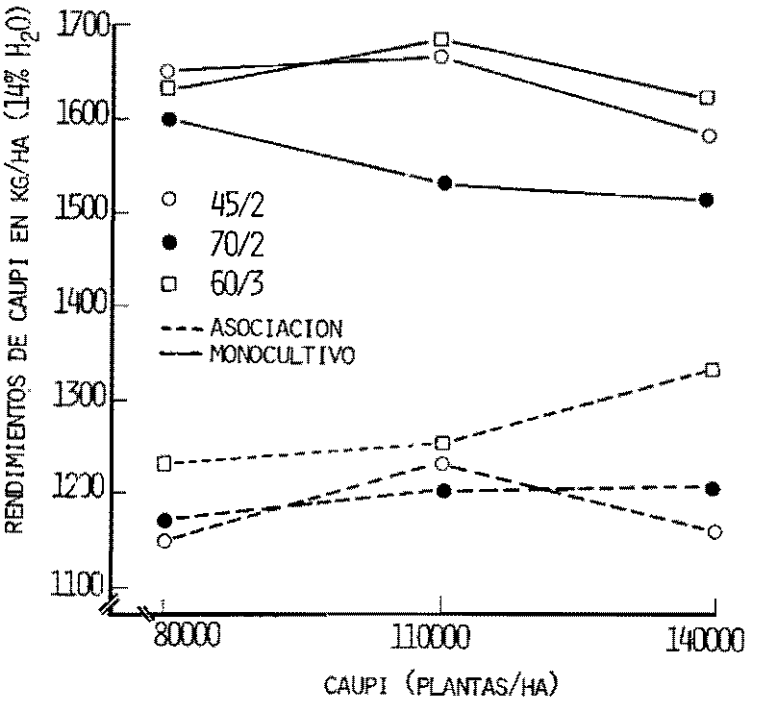


Figura 7. Respuesta del rendimiento de Caupi a tres arreglos espaciales en tres densidades de siembra.

acomodar las hileras de leguminosas. Evaluando tres arreglos de hileras de caupí con yuca sembrada en plano (Fig. 6) se encontró que una distribución pareja de las leguminosas, utilizando al máximo el espacio disponible entre la yuca (arreglo 60/3) tiene ventajas sobre los otros arreglos, aún utilizando diferentes densidades de siembra. El arreglo 70/2 por el contrario dió el resultado menos favorable, posiblemente por un elevado nivel de competencia del caupí entre sí (competencia intraespecífica) (Fig. 7).

Estos resultados sugieren que entre más uniforme se distribuya la leguminosa en el espacio disponible entre las hileras de yuca, mayor es su rendimiento debido al mejor aprovechamiento de los recursos combinado con poca competencia intraespecífica. Sin embargo, no se recomienda un acercamiento demasiado estrecho entre hileras de yuca y leguminosas ya que esto aumentaría la competencia entre los dos cultivos (competencia interespecífica).

Nutrición mineral y fertilización

La asociación de cultivos ha sido considerada ventajosa por su efecto conservador del suelo. Burgos (1980) informa que en varias asociaciones de yuca con otros cultivos, la absorción de nutrimentos por los cultivos fue superior a la pérdida de nutrimentos por lavado y erosión mientras que en el monocultivo de yuca, la pérdida de nutrimentos por lavado y erosión superaba varias veces la absorción por el cultivo. Por otro lado, la asociación de yuca con otro(s) cultivo(s) representa una intensificación en la demanda por nutrimentos, sobre todo cuando los cultivos asociados se siembran con densidades normales de monocultivo. En esta situación, la remoción de algunos elementos del suelo es mayor en la asociación que en el monocultivo de yuca (Cuadro V) y sin reponerlos con una fertilización adecuada se llegaría muy rápido a un deterioro en la fertilidad del suelo.

Muchas preguntas se tienen que contestar acerca de la fertilización correcta de un sistema asociado, tales como los requerimientos de nutrientes y las respuestas a elementos individuales de los cultivos, posibles cambios de las respuestas en la asociación, aspectos de competencia y complementación, el modo correcto de aplicación de los nutrimentos (voleo o banda), el tiempo apropiado para la aplicación y las fuentes más adecuadas de elementos para fertilizar los cultivos asociados. Aún no se tienen respuestas a todas estas preguntas pero en lo siguiente se dará alguna información disponible.

Requerimientos nutricionales de la yuca y cultivos asociados.

La yuca remueve cantidades relativamente grandes de N y K del suelo, más aún cuando la parte aérea de la planta no se devuelve al campo. Sin embargo, el rendimiento de raíces sólo responde en forma moderada a la fertilización con estos elementos, a excepción de una producción

contínua prolongada de yuca, cuando el requerimiento de K se hace más acentuado. En muchos suelos pobres, la yuca responde en forma más marcada a la aplicación de P aunque remueve sólo pequeñas cantidades de este elemento del suelo. En estos suelos también adquiere alguna importancia la nutrición con Mg, S y en particular con Zn (Howeler, 1981).

Las diferentes especies de leguminosas de ciclo corto tienen requerimientos nutricionales similares entre sí. Remueven grandes cantidades de N pero tienen la capacidad de fijar N para satisfacer parcialmente este requerimiento. En muchos suelos pobres, también responden marcadamente a P sin remover grandes cantidades de este elemento. Requerimientos específicos se observan con respecto a elementos menores como el B (Howeler *et at* 1978) y el Zn (CIAT 1977); en algunos casos como en el del maní, el Ca. también adquiere importancia nutricional.

CUADRO V. REMOCION DE NUTRIENTES DEL SUELO CON LOS PRODUCTOS DE COSECHA (RAICES Y GRANOS) DE UNA ASOCIACION YUCA-FRIJOL MUNGO, COMPARADO CON EL MONOCULTIVO DE YUCA *

SISTEMA	NUTRIENTES REMOVIDOS KG/HA					
	N	P	K	CA	MG	S
YUCA MONOCULTIVO	40	5	78	19	8	6
ASOCIACION YUCA-MUNGO	90	11	84	18	10	9

* Los rendimientos de la yuca fueron 18.7 t/ha de raíces frescas en monocultivo y 15.2 t/ha en asociación, el Mungo Rindio 1346 kg/ha de grano al 14% H_2O. El sistema recibió una fertilización de 50- 44- 83-10- 1 kg/ha de N, P , K , ZN y B, respectivamente.

En el maíz, el mayor requerimiento es de N, seguido por P y K, para un desarrollo y rendimiento bueno. En muchos suelos pobres, el P adquiere una importancia primordial como elemento mayor y el Zn y B como micronutrientes (CIAT, 1973).

Selección de cultivos intercalados con adaptación a suelos ácidos infértiles

La corrección de las deficiencias de un suelo pobre en nutrimentos a través de la aplicación de fertilizantes es biológicamente justificable pero antieconómico debido a la alta cantidad de fertilizantes requeridos y a su elevado costo. Sin embargo una alternativa para obtener buenos rendimientos en suelos de baja fertilidad es seleccionar cultivos que se adapten bien a las condiciones de deficiencia nutricional y que con pocos insumos produzcan rendimientos aceptables. La yuca es uno de los cultivos que por excelencia llena estos requisitos.

En un oxisol de los Llanos Orientales se examinó la reacción de seis cultivos: fríjol común de semilla colorada, fríjol común de semilla negra, maíz, arroz, caupí y yuca - a la acidez y el nivel de fertilidad del suelo, aplicando 0, 0.5, 2, y 6 t/ha de cal agrícola. La yuca sin la aplicación de cal rindió aproximadamente 53% del rendimiento máximo obtenido con 6 t de cal/ha y con sólo 0.5 t de cal/ha, la producción de raíces fue de 76% del rendimiento máximo. En cambio, la producción de fríjol común (colorado y negro), de maíz y de arroz sin cal fue casi nula y sólo con 2 a 6 t de cal/ha se obtuvieron rendimientos moderados. El único cultivo semejante a la yuca en tolerancia a la acidez y baja fertilidad fue el caupí, rindiendo casi el 60% del rendimiento máximo sin cal y más del 80% con 0.5 t cal/ha (Cock y Howeler, 1979).

Con el propósito de evaluar tanto la tolerancia a infertilidad y acidez como la aptitud para el asocio con yuca, se examinó una amplia colección de leguminosas incluyendo 61 variedades de caupí, 66 variedades de mungo (Vigna radiata), 14 variedades de guandul (Cajanus cajan), 9 variedades de fríjol alado (Psophocarpus tetragonolobus) 2 variedades de fríjol terciopelo (Stizolobium derringianum), una variedad de maní (Arachis hypogaea) y dos especies de canavalia (ensiformis y gladiata), en un inceptisol 1/ ácido e infértil de CIAT-Quilichao, situado en el departamento del Cauca, al sur de Cali, Colombia. De todas estas especies mostraron adaptación sobresaliente el caupí y el maní como especies para asociar con yuca en siembra simultánea y el fríjol terciopelo para asociar con yuca adulta. Las otras especies en parte no toleraron las condiciones de extrema acidez, infertilidad y toxicidad del suelo (mungo, fríjol alado) y en parte no mostraron un hábito de crecimiento adecuado para la asociación (guandul, canavalias) (CIAT, 1979, Hegewald y Leihner, 1980).

Respuesta a la fertilización en monocultivo y asociación

La respuesta a los principales elementos tanto de la yuca como de los cultivos más frecuentemente asociados con ella (leguminosas de

1/ Para las características de este suelo, consultar el informe anual del CIAT, 1977, pág. A-44, Tabla 26.

grano, maíz) fue ampliamente estudiada en monocultivo bajo diferentes condiciones de suelo. Para sistemas asociados es importante reconocer que la respuesta en asocio puede diferir marcadamente de la del monocultivo.

En el suelo[1/] de mediana fertilidad de Caribia (costa norte de Colombia) se condujeron ensayos para establecer la respuesta de yuca y caupí a N y K en monocultivo y asociación. Se encontró una diferencia fundamental entre la respuesta a incrementos de N y K de la yuca en monocultivo comparado con yuca asociada. En monocultivo, el rendimiento de raíces mostró una respuesta positiva sólo hasta el primer incremento de N y K decayendo con niveles más altos de cada uno de los dos elementos (Fig. 8, datos de K no presentados). Sobre todo con N se estimuló el crecimiento de la parte aérea y la reducción del rendimiento de raíces posiblemente fue causada por un incremento excesivo del índice área foliar, pasándose del óptimo (Cock et al 1979) de 3-4. En cambio, la yuca asociada con caupí mostró una respuesta positiva del rendimiento de raíces hasta los máximos niveles de N y K, los rendimientos de yuca en asociación superando aquellos en monocultivo. El caupí por otro lado no reveló respuesta alguna a N o K y no se produjo una diferencia entre el comportamiento en monocultivo y asociación.

Una situación distinta se registró conduciendo el mismo experimento con incrementos de P en un suelo altamente deficiente y fijador de P en CIAT-Quilichao. En estas condiciones, ambos cultivos respondieron en forma positiva con sus rendimientos a incrementos de P, reflejando ante todo la seria deficiencia de este elemento en el suelo (Fig. 9). La respuesta de la yuca fue más marcada en ausencia del caupí (yuca monocultivo), con un aumento del rendimiento hasta el nivel más alto de P mientras en presencia del caupí (asociación) la yuca respondió sólo hasta el segundo incremento de P. El caupí respondió tanto en monocultivo como en la asociación con aumentos del rendimiento hasta el nivel más alto de P aplicado en este ensayo.

De lo anterior se concluye que para asegurar un suministro adecuado y económico de nutrimentos para cultivos asociados, es importante conocer la respuesta a los nutrimentos en la asociación. Esta respuesta a veces exhibe la misma tendencia en monocultivos que en asocio (como fue el caso con P en CIAT-Quilichao), pero también puede ser significativamente diferente (como en el caso de N y K en Caribia). Esto indica que no es seguro derivar conclusiones sobre la fertilización de un sistema asociado sólo de los requerimientos y de la respuesta a fertilización de sus componentes en monocultivo, sino que es necesario el estudio directo del sistema asociado en cuanto a la respuesta a niveles óptimos de cada elemento en diferentes suelos.

Competencia por nutrimentos

La competencia por los nutrimentos en el suelo en cultivos asociados puede involucrar un complejo de factores. Los elementos más solubles y

1/ Para las características de este suelo, consultar el Informe Anual del CIAT 1980, Programa de Yuca, p. 54, Tabla 10.

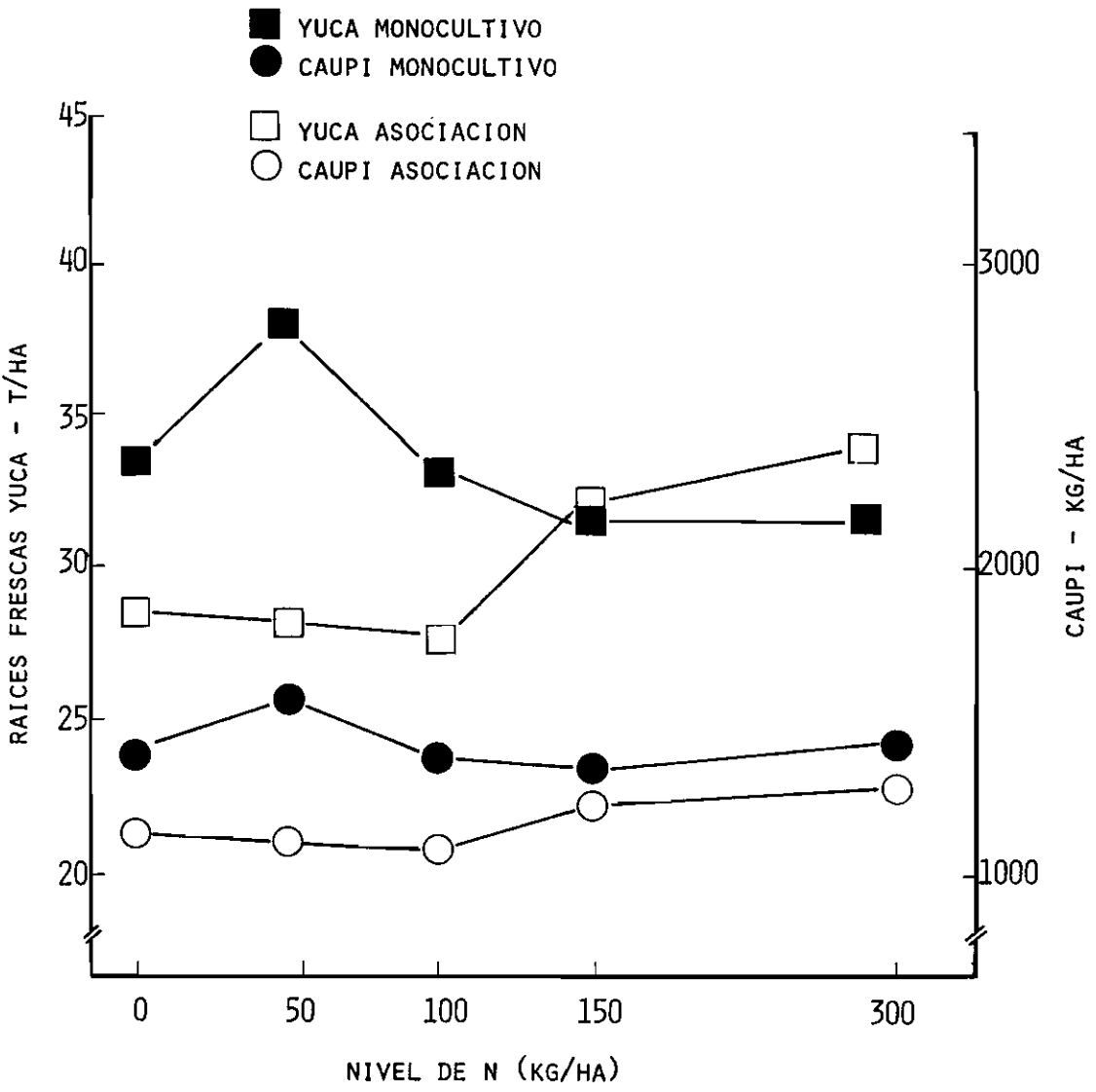


Figura 8. Respuesta a N de Yuca y Caupi en asociación comparado con la respuesta en los respectivos monocultivos. Caribia, 1979.

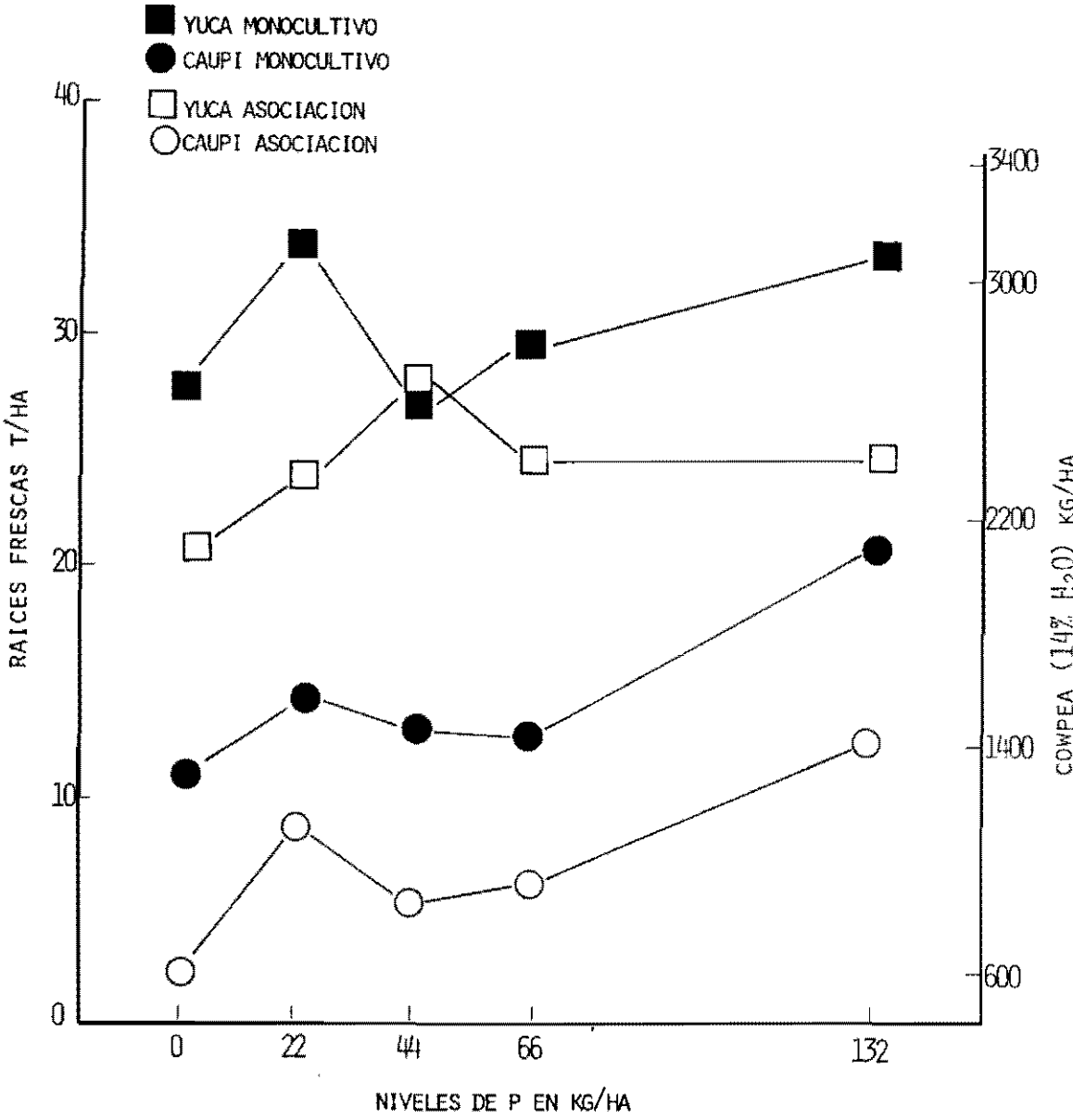


Figura 9. Respuesta a P de Yuca y Caupi en asociación comparado con la respuesta en los respectivos monocultivos. Quilichao 1979.

móviles en el suelo tienden a ser los factores por los cuales se produce la competencia más frecuentemente y más temprano porque las zonas alrededor de las raíces donde estos elementos se agotan, se extienden e interfieren unos con otros más rápidamente (Kurtz et al 1952, Bray 1954).

Diferencias en los requerimientos nutricionales y en la eficiencia de absorción pueden ocasionar competencia entre los cultivos componentes de la asociación y a la vez alterar sus habilidades para competir por luz, agua y otros nutrimentos. Los sistemas radiculares de las mismas o diferentes especies tienden a no entretejerse debido posiblemente tanto a un antagonismo entre raíces como a la tendencia de evitar zonas de humedad agotada (Litav & Wolovitch 1971; Dalal 1974; Raper & Barber 1970; Trenbath 1976). Esto podría ayudar a evitar la competencia por los elementos no móviles pero al mismo tiempo restringe el volumen del suelo que puede ser explorado por las raíces. Tanto la estratificación de los sistemas radiculares (ubicación de raíces de diferentes especies en diferentes profundidades del suelo) como la separación parcial de las raíces podría ayudar a reducir la competencia por nutrientes (Cable 1968; Chang 1969).

En la práctica, la competencia entre especies se observa a través de su desarrollo vegetativo y rendimiento reducido. Como instrumento para observar y evaluar la competencia por nutrimentos se presta tanto la determinación de la respuesta a los nutrimientos en monocultivo y asociación como el análisis directo de tejido de plantas cultivadas solas o en asocio.

A manera de ejemplo, la respuesta de la yuca a N en presencia y ausencia del cultivo asociado indica que la yuca sufrió de competencia por este elemento por parte del caupí. En cambio, la falta de respuesta al N del caupí y la diferencia mínima en rendimiento de grano entre monocultivo y asocio sugiere que el caupí no sufrió competencia por este elemento con la yuca. Esto es lógico puesto que la leguminosa caupí es capaz de suplir sus propios requerimientos de N a través de la simbiosis rizobial.

Si un cultivo sufrió competencia por determinado elemento se reconoce también por medio del análisis de tejidos. En los ensayos sobre respuestas de monocultivos y asociaciones a N, P y K, los datos de análisis foliar confirman las observaciones hechas sobre competencia. Se observa en el Cuadro VI que en el ensayo con N la asociación efectivamente redujo la concentración de este elemento en el follaje de la yuca hasta por debajo del nivel crítico (Howeler et al 1980). En cambio, en el follaje del caupí no se observó reducción alguna en la concentración de N comparando monocultivo y asociación, confirmando que la yuca asociada sí sufrió de competencia por N y que esto no ocurrió en el caupí. (Cuadro VI).

Método de aplicación

El método de aplicación del fertilizante en cultivos asociados es determinado por las características del suelo, el régimen pluviométrico, el tipo de fertilizante y por los mismos cultivos.

CUADRO VI. EL EFECTO DE LA APLICACION EN BANDA DE NIVELES DE N SOBRE LA CONCENTRACION DE N EN LAS HOJAS DE YUCA Y CAUPI SEMBRADOS EN MONOCULTIVO E INTERCALADO. CARIBIA, 1979-1980

Nivel de N - Kg/Ha	Yuca		Caupi	
	Monocultivo	Intercalado	Monocultivo	Intercalado
	% N			
0	5.04	4.82	4.76	4.51
50	5.35	4.84	4.54	4.62
100	5.24	4.54	4.34	4.45
150	4.73	4.54	4.23	4.51
300	5.24	4.82	4.82	4.56
Porcentaje Promedio Relativo al Monocultivo	100	92	100	100

En un suelo arenoso, cuando la aplicación de fertilizantes se hace al voleo hay mayores pérdidas por lavado que cuando se aplica en banda. Los suelos acidos tropicales generalmente fijan el P. contribuyendo a una mayor pérdida del fertilizante especialmente cuando se usan fuentes muy solubles de P. esperandose un mejor resultado cuando la aplicación se hace en banda. En un oxisol de Carimagua con yuca sembrada en caballones durante la época lluviosa, los mejores resultados se obtuvieron con la aplica - ción de la mitad del fertilizante al voleo y la otra mitad en banda. Cuando la siembra se hizo en la época seca y en plano fue mejor la aplicación de todo el fertilizante al voleo (Howeler 1981). En general, los fertili - zantes de baja solubilidad tales como cal agrícola, cal dolomítica, esco - rias Thomas o rocas fosfóricas, son mejor aprovechados cuando se aplican al voleo (con incorporación), mientras que los fertilizantes de alta con - centración y solubilidad se aprovechan mejor cuando la aplicación se hace en banda.

Los cultivos anuales asociados con yuca tales como las leguminosas o el maíz tienen sistemas radiculares profundos y ramificados. En cambio, la yuca tiene un sistema radicular escaso y superficial con pocos pelos absorbentes, pero es ayudada en la absorción de varios nutrientes por la asociación con micorrizas (Howeler, 1981). Esto implica que la eficiencia de

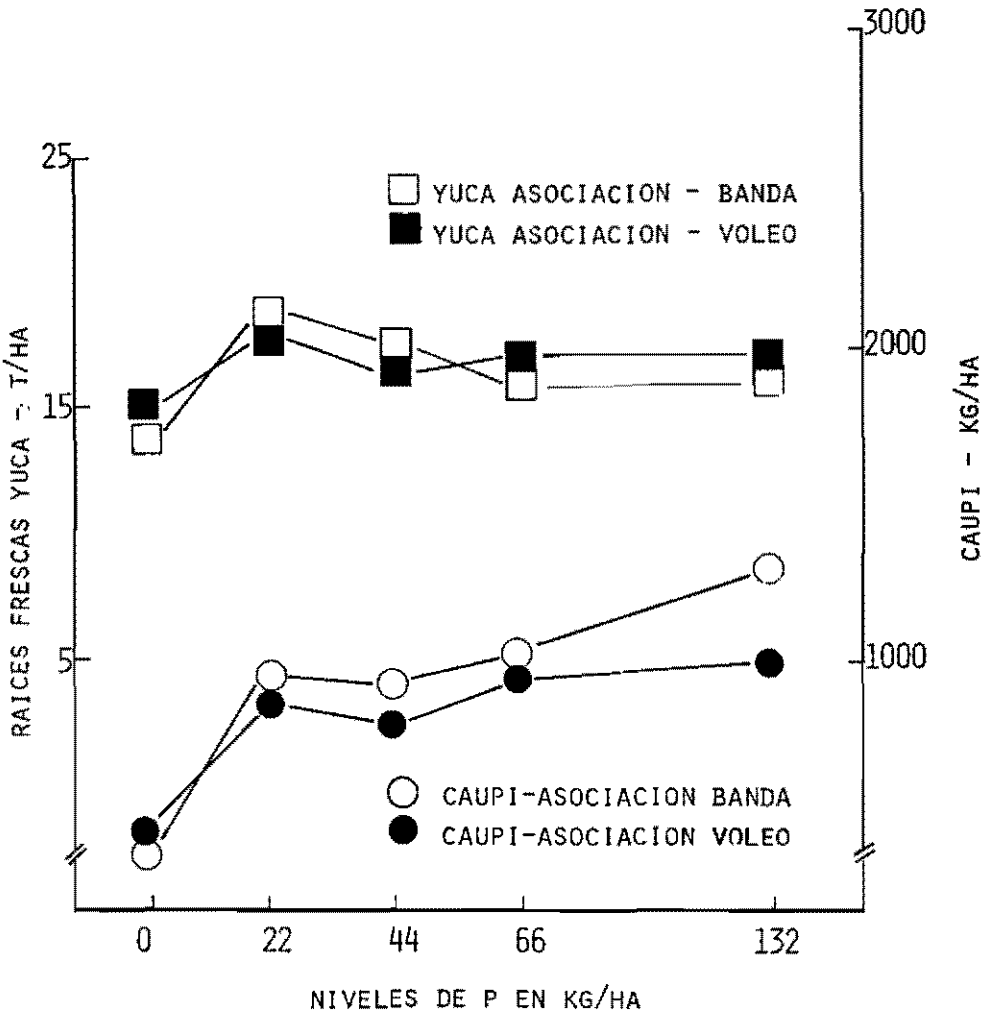


Figura 10. Respuesta de Yuca y Caupi en Asociación a la aplicación de P (Superfosfato Triple) en banda y al voleo, Quilichao 1980.

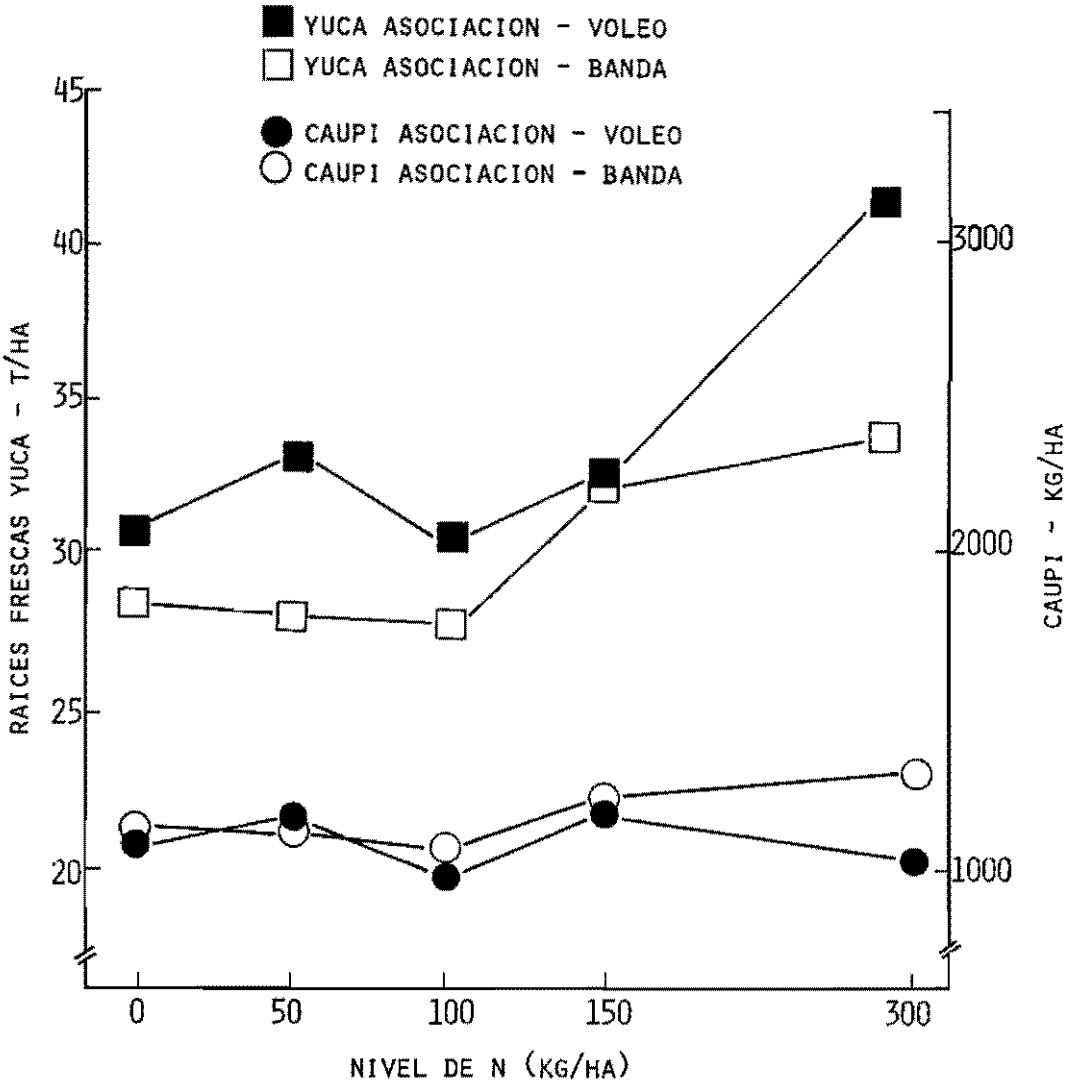


Figura 11. Respuesta de Yuca y Caupi en asociación a la aplicación de N (Urea) en banda y al voleo, cinco niveles de N. Caribia 1979.

absorción tanto de la yuca como de los cultivos anuales asociados con ella puede ser similar, a pesar de la desimilitud morfológica de sus sistemas radiculares. Así el método de aplicación del fertilizante en cultivos asociados se podría regir más por las condiciones de suelo, clima y por el tipo de fertilizante a aplicar que por las características de absorción de los cultivos que probablemente no difieren entre monocultivo y asociación.

Lo anterior lo indican los resultados obtenidos en Quilichao y Caribia, aplicando NPK en asociaciones de yuca con caupí al voleo y en banda. Con P, aplicado en la forma soluble de superfosfato triple en un suelo fijador de P en Quilichao, el caupí respondió ligeramente mejor a la aplicación en banda, mientras que para la yuca fué indiferente la aplicación al voleo o en banda (Fig.10). En Caribia aplicando N en forma de urea que es otra fuente de alta solubilidad, el caupí no mostró respuesta significativamente diferente a la aplicación en banda o al voleo pero numéricamente fueron un poco más altos los rendimientos con la aplicación en banda. Sorprendentemente, la yuca respondió mejor a la aplicación al voleo, una observación que no tiene interpretación sencilla (Fig.11). Finalmente, en el caso de K, aplicado como cloruro de potasio, ni la yuca ni el caupí mostraron diferencias claras compararando los dos métodos de aplicación (datos no presentados).

Manejo de pestes

Los brotes epidémicos de pestes (plagas, enfermedades y malezas) constituyen una de las mas serias amenazas para la producción agrícola en el trópico. Las epidemias son favorecidas por cultivos morfológica y genéticamente uniformes de gran extensión (monocultivos) (Pimentel 1961, South - wood an Way 1970, Nickel 1973). En cambio, la mezcla en el mismo campo de cultivos con base genética diferente (no necesariamente con morfología diferente) no provee el sustrato uniforme para que las pestes multipliquen y tomen dimensiones epidémicas. Se cree que esta es una de las causas para la mayor estabilidad de los sistemas de cultivo mixto (Depster and Coaker 1974, Litsinger and Moody 1976, Altieri et al 1978).

Plagas

Con excepción de muy pocos ejemplos (Bodkin 1912, Rao 1970), la yuca y los cultivos mas frecuentemente asociados con ella son atacados por plagas diferentes. Esto aumenta la probabilidad de una incidencia reducida en siembras mixtas.

Importantes plagas de la yuca, tales como el gusano cachón (Erinnyis ello), la mosca del cogollo (Silba pendula), la mosca blanca (Aleurotra - chelus sp) y el chinche de encaje (Vatiga manihotae) han sido evaluados en yuca monocultivo y en yuca asociada con fríjol (CIAT 1977, Thung y Cock 1979). En general, la incidencia de todas estas plagas mermó en la asociación y las poblaciones más bajas se observaron como resultado combinado de la asociación y el control químico de las plagas con pesticidas .

CUADRO VII. POBLACION DE INSECTOS EN EL MONOCULTIVO DE YUCA Y EN YUCA ASOCIADA CON FRIJOL CON Y SIN APLICACION DE INSECTICIDA. CIAT 1977.

INSECTOS	OBSERVADO EN	YUCA MONOCULTIVO Insecticida		YUCA ASOCIADA Insecticida		% REDUCCION DE LA POBLACION DEBIDO A LA ASOCIACION 1/
		CON	SIN	CON	SIN	
Gusano Cachon (*Erinnyis ello*)	Parcela	0.5	0.8	0.5	0.6	15
Mosca del Cogollo (*Silva pendula*)	Parcela	2.1	2.0	1.5	2.2	10
Mosca Blanca (*Aleurotrachelus* sp.)	En tres Hojas/Planta	7.2	6.5	3.3	4.5	43
Chinche de Encaje (*Vatiga manihotis*)	En Tres Hojas/Planta	4.5	5.6	2.7	3.8	36
		FRIJOL MONOCULTIVO		FRIJOL ASOCIADO		
Saltahojas (*Empoasca kraemeri*)	20 m^2	89	229	80	216	7
Crisomelidos (*Diabrotica* y *Cerotoma*)	20 m^2	3	6	3	4	22
Trips	6.45 m^2	2	14	6	12	--

1/ Promedio entre con y sin insecticida

En el cuadro VII se muestran los conteos para cada insecto en los diferentes sistemas y se dá el procentaje promedio de reducción en la incidencia de la plaga debido a la asociación. En la misma forma se observan incidencias reducidas del saltahojas (Empoasca kraemeri), de dos crisomélidos (Diabrotica balteata y Cerotoma ruficornis) y de trips en el frijol asociado comparado con el monocultivo (Cuadro VII) Estas observaciones son confirmadas por datos obtenidos en Costa Rica (Araujo y Moreno 1978). Además de indicar el potencial de control de plagas del sistema asociado en ausencia de otras medidas de control, estos datos sugieren que es posible complementar el sistema de producción asociada con un control químico moderado y aún obtener mejores resultados de control. Donde en un monocultivo comercial se requieren cuatro a seis aplicaciones de un pesticida, pueden ser suficientes una o dos en la asociación.

En la asociación de yuca con frijol aquí mencionada, el rendimiento de la yuca fué poco reducido por el frijol asociado cuando no se hizo control químico de insectos y los rendimientos del frijol solo y asociado fueron casi idénticos en ausencia de control de insectos. Por lo tanto, en el caso de no usar insumos para el control de insectos, fué mas provechoso haber sembrado la asociación donde en una hectárea se obtuvo casi la misma producción de yuca y frijol juntos que en dos hectáreas de estos cultivos por separado. Los resultados muestran la gran ventaja de la asociación bajo condiciones de un uso mínimo de insumos.

Enfermedades

La diversidad genética entre los cultivos que se siembran en asocio es uno de los factores mas importantes que pueden modificar la incidencia y severidad de las enfermedades. Además, la disimilitud morfológica entre las plantas, puede producir un efecto adicional en este sentido, p.e. a través de formación de barreras contra patógenos diseminados por el viento o el agua. Sin embargo, hay que diferenciar según los patógenos y las combinaciones de cultivos ya que en algunos casos, también se ha informado de efectos patológicos adversos en cultivos asociados con la yuca y viceversa.

Así se informa desde Sri Lanka que la asociación de yuca con caucho fomenta la infestación de ambos cultivos por el hongo Fomes lignosus (Anonymus, 1943). Moreno (1979) informa de mayor incidencia y severidad del mildiu polvoriento (Oidium manihotis)en yuca asociada con maíz, comparado con el monocultivo. Lozano (comunicación personal 1981) sostiene que tanto la yuca como el frijol son atacados por los mismos patógenos del suelo tales como los géneros Rhizoctonia, Sclerotinia, Sclerotium, Fusarium, Verticillium y Fomes, causantes de pudriciones radiculares o del hipocotilo.

Por otro lado, Larios y Moreno (1976) y Moreno (1979) analizaron la situación patogénica de diferentes asociaciones con yuca y encontraron que el asocio yuca-maíz retrasa el desarrollo del superalargamiento de la yuca (Sphaceloma manihoticola) y reduce, al mismo tiempo, la incidencia y severidad de la roya (Uromyces manihotis). Los mismos autores afirman que asociaciones de yuca con frijol reducen la incidencia y severidad del mildiú polvoriento, del superalargamiento, de la roya (Cuadro VIII) y de la muerte descendente (Collototricum sp.) bajo condiciones del CATIE en Costa Rica.

Cuadro VIII. INCIDENCIA Y SEVERIDAD MAXIMAS DE LA ROYA DE LA YUCA (UROMYCES MANIHOTIS) EN CINCO DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO EN CATIE, COSTA RICA (MORENO, 1979).

Sistema de Cultivo	Maximas de Incidencia (%)	Severidad (%)
Yuca	67.7	2.85
Yuca + Camote	60.0	2.11
Yuca + Maíz	52.6	1.86
Yuca + Frijol	56.6	1.67
Yuca + Maíz + Frijol	47.2	1.17

Cuadro IX. EFECTO DE LA ASOCIACION DE YUCA CON MAIZ Y MELON SOBRE LA INCIDENCIA DE LA BACTORIOSIS DE YUCA (XANTHOMONAS MANIHOTIS) EN UMUDIKE, NIGERIA (ENE, 1977).

Sistema de Cultivo	Promedio de la Incidencia %
Yuca	20.3 a 1/
Yuca + Maíz	16.9 b
Yuca + Melón	18.9 b
Yuca + Maíz + Melón	14.1 b

1/ Promedios no seguidos por la misma letra son significativamente diferentes al 5%

Cuadro X. SEVERIDAD DE LA MANCHA ANGULAR DEL FRIJOL COMUN (ISARIOPSIS GRISEOLA) EN DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO EN CATIE, COSTA RICA (MORENO, 1979).

Sistema de Cultivo	Severidad en tres estados de desarrollo del frijol		
	Pre-Floración	Floración	Vainas Verdes
Frijol	10.23 2/	14.37	19.56
Frijol + Maíz 1/	10.31	17.77	21.33
Frijol + Yuca	10.81	13.61	18.88
Frijol ± Camote	10.26	13.13	18.89
Frijol + Maíz ± Camote	10.46	16.11	21.03
Frijol + Maíz + Yuca	10.26	16.40	21.44

1/ = significa asociación simultanea, el cultivo asociado con frijol se sembro 30 días después.

2/ Datos calculados atravez de una modificacion del indice McKinney y transformados con (X + 0.5) 1/2

Dos informes de Nigeria (Arene 1976, Ene 1977) afirman que la infestación de la yuca con bacteriosis (Xanthomonas manihotis) es reducida en asocia - ciones de yuca con maíz, melón u otros cultivos, comparado con yuca sola, posiblemente a través de una mejor cobertura del suelo que evita el salpique de suelo infectado por la bacteria (Cuadro IX).

El efecto de la yuca sobre la situación patogénica en los cultivos asociados también presenta diferencias según patógeno y sistema. Mientras parecen no existir informes sobre algún cambio en el estado de sanidad del maíz a raíz de intercalarlo con yuca, si hay información sobre frijol y caupí. Moreno (1979) afirma que el desarrollo epidémico de la mancha angular (Isariopsis griseola) en el frijol común es mas lento en asociaciones de yuca y con camote pero más rápido en asociación con maíz (cuadro X). El autor sugiere que el efecto favorable de la yuca podría consistir en evitar un impacto directo de la lluvia al frijol, ya que la diseminación de la enfermedad ocurre a través del salpique de gotas de agua con inóculo (Cardona y Walker 1956). Moreno (1979) también estudió la infestación del

caupí por virus (Mosaico común del caupí y mosáico clorótico del caupí)trasmitido por crisomélidos. En la siembra simultánea de caupí con yuca, no se observó diferencia alguna entre el progreso de la infestación en la asociación caupí-yuca comparado con el monocultivo de caupí. En cambio, sembrando caupí bajo yuca adulta al final de su ciclo vegetativo redujo tanto el progreso de la infestación como el grado de infestación máxima por las dos virosis. La actividad reducida de los vectores debido a la reducida incidencia de radiación solar bajo la yuca fué probablemente la causa de esta baja incidencia viral en la asociación.

Los ejemplos citados aquí demuestran, en términos generales, el buen potencial de control de enfermedades del sistema asociado, comparado con los monocultivos. Para el manejo de enfermedades en cultivos asociados con yuca, esto - al igual que en el caso de las plagas - significa un requerimiento reducido de insumos agroquímicos para su control. Sin embargo, la asociación indiscriminada de cultivos también puede favorecer el desarrollo de problemas patogénicos cuando existen condiciones especialmente propicias para ello. Un manejo adecuado de las enfermedades en cultivos asociados debe tener esto en cuanta evitando la asociación de especies en condiciones donde el asocio podría agravar en vez de aliviar los problemas patogénicos.

Malezas

Una de las ventajas de sembrar más de un solo cultivo simultáneamente en el mismo campo es la mayor cobertura lograda desde temprano por las plantas. Esto reduce la penetración de luz al suelo lo que a su vez merma el crecimiento de las malezas. Cleave (1974) opina que los sistemas de cultivos intercalados pueden haber surgido específicamente por el reducido control de malezas necesario en ellos.

Potencial biológico para reducir malezas. En monocultivos de yuca, el problema del espacio no cubierto por el cultivo en su fase de crecimiento inicial es particularmente severo debido al desarrollo lento del cultivo y al espaciamiento distanciado entre plantas para acomodar el crecimiento posterior. De ahí que un cultivo asociado que cubra rápidamente el suelo sin competir excesivamente con la yuca pueda hacer una contribución importante al control cultural de las malezas en yuca.

CIAT (1979) y Leihner (1980b) analizaron el control de malezas comparando el monocultivo de yuca con una asociación yuca-frijol en CIAT, Colombia. Sin otra clase de control, el solo hecho de intercalar la yuca con el frijol redujo la cantidad total de las malezas a un 30%, 47% y 33% de la cantidad observada en el monocultivo a los 45, 90 y 135 días después de la siembra. La observación a los 135 días indica que hubo un efecto de control residual ya que el frijol se cosechó a los 105 días después de la siembra. Solo a los 180 días la cantidad de malezas donde había asociación alcanzó el mismo nivel que en el monocultivo (Fig.12).

En el sistema asociado, el rendimiento de la yuca fué igual con o sin un control químico y manual adicionales, en cambio, en el monocultivo, la yuca sufrió una merma en el rendimiento del 40% cuando no hubo control quí-

mico y manual de las malezas. Estos resultados resaltan nuevamente la estabilidad de la producción del cultivo intercalado en condiciones de uso mínimo de insumos comprados lo que sugiere que este sistema podría ser el mas adecuado para el pequeño productor sin medios para comprar insumos (véase también capítulo sobre manejo de plagas en sistemas asociados).

Un control de malezas efectivo y estable fué obtenido, asociando la yuca con una leguminosa perenne (Desmodium heterophyllum). Después de su fase de establecimiento que duró unos 50 días, la cobertura y el control de malezas fueron completas hasta la cosecha de la yuca. Sin embargo, hubo una reducción en el rendimiento de la yuca del 18.9% debido a la baja pero prolongada compentencia entre el cultivo de cobertura y la yuca, un precio relativamente bajo que se pagó por mantener el cultivo libre de malezas durante todo su ciclo vegetativo (CIAT 1979, Leihner 1980b).

Control químico de malezas. Para el uso de herbicidas en asociaciones de cultivos con yuca, el factor mas limitante ha sido la información sobre selectividad de los productos para varios cultivos al mismo tiempo. La deficiencia de información es debida a que los herbicidas usualmente son desarrollados para los monocultivos comerciales a gran escala y no para los cultivos alimenticios del pequeño productor.

Considerando esta deficiencia de información se ha iniciado alguna investigación tendiente a identificar productos, mezclas y métodos de aplicación adecuadas para cultivos intercalados con yuca (López y Leihner 1981). A tráves de esta investigación se identificaron herbicidas pre-emergentes para uso en asociaciones de yuca con maíz y yuca con frijol común, caupí, mungo y maní. También existe una recomendación para el asocio de yuca con maíz y ñame (Cuadro XI). Además de usar herbicidas con selectividad para diferentes cultivos, el agricultor se puede valer de otros principios para obtener mayor selectividad : El uso de dosis bajas y la aplicación pre-siembra de los productos. Usando dosis bajas de los herbicidas disminuye el riesgo de un efecto fitotóxico a los cultivos pero también merma la eficiencia y duración del control. Sin embargo, en el sistema asociado se logra una cobertura por los cultivos mas temprana que en el monocultivo, razón por la cual el período de control efectivo necesario también disminuye. Con respecto al tiempo de la aplicación, se obtiene una ganancia adicional en selectividad si el pre-emergente no se aplica inmediatamente después de la siembra, de acuerdo con la práctica tradicional, sino algunos días o inclusive hasta varias semanas antes de la siembra. Esto es posible sobre todo con los pre-emergentes de acción prolongada. Por ejemplo, en CIAT se observó un notorio aumento en la selectividad del Oxifluorfén en la asociación yuca-maní cuando el herbicida fué aplicado antes de la siembra.

Control integrado de malezas. Frecuentemente, la combinación de varios métodos de control resulta en mayor eficiencia y economía. En CIAT, un control de malezas excelente y económico se obtuvo en un cultivo de yuca asociado con frijol común, aprovechando el efecto de cobertura temprana del frijol y complementándolo con la aplicación de un herbicida pre-emergente, el cual también se aplicó en el monocultivo de yuca. Mientras en el monocultivo de yuca el efecto de control del herbicida solo ya se había

perdido antes de los 90 días después de la siembra, la acción integrada del cultivo intercalado junto con el herbicida mantuvo un control bueno de las malezas hasta mas allá de los seis meses después de la siembra (CIAT 1978, Leihner 1980b). El mismo concepto de la integración de métodos para controlar malezas fué evaluado en la costa norte de Colombia (ICA-Caribia) donde predomina una maleza difícil de combatir, el coquito (Cyperus rotundus L.)

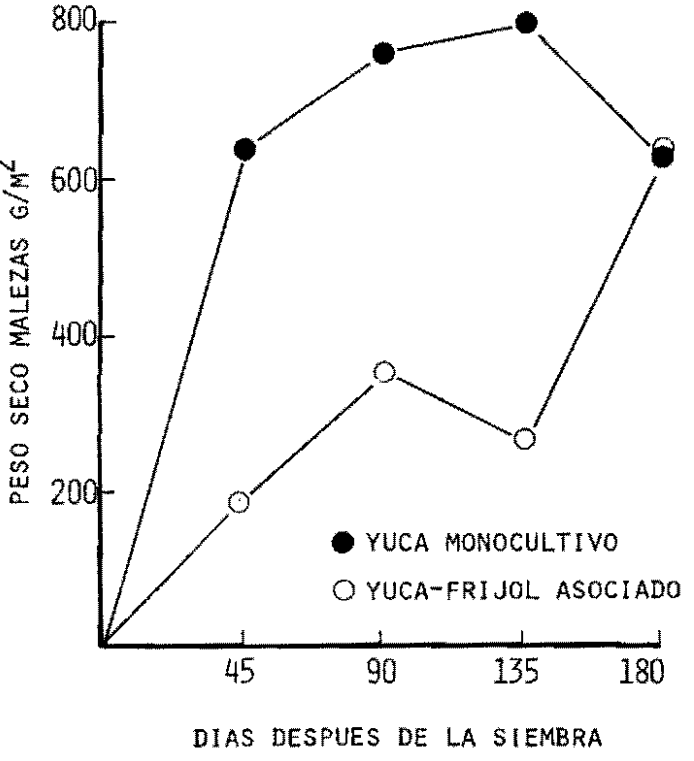


Fig. 12 Incremento del peso seco de las malezas en yuca monocultivo comparado con una asociación yuca-frijol sin el empleo de otros insumos para el control de malezas CIAT, 1978.

Cuadro XI. HERBICIDAS PRE-EMERGENTES PARA CULTIVOS ASOCIADOS CON YUCA.

Producto o Mezcla	Dosis 1/ Kg I.A./Ha	Modo de Aplicación	Selectivo para Asociaciones de...
Linuron + Fluorodifen	0.25 - 0.50 1.50 - 2.10	Post-Siembra	Yuca con frijol común, Caupi y Mungo
Linuron + Metolachlor	0.25 - 0.50 1.00 - 1.50	Post-Siembra	Yuca con frijol común Caupi, Mungo, Maní, y Maíz.
Oxadiazon + Alachlor	0.25 - 0.50 0.90 - 1.40	1-2 semanas antes o post siembra	Yuca con Maíz
Diuron + Alachlor	0.80 - 1.20 0.90 - 1.40	Post-Siembra	Yuca con Maíz y ñame
Oxifluorfen	0.25 - 0.50	1-2 semanas antes de la siembra	Yuca con Maní

1/ Las dos dosis suministradas para cada producto se usan: Las bajas en suelos livianos y las altas en suelos pesados. En las mezclas, las cantidades de ambos productos se agregan para formar la mezcla de tanque

El mejor control fué obtenido aplicando un herbicida sistémico al coquito antes de la preparación para la siembra e intercalando yuca con mungo, una leguminosa de grano que combina una rápida cobertura del suelo con un nivel bajo de competencia con la yuca (Leihner 1980a, CIAT 1980).

Evaluación de sistemas intercalados

El sistema de cultivos intercalados se adopta tanto por razones biológicas como económicas. Es bien sabido que un área sembrada con dos o más cultivos en forma intercalada puede dar una producción total mas alta que sembrando los cultivos por separado en la misma superficie total. Sin embargo, no solo importa la productividad biológica sino el resultado económico que se obtiene de la asociación. Por lo tanto, es esencial conocer la metodología que permite establecer si realmente se obtuvieron ventajas biológicas y económicas del sistema adoptado.

Evaluación biológica

Se parte de la base de que los cultivos intercalados sean igualmente aceptables para el agricultor y que de ambos se quiera obtener la mayor producción biológica posible. Para esta situación el concepto del "Indice Equivalente de Tierra" (IET) (IRRI 1973, IRRI 1974, Mead y Willey 1980) es de utilidad sobresaliente para expresar y evaluar :

- La ventaja en producción biológica total del sistema asociado comparado con el monocultivo.

- La ventaja de una combinación de cultivos sobre la combinación de otros cultivos.

- La ventaja de una práctica agronómica sobre otra dentro del sistema asociado.

- La eficiencia de un sistema comparado con otro en el uso de la tierra, y

- La situación de competencia entre los componentes de la asociación.

El IET es la suma de dos o mas cocientes (dependiendo del número de cultivos que intervienen en la asociación) y se calcula como sigue:

$$IET = {}^{I}x + {}^{I}y = \frac{A_x}{M_x} + \frac{A_y}{M_y}, \text{ donde}$$

I_x e I_y son los IET's individuales de cada cultivo los cuales se suman para dar el IET del sistema. Los IET's individuales se calculan dividiendo el rendimiento del cultivo 'x' en asociación, A_x, por el rendimiento de la misma especie en monocultivo M_x. En la misma forma se calcula el IET individual del cultivo y, dividiendo el rendimiento A_y (asociación) por el rendimiento M_y (monocultivo). Cuando el sistema asociado se compone de tres cultivos individuales, el IET del sistema se compone de tres IET's individuales :

$$IET = I_x + I_y + I_z = \frac{A_x}{M_x} + \frac{A_y}{M_y} + \frac{A_z}{M_z}$$

Estrictamente definido de acuerdo con la forma de calcularlo, el IET representa el área relativa de tierra cultivada en monocultivo necesaria para obtener la misma producción como en la asociación. Normalmente, los rendimientos de cada componente son mas altos en monocultivo que en asociación, por lo tanto se necesita menos área en monocultivo para obtener la misma producción obtenida en la asociación. Esto se manifiesta en cocientes A/M con valores menores de 1. Sin embargo, como los cultivos se siembran por separado en el monocultivo, el área total ocupada por ellos resulta mayor de lo que ocupa la asociación para llegar a la misma producción biológica, ya que las areas individuales se deben sumar para llegar a la superficie total ocupada por los cultivos en siembra separada.

En este articulo se ha puesto énfasis en las prácticas agronómicas mejoradas para siembras intercaladas. La metodología expuesta permitira analizar algunas de estas prácticas a la luz del concepto IET.

Tiempo relativo de siembra

En CIAT, se determinaron los IET para asociaciones de yuca con frijol sembradas en diferentes epocas relativas. Generalmente, con la siembra del frijol antes de la yuca, se obtuvieron valores del IET más altas que sembrando el frijol después de la yuca. El máximo valor se obtuvo con la siembra simultánea indicando la ventaja comparativa de esta práctica y confirmando que en esta forma se obtiene la mas alta productividad biológica total (Fig.13).

Densidades de siembra

Cuatro asociaciones de yuca con frijol fueron sembradas en CIAT para determinar el efecto de la densidad de siembra de yuca sobre la productividad y eficiencia del sistema. En tres de las cuatro combinaciones se encontró un IET relativamente constante a través de un amplio rango de densidades de la yuca indicando que densidades normales de monocultivo se pueden emplear sin perjudicar la eficiencia del sistema asociado (Thung 1978). La misma observación se hizo en Quilichao probando diferentes densidades de caupí en asocio con yuca. En tres arreglos espaciales, el IET se mantuvo estable a través de densidades de siembra del caupí entre 7 y 15 plantas/m^2. Esto confirma que al igual que en la yuca el empleo de densidades corrientes en monocultivo (8-11 pl/m^2 para caupí) no está en detrimento de la productividad total y eficiencia del sistema asociado (Fig. 14) (Fonseca 1981).

Respuesta a la fertilización

Cuando en un cultivo se observa respuesta positiva a la fertilización la respuesta puede tener la misma proporción en la asociación como en el monocultivo, pero también puede ser más pronunciada en el monocultivo. Esto produce una diferencia constante entre rendimientos en monocultivo y asociación o una diferencia cada vez mayor entre los dos rendimientos a medida que se incrementa el nivel de fertilización. Como resultado, el IET individual de un cultivo en la asociación queda constante o baja con niveles mayores de fertilización. Además, el IET del sistema es afectado por cambios en la competencia entre cultivos en asocio cuando se incrementa la fertilidad del suelo. En una asociación de maíz y soya, altos niveles de N rindieron al maíz mas competitivo frente a la soya causando una drástica reducción en el rendimiento de esta. Como consecuencia el IET total del sistema disminuyó con cada incremento de N (Cordero y McCollum 1979).

Una situación parecida fué observada con incrementos de P en la asociación yuca-caupí descrita anteriormente. A partir del segundo nivél de P, el caupí se volvio mas competitivo frente a la yuca, incrementando su rendimiento en asociación en iguales proporciones como en el monocultivo y a la vez causando una depresión en el rendimiento de la yuca. Esto resultó en una pequeña reducción y posterior estabilización del IET del sistema a partir del segundo incremento de P sugiriendo que el nivel óptimo de P para una mayor eficiencia en el uso de la tierra fué de 44 kg/ha (Fig. 15A).

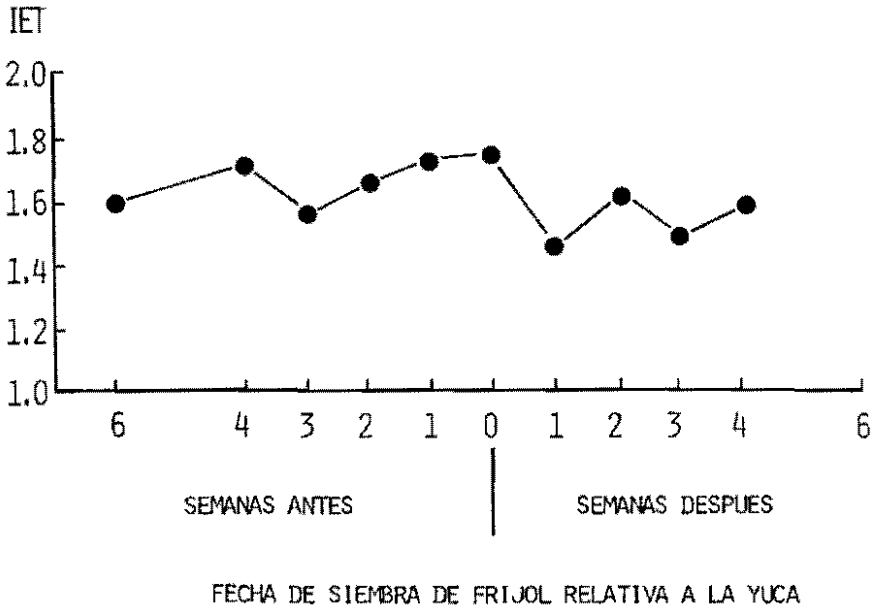


Figura 13. Indice equivalente de tierra en una asociación yuca/frijol en diferentes fechas relativas de siembra.

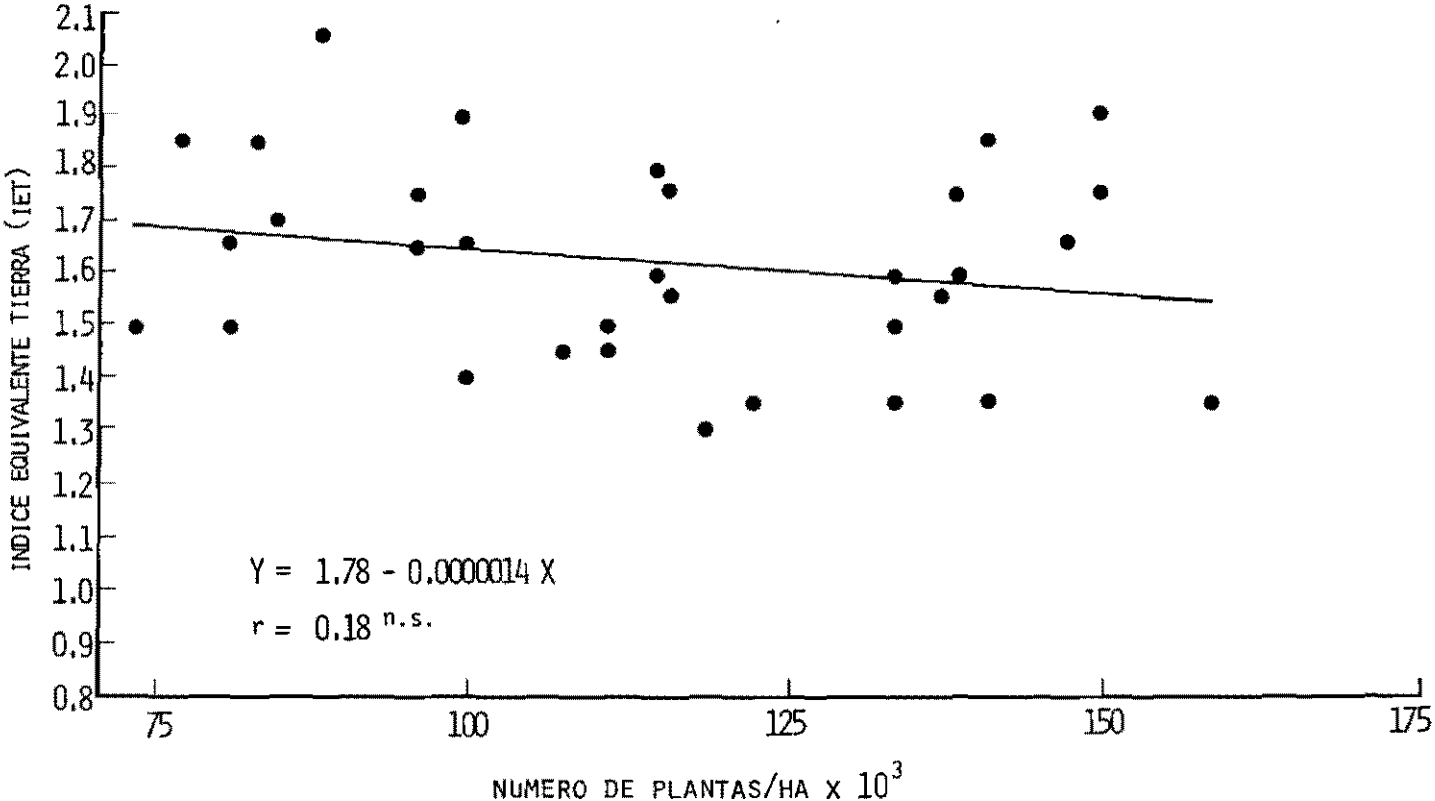


Figura 14. Efecto de la densidad de siembra de Caupi CV. TVX 1836-9E en asociación con una población constante de yuca CV. M Ven 218 sobre el índice equivalente de tierra (IET) del sistema Quilichao 1980.

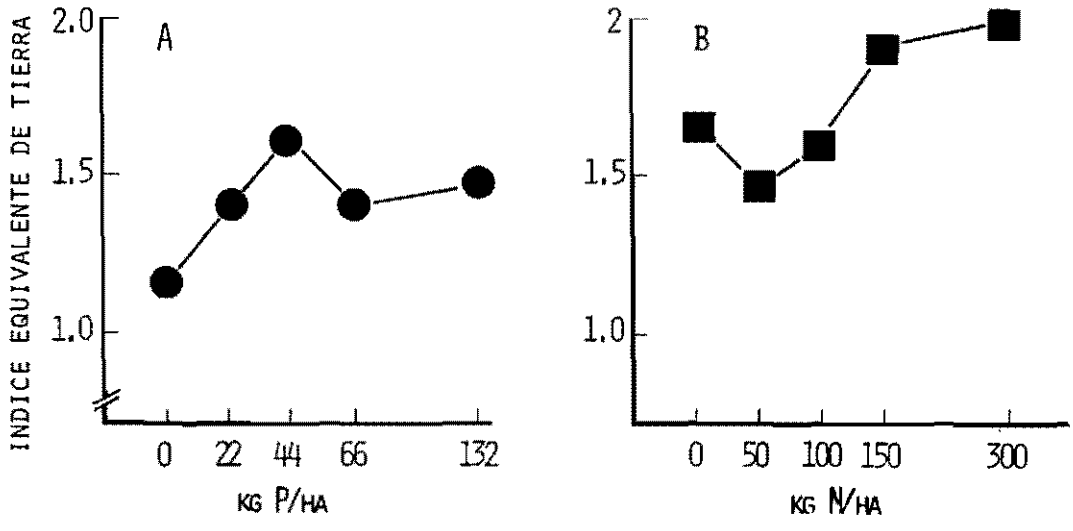


Figura 15. Efecto de niveles de P y N sobre el índice equivalente de tierra (IET) en asociaciones de yuca con caupí. Quilichao y Caribia, 1979.

Otro tipo de respuesta del IET fué encontrada con una fertilización nitrogenada en el sistema de asociación yuca-caupí. La yuca, respondiendo en forma negativa a incrementos de N en monocultivo, tuvo una respuesta totalmente distinta en asociación, alcanzando IET individuales por encima de 1. Esto, junto con la ausencia de la respuesta al N del caupí y su relación constante entre rendimiento en monocultivo y asociación condujo a un incremento del IET del sistema a partir del primer nivél de N y llegando a valores IET cercanos a 2 en los nivéles altos de N (Fig.15B). Esta alta eficiencia en el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada se obtuvo debido a que la yuca en asociación manifestó una respuesta positiva a N sin modificar la situación de competencia entre las dos especies ya que el efecto del N sobre el crecimiento de la parte aérea de la yuca se manifestó plenamente solo después de haber cosechado el caupí. Efectos positivos de la fertilización con N sobre los IET de diferentes asociaciones también fueron reportados por Cordero y McCollum (1979) y Oelsligle et al (1976)

Tasa de competencia entre cultivos

De acuerdo con Willey y Rao (1980), el concepto IET también ayuda en la evaluación del grado de competencia entre los cultivos asociados, o sea, se permite establecer si un cultivo fué mejor o peor competidor que el otro en una asociación. Esto se logra simplemente dividiendo el IET individual de un cultivo por el otro y corrigiendo el resultado por la porción de espacio asignado a cada cultivo. La tasa de competencia (TC) para el cultivo 'X' en asociación con el cultivo 'Y' entonces se calcula de la siguiente manera:

$$TC_x = \left(\frac{A_x}{M_x} : \frac{A_y}{M_y}\right) \frac{E_y}{E_x}, \text{ donde}$$

A_x y A_y son los rendimientos de los cultivos 'X' y 'Y' en asociación y M_x y M_y los respectivos rendimientos en monocultivo. E_y es la porción relativa de espacio ocupado por el cultivo 'Y' y E_y es la porción de espacio ocupado por el cultivo 'X'. La tasa de competencia del cultivo 'Y' por lógica adquiere el calor recíproco de TC_x.

Un ejemplo tomado del trabajo antes reportado sobre el efecto de densidades y arreglos espaciales en asociaciones de yuca con caupí aclara la utilidad de este concepto para interpretar resultados y determinar ventajas o desventajas de distintas prácticas agronómicas en los cultivos asociados. Yuca sembrada en un arreglo constante de 180 x 60 cm fué intercalada con caupí a 80.000 pl/ha con dos surcos a 45 cm de distancia de la yuca (arreglo 45/2). A través de los surcos, el sistema completo ocupa 180 cm, de los cuales la yuca ocupa 45 cm y el caupí los restantes 135 cm, o sea el área que ocupan yuca y caupí tiene una relación de 1 a 3. Los rendimientos de yuca en asocio y monocultivo fueron 20.9 y 22.9 t/ha de raíces frescas, los del caupí 1165 y 1653 kg/ha de grano, respectivamente. La TC de la yuca entonces se

calcula como sigue:

$$TC_{yuca} = \left(\frac{20.0}{22.9} : \frac{1165}{1653}\right) \frac{3}{1} = 3.89$$

y la TC de caupí es:

$$TC_{caupí} = \left(\frac{1165}{1653} : \frac{20.9}{22.9}\right) \frac{1}{3} = 0.26$$

El ejemplo muestra que con el manejo agronómico arriba descrito (arreglo del caupí en dos surcos con distancia amplia y densidad de siembra baja) la yuca es el cultivo dominante en esta asociación siendo casi cuatro veces mas competitiva que el caupí. A pesar de las condiciones unilateralmente favorables para yuca se logra un IET total de 1.63, expresión de una alta eficiencia del sistema. Conservando la población y el arreglo de la yuca pero distribuyendo el caupí en forma más equitativa y sembrando una población elevada (arreglo 60/3, 140.000 pl/ha), los resultados fueron los siguientes:

$$TC_{yuca} = \frac{17.7}{22.9} : \frac{1357}{1623} \quad \frac{1*}{1} = 0.93$$

$$TC_{caupí} = \left(\frac{1357}{1623} : \frac{17.7}{22.9}\right) \frac{1}{1} = 1.08$$

En estas condiciones, se logró un balance casi completo entre las dos especies, el caupí siendo ligeramente más competitivo que la yuca. El IET total logrado en este sistema fué de 1.61.

Analizando la competencia entre yuca y caupí en el presente ejemplo por medio del concepto TC, se hace evidente que el manejo agronómico de un sistema intercalado permite cambiar drásticamente el poder competitivo de sus componentes para dar preferencia a uno u otro componente o mantener el balance entre ellos de acuerdo con las producciones deseadas. Esto no necesariamente afecta la eficiencia total medido por el IET. El concepto TC se

---

* La distribución del espacio al 1 por 1 se explica observando la figura 7: El caupí en el arreglo 60/3 se sembró en tres surcos a 30 cm de distancia entre ellos. A los dos surcos exteriores además le corresponden 15 cm así que el espacio total correspondiente a los tres surcos de caupí desde 15 + 30 + 30 + 15 cm = 90 cm, o sea la mitad del total de 180 cm.

presta entonces, como instrumento útil para cuantificar la competencia entre cultivos asociados y así verificar el efecto que distintas prácticas de manejo tienen sobre este parámetro.

Evaluación económica

La evaluación económica es una definición de la productividad en diferentes alternativas de cultivo intercalado aplicando criterios empleados por el agricultor. Estos criterios dependerán de los objetivos del agricultor, los cuales a su vez son determinados por el destino de la producción: autoconsumo o venta. En América Latina, más yuca se produce para el mercado que para autoconsumo, lo que permite evaluar diferentes sistemas de cultivo intercalado en términos de su valor comercial.

Comparación entre sistemas

Al comparar diferentes sistemas de cultivo hay varias ventajas en establecer diferencias de productividad en términos del valor comercial tal como se encuentra en los precios del mercado, a saber:

a) Es posible comparar los diferentes productos e insumos del cultivo aplicando una unidad común de medida.

b) Diferencias de calidad pueden tomarse en cuenta.

c) El investigador puede evaluar diferentes alternativas desde el mismo ángulo que el agricultor.

La evaluación económica asumirá, por lo tanto, que el agricultor elige alternativas de sistemas de cultivo con el objetivo de obtener un mayor ingreso líquido, que es igual al valor de la producción total del cultivo menos los costos de su producción. Una comparación basada en renta líquida es efectiva porque selecciona entre diferentes sistemas de cultivo, especialmente donde :

a) Hay competencia entre los cultivos asociados, la cual a través de prácticas de manejo se puede modificar en favor de la yuca o del cultivo asociado (véase párrafo Tasa de competencia entre cultivos).

b) Hay mayores diferencias en el nivel de insumo y por consiguiente en el costo de la producción.

c) Hay diferencias en el valor relativo de los cultivos de una región a otra, lo que puede modificar la rentabilidad de un sistema de producción.

Por otra parte, el sistema con la mayor renta neta puede ser diferente del sistema que arroje la mas alta relación equivalente de tierra (IET). El IET difiere principalmente de la medida de la renta líquida en que en el cálculo del IET cada cultivo tiene igual valor y las diferencias en los costos de producción no se toman en cuenta. Por lo tanto, la determinación de la productividad biológica debe estar lógicamente separada de la definición de rentabilidad.

Determinación de la rentabilidad en sistemas de cultivo asociado.

Un simple análisis de rentabilidad (también conocido como presupuesto parcial) se discutirá, brevemente, dividiéndolo en cuatro etapas princi - pales :

a) Especificación de sistemas alternos

b) Cálculo de beneficios brutos

c) Determinación de costos de producción, y

d) Cálculo de la renta o del beneficio. (Una discusión más completa de estas operaciones se encuentra en Perrin et al, 1976)

El análisis económico en su forma mas simple, pretende determinar cual es la alternativa mas rentable. De acuerdo con la naturaleza de los datos experimentales, este análisis se hace, casi siempre, por unidad de superficie (hectáreas). La primera operación debe especificar las distintas alternativas que comprenden todas aquellas potencialmente utilizables por el agricultor e incluirá los diferentes sistemas de cultivo y, dentro de cada sistema, las prácticas culturales que produzcan cambios en los costos de producción o en el rendimiento. Un ejemplo del sistema yuca-frijol se presenta en el Cuadro XII.

Luego se calculan los beneficios brutos o el ingreso para cada alternativa. Como se muestra en el Cuadro XII, cada tratamiento o alternativa de la producción utilizable o apta para la venta se especifica para cada cultivo dentro del tratamiento. La producción de cada cultivo se multiplica entonces por sus respectivos precios para obtener el valor de la cosecha. Los diferentes valores de cultivos se suman luego para calcular el ingreso bruto total para cada alternativa. El precio es un parámetro crítico en estos cálculos, y los precios usados en el análisis deben ser los que se pagan por los productos a la salida de la finca, es decir, es el precio que el agricultor recibe por la venta de su cosecha.

En lo que más se desvía al análisis económico del análisis biológico es que las diferencias en los costos de producción entre los distintos siste - mas son deducidos del rendimiento monetario bruto. El énfasis está en los insumos o costos que varían entre los tratamientos. Por lo tanto, un presupuesto completo en que se incluyen los costos fijos, tales como la tierra y la maquinaria, lo mismo que los costos variables, no es necesario para distinguir entre las alternativas. Solamente se hace un presupuesto parcial basado en los costos variables.

Los costos que con mayor probabilidad van a cambiar entre diferentes sistemas de cultivo con yuca son :

a) El costo de establecer el sistema.

b) Los costos de mano de obra especialmente para desyerbar.

c) Los costos de insumos requeridos, como fungicidas para una siembra intercalada de fríjol o fertilizante nitrogenado para el maíz intercalado.

d) Costo de la cosecha

El Cuadro XII aporta un ejemplo de costos para diferentes sistemas de cultivo yuca-fríjol. Las diferencias en los costos de producción son notorias y se deben por un lado al incremento en el uso de insumos con introducción del fríjol y por otro lado al ahorro sustancial en el costo de la mano de obra necesaria para desyerbar debido al control de malezas cultural establecido por el fríjol arbustivo.

Los beneficios netos se calculan sustrayendo los costos variables totales de los beneficios brutos.

El cuadro relativamente complejo se incluyó no sólamente para suminis - trar información con datos concretos sobre la rentabilidad de varios sistemas intercalados de yuca con fríjol, sino también para proveer al lector de un marco para analizar una situación de cultivo familiar para él, efectuando el cómputo de la rentabilidad neta con la introducción de cifras propias. El ejemplo aquí elaborado muestra que el sistema de cultivo intercalado yuca con fríjol, en condiciones de CIAT, dá una ganancia por hectárea más alta que los sistemas de monocultivo. Hart,(1975) y CIAT(1978 y 1980)han demostrado también que los sistemas de cultivo intercalado con yuca a través de un rango de condiciones de producción dán una respuesta económica más favorable que yuca en monocultivo.

CUADRO XII. ANALISIS ECONOMICO DE DIFERENTES SISTEMAS DE SIEMBRAS DE YUCA-FRIJOL

	Yuca-Monocultivo			Yuca/Frijol Arbustivo			Yuca/Frijol Voluble			Yuca/Frijol Arbustivo/Frijol Voluble		
	Cantidad	Precio por unidad $Col	Valor $Col	Cantidad	Precio por unidad $Col	Valor $Col	Cantidad	Precio por unidad $Col	Valor $Col	Cantidad	Precio por unidad $Col	Valor $Col
Beneficios Brutos:												
Valor de Producción												
Yuca	28,2t	3.500/t	98.700	23.0t	3.500/t	80.500	31,4t	3.500/t	109.900	24,9t	3.500/t	86.800
Frijoles Arbustivos	-	-	-	2.0t	12.000/t	24.000	-	-	-	2,0t	12.000/t	24.000
Frijoles Volubles	-	-	-	-	-	-	0,5t	24.000/t	12.000	0,6t	24,000/t	14.400
Sistema Total	-	-	98.700	-	-	104.500	-	-	121.900	-	-	125.200
Costos de Producción:												
Preparación de Tierra	1 ha.	2.000/ha	2.000	1 ha.	2.000/ha	2.000	1 ha.	2.000/ha	2.000	1 ha.	2.000/ha	2.000
Costos de Labores (jornal)												
Siembra	7	150	1.050	12	150	1.950	7	150	1.050	12	150	1.950
Aplicación de Abono	5	150	750	5	150	750	5	150	750	5	150	750
Aplicación de Herbicida	2	150	300	2	150	300	5	150	750	5	150	750
Aplicación de Fungicida	-	-	-	12	150	1800	11	150	1.650	23	150	2.450
Desyerba	44,5	150	6.675	0	-	-	69.5	150	10.425	25	150	3.750
Segunda Siembra de Entre Surcos	-	-	-	-	-	-	5	150	750	5	150	750
Cosecha	19	150	2.890	39	150	5.890	40	150	6.000	60	150	9.000
Costos en Dinero Gastado												
Semilla	-	-	-	33 kg	16/kg	528	60 kg	40/kg	2.400	93	31,5/kg	2.928
Abono	300 kg	12.6/kg	3.800	300 kg	12.6/kg	3.800	600 kg	12.6kg	7.560	600 kg	12,6/kg	7.560
Herbicida	7 litros	145/1	1.015	7 litros	145/1	1,015	7 litros	145/1	1.015	7 litros	145/1	1.015
Fungicida	-	-	-	6.4 kg	364/kg	2,365	10.3 kg	223/kg	2.240	16.7 kg	275/kg	4.605
Costos Totales			18.440			20.358			36.615			38.508
Beneficios Netos:												
Beneficios de Costos Brutos			80.260			84.142			85.285			86.692

BIBLIOGRAFIA

1. ALTIERI, M.A., C.A. FRANCIS, A. Van SCHOONHOVEN, and J.D. DOLL. 1978 A review of insect prevalence in maize (Zea mays L.) and bean (Phaseolus vulgaris L.), Polycultural systems. Field Crop Research. 1:33-49

2. ANDREWS, D.J., and A.H. KASSAM. 1976. The importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies. In Multiple Cropping, ASA Special Publication No.27. 10p.

3. ANONYMUS. 1943. Root Disease in Replanted Areas. Ceylon. Rubber Research Scheme. Advisory Circular No.10. (Suppl.). 2p.

4. ARAUJO, E., y RAUL MORENO. 1978. Propagacao de doencas foliares do feijao macassar (Vigna unguiculata (L) Walp) em diferentes sistemas de cultivos. I. Viroses. Fitopatología Brasileira 3. (In Spanish).

5. ARENE, O.B. 1976. Influence of Shade and Intercropping on the Incidence of Cassava Bacterial Blight. In Persley, G., Terry, E.R. and Macintyre, R., eds. Workshop on Cassava Bacterial Blight, Ibadán, Nigeria. IDRC-096e. 1977. Ottawa, Canada.

6. ASHER, C.J. D.G. EDWARDS, and R.H. HOWELER. 1980. Nutritional Disorders of Cassava. (Manihot esculenta Crantz). St.Lucía, Australia, University of Queensland. 48p

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

8. BRAY, R.H. 1954. A Nutrient Mobility Concept of Soil-Plant Relationships. Soil Science. 78:9-22.

9. BURGOS, C.F. 1980. Soil-Related Intercropping Practices in Cassava Production. In Cassava Cultural Practices. Weber, E.J., Toro, J.C., and Graham, M. eds. Proceedings of a Workshop held in Salvador, Bahía, Brazil. IDRC-151e, Ottawa, Canada.

10. CABLE, D.R. 1968. Competition in the semi-desert grass-shrub type as influenced by root systems, growth habits, and soil moisture extraction. Ecology 50:27-38.

11. CARDONA, C., and J.C. WALKER. 1956. Angular leaf spot of bean. Phytopathology (USA), 46:610-615.

12. CASTELLANOS, V.H. 1981. Comportamiento de la yuca (Manihot esculenta Crantz) sometida a una poda parcial y cultivada en asociación con frijol común arbustivo y voluble (Phaseolus vulgaris L.) M.S. Thesis. Turrialba, Costa Rica.

13. CASTRO, A. 1981. Effect of spatial planting arrangement on cassava (Manihot esculenta Crantz) root yield. In press.

14. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1973. Maize Production Systems. Annual Report. Cali, Colombia.

15. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1977. Cassava Program. Annual Report. Cali, Colombia.

16. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1978. Cassava Program. Annual Report. Cali, Colombia.

17. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1979. Cassava Program. Annual Report. Cali, Colombia.

18. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1980. Cassava Program. Annual Report. Cali, Colombia.

19. CLEAVE, J.H. 1974 African farmers: labor use in the development of small-holder agriculture. Prager, N.Y. 253p.

20. COCK, J.H. and R.H. HOWELER. 1978. The ability of cassava to grow on poor soils. In Jung, G.A., eds. Crop tolerance to sub-optimal land conditions. Madison Wisconsin, American Society of Agronomy (ASA), Special Publication No.32, 145-154.

21. COCK, J.H., D. FRANKLIN, G. SANDOVAL, and P. JURI. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. Crop Sci. 19:271-279.

22. CORDERO, A., and R.E. McCOLLUM. 1979. Yield Potential of Interplanted Annual Food Crops in Southeastern U.S. Agron. J. 71(5) 834-842.

23. CHANG, H., C.H. CHAND, and F.W. HO. 1969. Competition between sugar cane and intercrops for fertilizaer tagged with P32 and Rb 86. Journal of Agric. Assoc. of China 63:43-49. As cited by Oelsligle et al 1976.

24. DALAL, R.C. 1974. Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Expl. Agric. 10: 219-224.

25. DEMPSTER, J.P., and TOM COAKER. 1974. Diversidication of Crop Ecosystems as a Means of Controlling Pests. Jones D.P. and M.E. Solemon eds. Biology in pest and disease control Wiley, New York, pp. 106-114.

26. DIAZ, R.O., and P.PINTSTRUP-ANDERSEN. 1977. Descripción Agroeconómica del Proceso de Producción de Yuca en Colombia. Cali, Colombia S.A., Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Edición preliminar.

27. ENE, L.S.O. 1977. Control of Cassava Bacterial Blight (CBB). Tropical Root and Tuber Crops Newsletter No.10: 30-31.

28. EZEILO, W.N.O. 1979. Intercropping with Cassava in Africa. In Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M. eds. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e, 49-56p

29. FONSECA, D. 1981. Efecto de Poblaciones y Arreglos espaciales de Caupí (Vigna unguiculata) y Maní (Arachis hypogea) en Asociación con Yuca (Manihot esculenta Crantz) sobre Producción e Intensidad del Uso de la Tierra. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira.

30. HART, R.D. 1975. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. Turrialba. Revista Interam. de Ciencias Agric. 25(4). CATIE, Turrialba, Costa Rica.

31. HARWOOD, R.R., and E.C. PRICE. 1976. Multiple Cropping in Tropical Asia. In Multiple Cropping, ASA Special publication No.27. 11-40p.

32. HEGEWALD, B., and D.E. LEIHNER. 1980 Intercropping Grain Legumes with Cassava on Acid Infertile Soils. Post-Doctoral Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.

33. HOWELER, R.H., C.A. FLOR, and C.A. GONZALEZ. 1978. Diagnosis and Correction of B Deficiency in Beans and Mungbeans in a Mollisol from the Cauca Valley of Colombia. Agron. J. 70(3) 493-497.

34. HOWELER, R.H. 1981. Nutrición Mineral y Fertilización de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Serie No.09SC-4. Cali, Colombia.

35. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1973. Multiple Cropping. Annual Report. Los Baños, Philippines.

36. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1974. Cropping Systems. Annual Report. Los Baños, Philippines.

37. KURTZ, T., S.W. MELSTED, and R.H. BRAY. 1952. The importance of Nitrogen and Water in Reducing Competition Between Intercrops and Corn. Agric. J. 44: 13-17.

38. LARIOS, J., and R. MORENO. 1976. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. I. mildiu polvoroso y rona. Turrialba (Costa Rica), 26: 389-398

39. LEIHNER, D.E., y A. CASTRO. 1979. Prácticas Sencillas para Aumentar el Rendimiento del Cultivo de la Yuca (Manihot esculenta Crantz). Contribución presentada en la XXV. Reunión del PCCMCA. Tegucigalpa, Honduras.

40. LEIHNER, D.E. 1979. Agronomic Implications of cassava legume intercropping systems. In Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M. eds. Intercropping with cassava. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e. Ottawa, Canada.

41. LEIHNER, D.E. 1980a Coquito (Cyperus rotundus L.) en el cultivo de la yuca-interacciones y control. Contribución presentada en el XII°Seminario de COMALFI,

42. LEIHNER, D.E. 1980b. Cultural Control of Weeds in Cassava. In Cassava Cultural Practices. Weber, E.J., Toro M., J.C.,and Graham, M. eds. Proceedings of a Workshop held in Salvador, Bahía, Brasil. IDRC-151e.

43. LITAV, M., and S. WOLOVITCH 1971. Partial separation of reducing the effect of competition between two grass species. Annuals of Botany. 35: 1163-1178.

44. LITSINGER, J.A. and K. MOODY. 1976 Integrated Pest Management in Multiple Cropping Systems. In Multiple Cropping, ASA Special Publication No.27. 293-316p.

45. LOPEZ, J., y D.E. LEIHNER. 1981. Control Químico de Malezas en Policultivos con Yuca. Contribución presentada en el XIII° Seminario de COMALFI, Cali, Colombia. Revista COMALFI, en imprenta.

46. MEAD, R., and R.W. WILLEY. 1980. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantages in yields from intercropping. Expl. Agric. (1980) 16: 217-228.

47. MENESES, R. 1980. Efecto de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.) en la producción de raíces de yuca (Manihot esculenta Crantz) al cultivarlos en asocio. Tesis para optar al título de Magister Scientiae, Univ. de Costa Rica, Sistema de Estudio Posgrado, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

48. MOHAN KUMAR, C.R., and N. HRISHI. 1979. Intercropping systems with cassava in Kerala State, India. In Intercropping with Cassava. Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M., eds. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e. Ottawa, Canada.

49. MORENO, R.A. 1979. Crop protection implications of cassava intercropping. In Intercropping with cassava. Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M. eds. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e. Ottawa, Canada.

50. MORENO, R.A., and ROBERT D. HART. 1979 Intercropping with Cassava in Central América. In Intercropping with Cassava. Weber, E. Nestel, B., and Campbell, M. eds. Proceedings of a International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e 17-24p

51. NICKEL, J.L. 1973. Pest situation in changing agricultural systems a review Bull. Entom. Soc. Amer., 54:76-86

52. NITIS, I.M. 1977. Stylosanthes as companion crop to cassava (Manihot esculenta). IFS Research Grant No.76. Faculty of Veterinary Science and Animal Husbandry. Udayana University. Depensar, Bali.

53. OELSLIGLE, D.D., R.E., McCOLLUM, and B.T.KANG. 1976. Soil Fertility Management in Tropical Multiple Cropping. In Multiple Cropping, ASA Special publication No.27. 275-292p.

54. OKIGBO, B.N., and D.J. GREENLAND. 1976. Intercropping Systems in Tropical Africa. In Multiple Cropping ASA Special publication No.27. 63-102p.

55. PERRIN, R.K., E.R. WINKELMANN,D.L. MOSCARDI, and J.R. ANDERSON. 1976 From Agronomic Data to Farmer Recommendations. CIMMYT, Information Bulletin 27. México, July 16.

56. PIMENTEL, D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. Ann. Entom. Soc., Amer., 19: 136-142

57. RAO, B.S. 1970. Pest Problems of Intercropping on Plantations. In Blencowe, E.W., and Blencowe, J.W. eds. Crop Incorporated Society of Plants, 245-252p.

58. RAPER, C.D. Jr., and S.A. BARBER. 1970. Rooting systems of soybeans. I. Difference in root morphology among varieties. Agron. J. 62: 581-584.

59. RUTHENBERG, H. 1971. Farming systems in the tropics. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.

60. SANCHEZ, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics (Wiley, New York, 1976).

61. SURYATNA EFFENDI. Cassava intercropping patters and management practices in Indonesia. In Intercropping with Cassava, Weber, E., Nestel, B., and Campbell, M. eds. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e. 35-37p.

62. SOUTHWOOD, T.R.L.. and M.J.WAY. 1970. Ecological background to pest management. In Concepts of pest management. N.C. State Univ., Raleigh, pp.6-28.

63. THUNG, M. 1978, Multiple Cropping Based on Cassava. Post-Doctoral Report. CIAT, Internal Document.

64. THUNG, M., and J.H.COCK. 1979. Multiple Cropping Cassava and Field Beans: Status of Present Work at the International Centre of Tropical Agriculture (CIAT). In Intercropping with Cassava. Weber, E., Nestel, B. and Campbell, M. eds. Proceedings of an International Workshop held at Trivandrum, India. IDRC-142e 7-16p

65. TRENBATH, B.R. 1976. Plant Interactions in Mixed Crop Communities. In Multiple Cropping, ASA Special Publication No.27. 129-170p.

66. WILLEY, R.W., and M.R.RAO. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Expl. Agric. (1980). 16:117-125

10701.7

NUTRICION MINERAL Y FERTILIZACION DE LA YUCA

Reinhardt H. Howeler*

En general, la yuca se considera como un cultivo rústico que crece relativamente bien en suelos pobres sin la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes. Por otra parte, los agricultores consideran que la yuca agota el suelo y por eso prefieren sembrarla como último cultivo en los sistemas de rotación antes de que la parcela vuelva a barbecho. Hongsapan (1962) informa que en Tailandia los rendimientos disminuyeron de 25-36 toneladas a entre 12 y 18 ton/ha., como resultado de la producción contínua de yuca. Aunque la yuca extrae grandes cantidades de K del suelo, él considera que en comparación con el maíz, la caña de azúcar, el banano y el repollo, la yuca no es el cultivo que más agota el suelo por tonelada de alimento producido. No obstante, como se observa a continuación (Kanapathy, 1974), la yuca absorbe más nutrientes del suelo que la mayoría de los cultivos tropicales.

Cultivo y Producción	N	P	K	Mg
Yuca (18.6 ton/ha - 6 meses)	87	37.6	117	35.1
Palma Aceitera (18 ton/ha)	61	9.9	84	13.6
Caucho (1, 13 ton/ha)	9	2.0	11	2.3
Maíz (3, 4 ton/ha)	82	20.7	69.2	14.7

En los suelos de turba del occidente de Malasia se podría cultivar yuca permanentemente manteniendo un nivel alto de rendimiento por medio de la aplicación adecuada de fertilizantes (Kanapathy, 1970). Según informes de Birkinshaw (1926), se obtuvieron excelentes rendimientos del caucho después de 15 cosechas consecutivas de yuca en un suelo bien fertilizado. O sea, que debido a su alta tasa de extracción de nutrientes, la yuca agota rápidamente el suelo cuando no se fertiliza, pero con la aplicación de niveles adecuados de fertilizantes se puede mantener su fertilidad.

Además de la extracción de nutrimentos por parte del cultivo, otro de los factores que afecta la fertilidad del suelo es la erosión ya que la yuca tiende a aumentarla, especialmente durante la siembra y después de la cosecha. Gómez (1975) calculó un índice de erosión para la yuca de 9.8 en comparación con 1.1 para la caña de azúcar, 1.7 para la piña, 1.0 para los pastos y 11.8 para el café en suelos de ceniza volcánica con pendiente del 60 por ciento en Colombia.

Absorción de Nutrientes

Para mantener la fertilidad del suelo es necesario aplicar por lo menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya absorbido. Entre los cultivos tropicales, la yuca es tal vez la que más K extrae. Según Prevott (1958), la yuca tiene el índice de extracción K/N más alto (Figura 1). El banano, la palma aceitera, la piña, el coco y la caña de azúcar tienen tam-

* Especialista Suelos, Programa de Yuca, CIAT.

bien un índice K/N alto, en tanto que el del maíz, el arroz y el algodón es relativamente bajo. En el Cuadro 1 se presenta la extracción de nutrientes por tonelada de yuca cosechada, de acuerdo a diferentes autores.

Aún cuando la información varía considerablemente entre los diferentes autores debido a las diversas condiciones de suelo, cultivares, etc., por cada tonelada de raíces la yuca extrae aproximadamente 2.14 kg de N, 0.46 kg de P, 3.5 kg de K, 0.69 kg de Ca y 0.39 kg de Mg., cuando se cosechan las raíces exclusivamente. Es decir que para dar un rendimiento promedio de 25 ton/ha la yuca absorbería del suelo 53.5 kg de N, 26.3 kg de P_2O_5, 105 kg de K_2O, 17.2 kg de Ca y 9.75 kg de Mg. Si se retirara la planta completa de la plantación estas cantidades ascenderían a 174 kg de N, 72.1 kg de P_2O_5, 200.7 kg de K_2O, 71.7 kg de Ca y 24.7 kg de Mg, lo cuál quiere decir que la yuca extrae una cantidad elevada de nutrientes del suelo en cada cosecha, pero que al dejar las hojas y los tallos sobre el terreno reduce considerablemente el agotamiento del terreno. Además del K, la yuca absorbe grandes cantidades de N, mientras que los niveles de extracción de P, Ca y Mg son relativamente bajos.

Acumulación de Nutrientes en la Planta

Mediante muestreos y análisis realizados cada dos semanas con diferentes partes de la planta, Orioli (1967) determinó en Argentina la acumulación y distribución de nutrientes en la planta hasta los seis meses de edad, tanto para plantas fertilizadas como para aquellas sin fertilizar. La Figura 2A muestra la acumulación y distribución de materia seca (MS) durante el ciclo de crecimiento. Se puede apreciar que la acumulación de MS fué lenta durante los primeros tres meses (cerca del 20 por ciento del total acumulado). Durante el cuarto y quinto mes, las plantas acumularon aproximadamente 25 por ciento de MS por mes mientras que en el mes siguiente la acumulación fué más lenta. Esta reducción en el índice de acumulación después del quinto mes se debe probablemente al comienzo del invierno en Argentina y no se presenta bajo condiciones tropicales.

El índice de acumulación de MS en las raíces fué relativamente constante durante todo el ciclo de crecimiento, pero en las hojas y en los tallos fué bajo durante el sexto mes. Aunque las plantas fertilizadas acumularon mayor cantidad de MS que aquellas sin fertilizar, la Figura 2B muestra que las curvas de acumulación relativa fueron casi idénticas en ambos casos.

La Figura 2B presenta la acumulación de N en la planta durante el ciclo de crecimiento. Nuevamente, la tasa de acumulación de N fué lenta durante los dos primeros meses y alcanzó un máximo durante el tercero y cuarto mes, en tanto que en los últimos dos meses se acumuló muy poco o ningún N e incluso se registraron pérdidas en las plantas sin fertilizar. Aunque a los seis meses de edad la MS está distribuída prácticamente por igual entre raíces, tallos y hojas, la Figura 2B muestra que el N se encuentra principalmente en las hojas y que la cantidad acumulada en raíces y tallos. Esto pone de manifiesto el alto contenido proteínico de las hojas y el bajo contenido de las raíces. La tasa de acumulación de N en las hojas fué prácticamente constante durante todo el ciclo de crecimiento, pero en los tallos y las raíces ésta prácticamente fué nula en los últimos meses.

La acumulación de P y K fué similar a la del N, es decir lenta durante los dos primeros meses, alcanzó un máximo de casi 40 por ciento por mes durante el tercero y cuarto mes y luego disminuyó hasta llegar casi a cero en el sexto mes.

Nuevamente, la mayor parte de P y K se encontraba en las hojas; durante el último mes tanto las hojas como los tallos perdieron algo de P, mientras que las raíces y los tallos perdieron parte del K.

La acumulación de calcio se diferenció de la NPK en que después de los dos primeros meses, el índice de acumulación permaneció casi constante durante el ciclo de crecimiento. La acumulación de Ca en las hojas y en las raíces se detuvo después del tercer mes, pero la de los tallos continuó.

Las curvas de acumulación relativa de nutrientes de las plantas fertilizadas y sin fertilizar fueron muy similares aunque las plantas fertilizadas absorbieron mayores cantidades de nutrientes.

Nyholt (1935) determinó la acumulación de MS y nutrientes en diferentes partes de la planta hasta los 14 meses de edad, mediante el muestreo a intervalos mensuales de plantas de dos cultivares sembrados en un suelo lateritico ácido en Indonesia. La Figura 3 muestra la acumulación y distribución de materia fresca durante el ciclo de crecimiento. A diferencia de la información presentada anteriormente para Argentina, bajo las condiciones tropicales de Indonesia, la acumulación de MS continuó durante todo el ciclo de crecimiento y sólo disminuyó ligeramente después del sexto mes. Sin embargo, la acumulación de MS se detuvo en las hojas y disminuyó en los tallos después de los primeros seis meses, pero continuó en las raíces.

La Figura 4 presenta la distribución y acumulación de N, P, K, Ca y Mg durante el ciclo de crecimiento. La cantidad de N en la planta aumentó a una tasa casi constante hasta el sexto mes, permaneció invariable durante dos meses y comenzó a disminuir a partir del octavo mes. Esto se debió a la pérdida de hojas después de los primeros seis meses. Las raíces acumularon N únicamente hasta el octavo mes, a partir del cual la cantidad de N permaneció constante. Aunque el peso de las raíces continuó aumentando hasta los 14 meses, el contenido de N disminuyó de 1.03 por ciento a los dos meses hasta 0.17 por ciento a los 14. Solamente los tallos continuaron acumulando N durante todo el ciclo de crecimiento.

La acumulación de P, K, Ca y Mg mantuvo una tasa bastante uniforme durante el ciclo de crecimiento, aún cuando el contenido de las hojas disminuyó después del sexto mes debido a la caída foliar. El K y el P se acumularon principalmente en las raíces, y el Ca y el Mg en el tallo.

Contenido de Nutrientes en la Planta

El contenido de nutrientes varía considerablemente entre las diferentes partes de la planta y durante el ciclo de crecimiento. El Cuadro 2 (Nyholt, 1935) muestra los cambios en la concentración de varios nutrimentos en las raíces, tallos y hojas en diferentes edades de la planta. Los contenidos de N, P, y K disminuyeron significativamente en las tres partes a medida que la planta envejecía. Los contenidos de Ca y Mg tendieron a aumentar en las hojas, pero disminuyeron en los tallos y en las raíces. O sea que, en general,

todos los contenidos de nutrientes disminuyeron durante el ciclo de crecimiento excepto el de Ca y posiblemente el de Mg de las hojas, los cuáles aumentan.

El contenido de N es my alto en las hojas, mucho más bajo en los tallos y muy bajo en las raíces; de aquí que el contenido de proteínas de estas últimas sea bajo.

El contenido de K también es más alto en las hojas que en los tallos y en las raíces, pero las diferencias son menores. Los contenidos de P, Ca y Mg son más altos en las hojas, seguidos por los de los tallos, y finalmente los de las raíces, con diferencias considerables entre los contenidos de las diferentes partes de la planta.

Cours (1961) determinó que existían diferencias marcadas entre las porciones jóvenes y viejas de la parte aérea de la planta. El Cuadro 3 muestra que las hojas jóvenes tienen contenidos más altos de N, P y K más bajos de Ca que las viejas. Los contenidos de N, P y Ca de los pecíolos de las hojas jóvenes son mayores que los de los pecíolos de las hojas viejas, pero los de K son menores. Las hojas tienen mayor cantidad de N y P, y menor de K y Ca que los pecíolos. Las ramas verdes superiores tienen un nivel más alto de N, P, K y Ca que las inferiores, las cuáles a su vez tienen un contenido más alto que la rama primaria o el tallo principal. El feloderma del tallo principal tiene un nivel excepcionalmente alto de K, razón por la cual Cours (1961) recomienda emplear esta parte de la planta para diagnosticar la deficiencia de K. Cours (1953) determinó en un estudio más detallado que los contenidos de N, P, y K disminuyen de las hojas superiores a las inferiores de la rama primaria y de las ramas superiores a las inferiores, en tanto que los contenidos de Ca y Mg aumentan de las hojas superiores a las inferiores y de las ramas superiores a las inferiores.

El Cuadro 4 resume los informes de varios investigadores sobre el contenido de nutrimentos en varias partes de la planta. Los contenidos de nutrientes varían incluso entre las mismas partes de la planta a causa de las diferencias entre cultivares, niveles de fertilidad del suelo, edad de la planta y parte de la planta de la que se tomó la muestra. A fín de poder hacer diagnósticos precisos es necesario estandarizar la parte de la planta que se debe emplear para el muestreo y la edad fisiológica de la planta en el momento de tomar la muestra. Para el muestreo generalmente se utilizan las hojas superiores totalmente expandidas (cuarta o quinta hoja a partir de la copa de la planta) y se analizan los contenidos de todos los elementos en la lámina foliar y los contenidos de K, Ca y Mg en los pecíolos. La edad fisiológica más apropiada viene a ser más o menos a los tres meses cuando la planta alcanza el índice máximo de absorción de nutrientes (Ver Figura 2). No obstante, cuando la yuca se siembra antes de la estación seca, se debería posponer el muestreo hasta el comienzo de la estación lluviosa, cuando las plantas comienzan a crecer de nuevo activamente.

Fox (1975) indica que un nivel de N del 5 por ciento entre los cuatro y los cinco meses de edad corresponde al rendimiento máximo. La Figura 5 muestra la relación entre el rendimiento y el contenido de P en las láminas foliares a los cinco meses de dad (edad fisiológica de tres meses) y en ella se observa un nivel crítico de P de aproximadamente 0.4 por ciento. Roche (1957) sugiere que las hojas tienen un contenido crítico de K de 0.6 por ciento y el feloderma de 0.5 por ciento, en tanto que el del suelo es de

0.6 me/100 gm. En el artículo Essais de Fumure (1953) se sugiere que un contenido de menos de 0.7 por ciento de K indica deficiencia de este elemento. En el CIAT (1974) se obtuvieron los rendimientos más altos en un experimento en matera con un contenido foliar de K de 1.1 - 1.3 por ciento. Aunque aún no se han determinado exactamente los niveles críticos y éstos variarían de acuerdo con el cultivar empleado, se considera que los siguientes niveles son una aproximación bastante razonable: si las láminas foliares superiores totalmente expandidas contienen más de 5.0 por ciento de N, 0.4 por ciento de P, 1.2 por ciento de K, 0.7 por ciento de Ca, 0.3 por ciento de Mg y 0.35 por ciento de S, probablemente no habría respuesta a la fertilización.

La literatura sobre los contenidos de elementos menores es todavía más escasa que aquella sobre los elementos principales. El Cuadro 5 resume información suministrada por varios investigadores. La gran variabilidad de la información probablemente refleja la absorción de grandes cantidades de microelementos en suelos bien provistos. En el CIAT (1975) se ha registrado un nivel crítico de casi 60 ppm de Zn en las hojas superiores totalmente expandidas. Los síntomas de deficiencia de Zn generalmente aparecen cuando su contenido es inferior a 20 ppm. Como la deficiencia de Zn es bastante frecuente en la yuca es muy importante hacer un diagnóstico apropiado por medio del análisis foliar.

Los niveles normales de microelementos en las láminas foliares superiores son aproximadamente 15-40 ppm de B, 60-100 ppm de Zn, 50-150 ppm de Mn, 6-12 ppm de Cu y 100-200 ppm de Fe (CIAT, 1974).

Con el objeto de poder suministrar a la planta los nutrimentos necesarios para obtener una producción óptima es importante conocer los requerimientos de la planta, diagnosticar correctamente cualquier deficiencia por medio de la observación visual, o del análisis del suelo y de partes de la planta y aplicar los medios adecuados para corregir dicha deficiencia. A continuación se tratarán estos puntos para cada uno de los elementos.

Fertilización Nitrogenada

El nitrógeno es un componente básico de las proteínas, la clorofila, las enzimas, las hormonas y las vitaminas.

La deficiencia de N es más frecuente en suelos arenosos o muy ácidos, donde los niveles tóxicos de Al y/o Mn reducen la descomposición microbiana de materia orgánica.

La deficiencia de nitrógeno también es común en suelos de ceniza volcánica, los cuáles tienen normalmente un contenido alto de materia orgánica, pero su descomposición es lenta y nó contribuye mucho al suminstro de N.

Las plantas con deficiencia de N tienen hojas de color verde claro y generalmente sufren de enanismo (Krochmal, 1968; Asher, 1975; Lozano, 1976). Las primeras afectadas son las hojas más viejas, pero luego toda la planta puede volverse clorótica. En ensayos de solución de nutrientes (Forno, 1977), la yuca mostró solamente síntomas leves a concentraciones bajas de N, es tanto que el algodón, el sorgo y el maíz presentaron síntomas severos. El crecimiento de la yuca se redujo notablemente. Esto concuerda con observaciones hechas en el CIAT (Lozano, 1976), según las cuáles la yuca con deficiencia de

N presentó enanismo en lugar de síntomas de deficiencia. El nivel crítico de deficiencia de N en la lámina foliar es aproximadamente 5 por ciento (Fox, 1975)

La yuca extrae cantidades relativamente grandes de N del suelo, especialmente si se retiran las hojas y los tallos del terreno junto con las raíces. Por cada 25 toneladas de raíces el suelo pierde casi 50 kg de N. Si la eficiencia del N es de cerca del 50 por ciento (43-69 por ciento, según Fox, 1975) se deberían aplicar más o menos 100 kg de N al suelo para que éste mantenga su fertilidad. En Madagascar, los investigadores (Essais de Fumure, 1953; Le Manioc, 1952), recomiendan incorporar estiércol o abono verde como Mucana utilis Vigna o Crotalaria. Sin embargo, Crotalaria es muy susceptible a los suelos ácidos y no da buenos resultados cuando el pH es inferior a 5 (CIAT, 1974). De Geus (1967) y Kumar (1977) también indican que la yuca responde bien a la aplicación de estiércol, particularmente cuando se refuerza con la fertilización química con NPK. Lambourne (1972) obtuvo mejores resultados en Malasia con estiércol (10 t/ha), que con fertilizantes químicos o abono verde (Crotalaria + escoria básica).

En Ultisoles de Puerto Rico, Fox (1975) registró una respuesta positiva a 40 kg/ha de N, pero no hubo respuesta significativa a los niveles más altos ensayados incluyendo 200 kg/ha de N. El ICA (1971) obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de 50-60 kg/ha de N en 16 de 23 ensayos efectuados en terrenos de agricultores en Colombia. La mejor respuesta se obtuvo en suelos de ceniza volcánica cerca a Popayán. El CIAT (1976) registró una respuesta positiva, pero no significativa, a 100 kg/ha de N en Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia en plantaciones sembradas durante la época seca (Figura 6). La aplicación en varias dosis fué tan efectiva como una sola aplicación básica en el momento de la siembra. Como se observa en la Figura 7, en el mismo suelo se obtuvo una respuesta significativa durante la estación lluviosa a la aplicación de 100 kg/ha de N en forma de Urea y de 200 kg/ha de N en forma de Urea recubierta con azufre (URA). En suelos similares, Ngongi (1976) obtuvo respuesta a 100 kg/ha de N, pero sólo en presencia de 150 kg/ha de K_2O, y la aplicación de 200 kg/ha de N fué perjudicial. En suelos de ceniza volcánica en Colombia, Rodríguez (1975) obtuvo los mayores rendimientos con 145 kg/ha de N en combinación con 194 kg de P_2O_5 y 46 kg de K_2O. Muchos investigadores (Vijayan, 1969; Acosta, 1954: Obigbesan, 1976; Fox, 1975) han encontrado que la yuca responde negativamente a aplicaciones altas de N, ya que éstas estimulan el crecimiento excesivo del follaje y reducen la producción de raíces. Krochmal (1970) registró una disminución en el rendimiento de raíces del 41 por ciento y un aumento del crecimiento del follaje del 11 por ciento y un aumento del crecimiento del follaje del 11 por ciento con aplicaciones altas de N. Vijayan (1969) observó una reducción en el número de raíces y en el contenido de almidón con niveles de N superiores a 75 kg/ha. Otros investigadores (Vijayan, 1969; Muthuswamy, 1974; Obigbesan, 1976), registraron aumentos en el contenido de HCN debidos a las dosis altas de N. Aparentemente, los niveles altos de N estimulan la formación de productos nitrogenados como proteínas y HCN e inhiben la síntesis del almidón (Díaz, 1966; Malavolta, 1954).

En Costa Rica (Acosta, 1974) se observó una respuesta del rendimiento a 50 kg/ha de N y una reducción del mismo con niveles mayores. En Brasil, no se obtuvo respuesta a la aplicación de N en Sao Paulo (Silva, 1968), mientras que Normanha (1960) recomienda para los suelos estériles de Goias aplicar 20 kg/ha de N en cobertura entre 3 y 5 meses de edad. Nunes (1974) obtuvo una

respuesta positiva a 30 kg/ha de N en Río de Janeiro. En Nigeria Occidental, Amon (1973) recomienda una dosis de 25 kg/ha de N en combinación con 60 kg de K_2O, en tanto que Obigbesan (1976) obtuvo rendimiento de 56 y 64 ton/ha en 15 meses aplicando 50 y 60 kg/ha de N. En Ghana, Stephens (1960) obtuvo una respuesta del rendimiento principalmente a P, pero también hubo una respuesta leve a 25 kg/ha de N. En el mismo país, Takyi (1972) logró incrementar los rendimientos en un 50 por ciento aplicando 60 kg de N y 45 kg de P_2O_5/ha, pero no observó respuesta alguna a la aplicación de K y de Cal. En Madagascar la yuca respondió principalmente al K, pero se recomienda aplicar 30-60 kg/ha de N (Le Manioc, 1953; De Geus, 1967). En los suelos lateríticos ácidos del estado de Kerala en India, Mandal (1971) logró los mayores rendimientos con 100 kg/ha de N, aplicados la mitad en una sola dosis básica y la mitad en cobertura a los dos meses. En suelos de turba de Malasia, Chew (1970) obtuvo la mayor respuesta a N aplicando 180 kg/ha. Kanapathy (1974) recomienda 120 kg/ha de N para suelos similares. En Indonesia (Java), la yuca respondió principalmente al K y Den Doop (1937) no recomendaba la aplicación de N.

La mayoría de los investigadores (Samuels, 1970; Santana, 1975) no encuentra diferencias significativas entre las diversas fuentes de N tales como Urea, $(NH_4)_2SO_4$, Ca $(NO_3)_2$, $NaNO_3$, aunque en India se considera que $CaNH_4(NO_3)_3$ es superior, probablemente debido a su contenido de Ca (Trivandrum, 1970). La URA no fué superior a la urea en Colombia (Figura 7), ni en Puerto Rico (Fox, 1975). Normanha (1959) obtuvo un establecimiento pobre cuando se aplicaron N y K en los surcos. El recomienda la colocación lateral del fertilizante en el momento de la siembra con una aplicación en cobertura de N a los tres meses (Normanha, 1968). En Malasia, Chan (1970) no encontró diferencias significativas entre la aplicación de N en cobertura o al voleo en el momento de la siembra. Rodríguez (1975) aconseja aplicar los fertilizantes en el momento de la siembra en lugar de en dosis separadas, en tanto que Samuels (1970) y Mandal (1971) prefieren aplicar la mitad en el momento de la siembra y la otra mitad de dos a dos meses y medio más tarde.

En resumen, normalmente la yuca no responde al nitrógeno o responde a dosis relativamente bajas, y produce un follaje excesivo y pocas raíces con tasas de aplicación altas. Se observaron pocas diferencias entre las diversas fuentes de N. Se recomienda aplicar el fertilizante en su totalidad en el momento de la siembra o en dos dosis, una en el momento de la siembra y la otra de dos a tres meses más tarde.

Deficiencia de Fósforo

El fósforo es un componente básico de las nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos y de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía. El P es esencial para que puedan tener lugar procesos tales como la fosforilación, fotosíntesis, respiración, descomposición y síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas. A través de estos procesos, el P afecta el crecimiento de las raíces, la florescencia y la maduración de las frutas (Lotero, 1974; Fassbender, 1967). Como el P es esencial para el proceso de fosforilación en la síntesis del almidón, un buen suministro de P aumentará la producción de raíces y el contenido del almidón. Malavolta (1952) registró una reducción en el contenido de almidón de 32 a 25 por ciento cuando se eliminó el P de la solución de nutrientes. La aplicación de P no tuvo efecto alguno sobre el contenido de HCN de las raíces (Muthuswamy, 1974)

Aunque la yuca extrae cantidades relativamente pequeñas de P del suelo y crece en muchos suelos deficientes en P, Edwards (1977) encontró que su requerimiento de P es muy alto y se desarrolla al máximo en soluciones con concentraciones de P de 15-40 veces más altas que las que necesita el maíz. A concentraciones muy bajas de P la yuca produjo 18 por ciento del máximo, en tanto que el maíz y la soya produjeron 21 y 34 por ciento, respectivamente. Los síntomas de deficiencia de P aparecieron a concentraciones mucho más bajas en el follaje de P que en los del maíz y la soya. Por consiguiente, la yuca requiere niveles altos de P para desarrollarse al máximo, pero puede adaptar su índice de crecimiento a condiciones de deficiencia de este elemento (Edwards, 1977).

Krochmal (1968) observó que de los tres elementos principales, el P era el que más afectaba en rendimiento y que en un experimento en un cultivo de arena aumentó la producción de raíces en 93 por ciento. Krochmal no encontró síntomas de deficiencia de P y sólo una leve reducción del crecimiento en un cultivo de arena que no contenía P. Por su parte, Asher (1975) notó un enroscamiento hacia arriba y un amarillamiento de los niveles inferiores de las plantas deficientes en P. Posteriormente estas hojas se caen y el crecimiento de la planta se reduce en forma marcada. Se requirió una reducción del rendimiento de más del 70 por ciento para que se presentaran síntomas de deficiencia. La Figura 8 muestra la forma como los diversos niveles de nutrientes en la solución afectaron la producción de MS y el contenido de nutrimentos de la planta. Cuando la solución no contenía P, el crecimiento de la planta disminuyó a casi 10 por ciento del índice normal, pero no se presentaron síntomas de dificiencia. El contenido crítico de deficiencia de P fué aproximadamente 0.44 por ciento de P en la lámina foliar y 15 ppm de P en el suelo extraído con la solución Bray II, Olsen ó North Carolina.

La deficiencia de P es más frecuente en los Oxisoles y Ultisoles como los de Campo Cerrado del Brasil, los Llanos Orientales de Colombia y los Llanos de Venezuela, y en la mayoría de los suelos de Africa Tropical. En Asia, los Ultisoles son comúnes en Malasia, parte de India e Indonesia. Muchos Inceptisoles como los de los Andes (Andosoles), parte de los Llanos en Colombia, la región que corre a lo largo del Amazonas en Brasil, los de Hawaii, Camboya, India e Indonesia se caracterizan por la deficiencia y fijación sumamente alta de P.

En Costa Rica, Acosta (1954) sólo observó respuesta al P en presencia de N. Rodríguez (1975) obtuvo el rendimiento máximo en suelos de ceniza volcánica de Colombia con 194 kg/ha de P_2O_5. El ICA (1971) registró una respuesta positiva a 300 kg/ha de P_2O_5 en 13 de 14 ensayos llevados a cabo en terrenos de agricultores, localizados principalmente en suelos deficientes en P de Cauca Y Meta en Colombia. Ninguna encontró mucha correlación entre la respuesta y el contenido de P del suelo. En Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia, el CIAT (1976) obtuvo una respuesta altamente significativa a la aplicación de 200 kg/ha de P_2O_5, y una respuesta adicional a 400 kg/ha de P_2O_5 empleando escoria básica y superfosfato simple (SFS). El principal factor limitante de la yuca en estos suelos fué la escasez de P. La Figura 9 muestra como la producción de follaje de yuca aumentó linealmente con la aplicación de P, mientras que la de raíces aumentó cuadráticamente. O sea, que con dosis bajas e intermedias de P la planta presentó el índice de cosecha más alto y la producción más eficiente de raíces, en tanto que con dosis

altas la planta produjo más follaje que raíces. Bajo las condiciones colombianas, la aplicación de 200 kg/ha resultó más económica para la mayor parte de las fuentes de P, exceptuando la escoria básica cuya dosis más económica fué 400 kg/ha de P_2O_5 (CIAT, 1976).

Normanha (1951, 1960) encontró que el P era el factor más limitante de la producción de yuca en Sao Paulo y Goias (Brasil). El recomendó la aplicación de 60-120 kg/ha de P_2O_5 en forma de harina de hueso o SFS. En suelos pobres arenosos del mismo estado, Silva (1968) no obtuvo respuesta significativa a P sino a K. En Río de Janeiro, Nunes (1974) registró un aumento del rendimiento del 86 por ciento con 40 kg/ha de P_2O_5, en suelos cuyo principal factor limitante era el P. La aplicación de 67 kg/ha de P_2O_5 fué más económica. En el estuario del Amazonas, Albuquerque (1968) obtuvo rendimientos máximos con 100 kg/ha de P_2O_5 en forma SFS.

Amon (1973) no recomendó el uso de P en Nigeria Occidental, mientras que en Ghana, Stephens (1960) y Takyi (1972) alcanzaron los mayores rendimientos con 24 y 45 kg/ha de P_2O_5. Aunque la yuca responde principalmente al K en Madagascar, De Geus recomendó el uso de 130 kg/ha de P_2O_5.

Vijayan (1969) y Trivandrum (1971) lograron los mejores rendimientos en el estado de Kerala (India) con 100 kg/ha de P_2O_5 en combinación con 100 de N y 100 de K_2O; la fuente más económica de P fué la escoria básica. Ghadha (1958) registró en el mismo estado un incremento del rendimiento hasta de 25 por ciento con 80 kg/ha de P_2O_5. Para los suelos de turba de Malasia, Chew (1970) aconseja 50 kg/ha de P_2O_5, aunque Kanapathy (1974) no notó una respuesta al P en estos suelos.

Las fuentes de P que se emplean con más frecuencia son superfosfato triple y simple. La escoria básica es tan efectiva como el SFT, especialmente en suelos ácidos y donde se encuentra disponible es generalmente una fuente menos costosa (CIAT, 1976; Trivandrum, 1971). La Figura 10 muestra la respuesta de la yuca a varias fuentes de P en los Llanos de Colombia. El SFT fué superior al SFS (aplicado manualmente), y la escoria básica y la roca fosfórica incorporadas también fueron sumamente efectivas. La combinación de la roca fosfórica con azufre elemental o H_2SO_4 mejoró considerablemente su disponibilidad. La disponibilidad de P de las rocas fosfóricas provenientes de diferentes partes del mundo varía notablemente y la yuca responde a su aplicación de acuerdo con su solubilidad en citrato. Entre las mejores fuentes de roca fosfórica están Carolina del Norte, Marruecos y Perú (CIAT, 1976). La Figura 10 muestra que la aplicación de la escoria básica al voleo fué muy superior a la aplicación en banda. En el caso del SFT no se encontraron diferencias significativas entre los dos métodos, pero en los suelos que fijan mucha cantidad de P la aplicación en bandas es superior. Ofori (1970) sugiere que la aplicación de P al voleo una vez que la planta está establecida pudiera ser más eficaz toda vez que las raíces aún están absorviendo activamente y se encuentran en los primeros 10 cm de suelo; una vez que las raíces comienzan a funcionar como receptáculos de almacenamiento de carbohidratos dejan de jugar un papel activo en la absorción de nutrientes. Campos (1974) y Sena (1973) encontraron raíces de yuca a una profundidad de 140 cm., pero calcularon que el 86 por ciento de las raíces se encuentran en los primeros 10 cm de suelo. De aquí que la incorporación de fertilizantes no sea aparentemente benéfica.

Deficiencia de Potasio

El potasio no es un componente básico de las proteínas, de los carbohidratos o de las grasas, pero toma parte en su metabolismo; el K es esencial para la translocación de carbohidratos desde el follaje hasta las raíces (Malavolta, 1954). Por consiguiente, la deficiencia de K dá como resultado una producción excesiva de follaje y pocas raíces. Blin (1905) y Obigbesan (1973) informaron que el K incrementa el contenido de almidón y disminuye el de HCN en las raíces, o sea que ejerce el efecto contrario al del N. Muthuswamy (1974) no encontró efecto alguno del P y del K sobre el contenido de HCN de las raíces, mientras que Payne (1956) registró un contenido más alto de HCN en raíces provenientes de suelos deficientes en K. Como mencionamos anteriormente, la yuca extrae más K del suelo que de ningún otro elemento; un cultivo normal absorbe aproximadamente 100 kg/ha de K_2O.

La deficiencia de potasio se caracteriza por una disminución del índice de crecimiento de la planta y en casos muy severos por moteado de color morado de las hojas más viejas de la planta, con enroscamiento de los márgenes foliares y clorosis y necrosis del ápice y de los bordes de las hojas (Asher, 1975; Krochmal, 1968). Las hojas más viejas y los pecíolos se envejecen prematuramente y se caen. La deficiencia de K también produce entrenudos más cortos y menor altura de la planta. Díaz (1966) observó una ramificación excesiva en plantas deficientes en K. Ngongi (1976) informó que la aplicación de K aumentaba el tamaño de las hojas, el número de lóbulos foliares, la retención foliar y la altura de la planta. El contenido crítico de K es 1.2 por ciento para la lámina foliar y 2.5 por ciento para los pecíolos.

La deficiencia de K en la yuca se encuentra a menudo en muchos suelos donde otros cultivos no responden al K. Entre los suelos más deficientes en K están los de los Llanos Orientales de Colombia. La mayor parte de los Aldosoles de Sur América tienen niveles razonables de K. La deficiencia de K también se puede dar en suelos arenosos.

En Puerto Rico, Samuels (1970) obtuvo una respuesta a 100 kg/ha de K_2O, mientras que Murillo (1962) no encontró respuesta alguna en suelos lateríticos de Costa Rica. El ICA (1971) registró respuesta al K en 11 de 14 ensayos realizados en Colombia. Ngongi (1976) consiguió una respuesta significativa a 240 kg/ha de K_2O en los Llanos Orientales y a 120 kg/ha de K_2O en el Valle del Cauca (Figura 11). El K_2SO_4 fué superior al KCl en los Llanos por cuanto las aplicaciones altas de KCl indujeron deficiencia de S. Este problema se pudo solucionar aplicando K_2SO_4 ó mezclando S con KCl. Los niveles altos de K también disminuyeron los contenidos de Mg de las hojas y de los pecíolos, posiblemente al inducir deficiencia de Mg. Ngongi (1976) notó además una fuerte interacción N x K, a tal punto que el cultivo sólo respondía al N en presencia de K. El CIAT (1976) registró rendimientos máximos en los suelos con 160 kg/ha de K_2O.

En Brasil, Nunes (1974) no encontró respuestas significativas al K en Río de Janeiro, en tanto que Normanha (1960, 1961) recomienda aplicar 30-100 kg/ha de K_2O en Sao Paulo y Goias. Silva (1968) obtuvo una respuesta significativa al K en los suelos arenosos pobres de Sao Paulo. Díaz (1966) afirma que la deficiencia de K es más frecuente en Sao Paulo. Albuquerque (1968) alcanzó rendimientos máximos con 180 kg/ha de K_2O en el estuario del Amazonas.

En el oriente de Nigeria, Irving (1947) obtuvo respuesta al K en suelos ligeramente ácidos, en tanto que Amon (1973) recomienda el uso de 60 kg/ha de K_2O en el occidente Nigeriano. Takyi (1972) no encontró respuesta al K en un Ocrosol forestal de Ghana.

La deficiencia de K fué el principal factor limitante en Madagascar (Roche, 1957) y se recomienda aplicar 110 kg/ha de K_2O (DeGeus, 1967; Le Manioc, 1952; Essais de Fumure, 1953). La aplicación de K incrementó significativamente el contenido de este elemento en la felodermis (Cours, 1961) y disminuyó los de N y P. El contenido de K en las hojas puede aumentar con mayores niveles de K sin que por ellos se incremente el rendimiento (Ngongi, 1976).

En India, Kumar (1971) y Trivandrum (1969) lograron obtener una respuesta significativa con 100 kg/ha de K_2O, mientras que Chadha (1958) registró un aumento del rendimiento hasta del 75 por ciento con 160 kg/ha. Este último autor encontró una fuerte interacción de N x K y recomendó la aplicación de N y K_2O en una proporción de 1:1.75. En los suelos turbosos de Malasia se puede cultivar la yuca continuamente aplicando 90 kg/ha de K_2O y 120 kg de N (Kanapathy, 1974). Chew (1971) recomendó 110-160 kg/ha de K_2O para estos suelos. Tanto Nyholt (1935) como Den Doop (1937) consideran que el K es el principal factor limitante en Indonesia. Den Doop (1937) obtuvo una respuesta positiva a 150 kg/ha de K_2O en la primera siembra y un efecto residual fuerte a la aplicación de 300 kg/ha de K_2O en la segunda y tercera siembras (Figura 12), Según el mismo autor, la aplicación de K aumenta el requerimiento de P y la disponibilidad de K disminuye durante las sequías. Kumar (1977) logró mejores resultados con la aplicación de la mitad de las dosis en el momento de la siembra y la mitad un mes más tarde. Normanha (1952) y Silva (1968) indicaron que la aplicación de KCl en contacto con el cangre es especialmente perjudicial para la germinación y recomendaron la colocación lateral del P y del K y la aplicación en cobertura del N a los tres meses. El CIAT (1976) no encontró diferencias significativas entre los diferentes métodos de aplicación de NPK (10-20-20), incluyendo la aplicación al voleo, en bandas, en círculo alrededor de la planta y localizada bajo el cangre.

Deficiencia de Calcio y Magnesio

El calcio desempeña un papel importante en la regulación del suministro de agua de la planta, mientras que el magnesio es un componente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis.

La deficiencia de Ca se manifiesta en una reducción del crecimiento de las raíces sin síntomas foliares definidos. Forno (1976) encontró que la escasez de Ca durante la propagación de la yuca en cámara húmeda daba como resultado pudrición radical. Esto podía evitarse agregando 150 uM de Ca a la solución nebulizadora (Forno, 1976).

La deficiencia de Mg se caracteriza por clorosis de las áreas comprendidas entre las venas de las hojas inferiores, la cual comienza por el ápice y los bordes foliares, mientras que las venas permanecen de color verde oscuro (Asher, 1975; Lozano, 1976). El nivel de Mg en las hojas inferiores que presentaban deficiencia era 0.05 ppm y el de las hojas normales 0.26 ppm, en tanto que el de los pecíolos era 0.04 y 0.28 ppm, respectivamente. En general los pecíolos son más sensibles a la deficiencia de Ca y Mg que las láminas foliares.

Las deficiencias de Mg y Ca son más frecuentes en los Ultisoles y Oxisoles ácidos, estériles, pero la deficiencia de Mg en la yuca también se ha observado en los suelos de ceniza volcánica de Popayán (Colombia), los cuáles presentan niveles bajos de Mg y altos de K.

La deficiencia de Ca se controla corrientemente aplicando cal aunque también puede emplearse una fuente más soluble como yeso o $CaSO_4$, especialmente si el suelo tiene un nivel bajo de S. La deficiencia de Mg se puede controlar con cal dolomítica ($CaCO_3 + MgCO_3$), MgO ó $MgSO_4$. Ngongi (1976) obtuvo en los Llanos Orientales una respuesta significativa a la aplicación de 50 kg/ha de Mg en forma de MgSO4 ó MgO, pero el $MgSO_4$ fué muy superior al MgO probablemente debido a su contenido de S y a su mayor solubilidad (Figura 13) Los niveles superiores a 50 kg/ha de Mg disminuyeron los rendimientos por cuanto seguramente indujeron deficiencia de Ca.

Toxicidad del Aluminio y del Manganeso y efecto del pH

Gran parte de los suelos de las regiones tropicales son improductivos debido al alto grado de acidez, el que en el caso de muchos suelos minerales generalmente va acompañado de toxicidad de aluminio y/o manganeso. Dichos suelos podrían convertirse en productivos por medio del encalamiento, el cual incrementa el pH y el contenido de Ca y reduce el Al intercambiable y el Mn (Figura 14). Sin embargo, el costo de la cal, incluyendo su transporte, es prohibitivo en muchas regiones y sólo se pueden aplicar cantidades relativamente pequeñas para que no resulte tan oneroso. Para estas áreas es sumamente importante seleccionar cultivos que toleren la acidez del suelo y niveles altos de Al y de Mn. Entre los cultivos tolerantes hay algunos especialmente tolerantes a las condiciones adversas de este tipo; Edwards (1977) demostró que de tres cultivos ensayados, la yuca era la que mejor toleraba un pH bajo de la solución nutritiva. Además fué la que menos sufrió debido a los niveles altos de Al y Mn. La Figura 15 muestra que en los ensayos de selección en el campo con seis cultivos alimenticios, la yuca y el caupi produjeron 54 y 60 por ciento de sus rendimientos máximos sin aplicación de cal, en tanto que el arroz, el maíz y el fríjol prácticamente no dieron rendimiento bajo estas condiciones. Por consiguiente, aunque todos estos cultivos respondieron positivamente al encalamiento, la yuca y el caupi toleraron mucho mejor la acidez del suelo. Actualmente se están efectuando selecciones a gran de escala en el campo y en soluciones nutritivas con el objeto de identificar los cultivares de yuca más tolerantes.

La toxicidad de Al se caracteriza por una falta general de vigor y un crecimiento radical muy pobre. Las hojas inferiores son amarillas y necróticas aún cuando esto también puede deberse a deficiencia de Mg, la cual se presenta a menudo simultáneamente con la toxicidad de Al en el campo. La Figura 16 muestra como el encalamiento del suelo puede realmente disminuir los rendimientos de la yuca al inducir deficiencia de Zn. La yuca, como la mayoría de los cultivos, únicamente dió una respuesta positiva a la aplicación de hasta 6 ton/ha de cal en presencia de una cantidad suficiente de Zn. La Figura 17 muestra como el contenido de Zn disminuyó drásticamente con el encalamiento, alcanzando niveles inferiores al contenido crítico de Zn (60 ppm) cuando se aplicaron 6 ton/ha de cal. La aplicación de Zn evitó que se llegara al nivel crítico y las plantas no sufrieron de deficiencia de Zn incluso con la dosis más alta de encalamiento. En consecuencia, se debe ser sumamen-

te cuidadoso al encalar suelos poco fértiles a fín de no inducir deficiencias de oligoelementos tales como Zn, Cu, Mn y B.

Samuels (1970) obtuvo en Puerto Rico una respuesta positiva a la aplicación de 2 ton/ha de cal a un suelo con un pH de 4.5. En Cruz das Almas (Brasil) no se logró obtener respuesta al encalamiento en 3 años de ensayos (Conceicao, 1973). No obstante, Silva (1968) y Normanha (1961) recomiendan la aplicación e incorporación profunda de cal en los suelos de Sao Paulo. (Rodríguez, 1976) aconseja aplicar 1.5 ton/ha de cal por cada me de Al/100 gm., aunque información del CIAT (1975) señala que la yuca puede tolerar relativamente bien de 2-3 me de Al/100 gm. Normanha (1951) sugiere utilizar 2 ton de cal dolomítica si el pH del suelo es inferior a 5. En India, Trivandrum (1971) también recomienda la aplicación de 2 ton/ha de cal y encontró que ésta aumentaba la disponibilidad de P.

En los suelos de turba de Malasia, Kanapathy (1970) y Lim (1973) observaron que la yuca sobrevivía sin encalamiento en suelos con un pH de 3.2 en tanto que el maíz y el maní murieron. Como el contenido de Al de estos suelos es muy bajo, este es principalmente un efecto directo del pH. Para obtener rendimientos óptimos, ellos recomiendan el uso de la cal y aclaran que su efecto benéfico se debe principalmente al aumento del pH más que al suministro de Ca.

La yuca tolera relativamente bien los suelos ácidos pero no un pH sumamente alto y es bastante sensible a la alcalinidad y salinidad del suelo. La Figura 18 muestra como los rendimientos de la yuca disminuyeron drásticamente cuando el pH era superior a 7.8, el porcentaje de saturación de Na era mayor de 2.5 por ciento, o la conductividad eléctrica superaba los 0.5-0.7 mmhos/cm. En cambio, estas condiciones no afectaron tanto los rendimientos del fríjol. Los cultivares de yuca tenían niveles de tolerancia muy diferentes y algunos eran adecuados para suelos con pH altos. Aún cuando la aplicación de 2 ton/ha de S incrementó los rendimientos bajo las condiciones de Ph alto del CIAT (1976), esta práctica es generalmente muy costosa para ser recomendada. Una solución más práctica es seleccionar otro cultivo o una variedad con mayor tolerancia a la salinidad.

Deficiencia de Azufre

El azufre es un componente básico de varios aminoácidos y en consecuencia, toma parte en la síntesis de las proteínas. Cuando el suministro de S es inadecuado, las plantas acumulan en las hojas cantidades excesivas de N inorgánico, aminoácidos y amidas y dejan de formar proteínas (Stewart, 1969). Krochmal (1968) y Asher (1975) observaron que la deficiencia de S se manifiesta en una coloración verde pálido a amarillo de las hojas superiores, similar a la ocasionada por la deficiencia de N. Ngongi (1976) encontró que en los Llanos Orientales de Colombia la aplicación de K_2SO_4 era significativamente mejor que la de KCl, pero que mezclando S con HCl se podía obtener un efecto similar. Por consiguiente, concluyó que el S era el factor limitante y que las aplicaciones altas de cloruros podían inhibir la absorción de sulfato e inducir la deficiencia de S.

Deficiencias de microelementos

Para diagnosticar las deficiencias de oligoelementos se recomienda efec-

tuar análisis de suelo y/o foliares. En la parte inferior del Cuadro 5 se indican los niveles considerados normales. Los niveles críticos de deficiencia de Zn (determinados mediante extracción con 0.25 N H_2SO_4 + 0.05 N HCl) son aproximadamente 60 ppm en las láminas foliares y 2 ppm en el suelo; en el caso del B estos son 15 ppm aproximadamente para las hojas (Forno, 1976) y 0.3-0.6 ppm de B soluble en agua caliente para el suelo.

Si bien la determinación de las deficiencias de elementos principales de la yuca con base en los síntomas visibles es bastante difícil, en el caso de los elementos menores éstos son muy claros y el diagnóstico es sencillo. Lozano (1976) tomó fotografías a color de dichos síntomas, los cuáles se describen brevemente a continuación (Krochmal, 1968; Asher, 1975; Lozano, 1976):

Deficiencia de Zn.

Moteado blanco o amarillo de las áreas intervenosas de las hojas superiores y producción de hojas muy pequeñas de color verde pálido en el punto de crecimiento. En casos severos las hojas se decoloran y toman una coloración entre blanca y amarilla.

Deficiencia de Cu.

Moteado blanco de las áreas intervenosas similar al causado por la deficiencia de Zn. En casos extremos se presenta amarillamiento uniforme de la parte superior de la planta, deformación del punto de crecimiento y disminución del desarrollo de las raíces.

Deficiencia de Fe.

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme o decoloración completa de las hojas superiores de la planta. No hay reducción en el tamaño de la planta.

Deficiencia de Mn.

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme de las hojas, similar al causado por la deficiencia de Fe sólo que el amarillo es más pálido y hay menos contraste entre el color de las venas y de las áreas intervenosas.

Deficiencia de B.

Manchas cloróticas pequeñas situadas cerca del ápice de las hojas jóvenes; plantas y hojas pequeñas; muerte del ápice radical e inhibición de la formación de raíces laterales.

Toxicidad de B.

Manchas necróticas y quemazón en el ápice foliar y a lo largo de los bordes de las hojas inferiores.

Los informes sobre deficiencias de microelementos en la yuca no son muy frecuentes, pero seguramente éstos limitan el rendimiento más de lo que se cree. Cuando no se aplica Cu a los suelos de turba de Malasia, la yuca presenta raquitismos y la parte superior de la planta se vuelve completamente amarilla (Kanapathy, 1970). Chew (1971) recomienda una fertilización básica de 15 kg/ha de Cu en forma de $CuSO_4$, la cual elimina este problema durante varios años. En Colombia, tanto bajo las condiciones alcalinas del CIAT como en los suelos sumamente ácidos de los Llanos Orientales, se observan a menudo síntomas de deficiencia de Zn y respuestas significativas de la yuca a la aplicación de este elemento. En el CIAT los mejores resultados se obtuvieron con una aplicación foliar de $ZnSO_4$ al 1 por ciento o sumergiendo el material vegetativo de propagación en una solución de $ZnSO_4$ al 1 por ciento antes de la siembra. La medida más efectiva en los suelos ácidos de los Llanos fué la aplicación de $ZnSO_4$ (10 kg/ha), aunque una combinación de inmersión de los cangres en la solución y aplicación foliar es probablemente el sistema de aplicación más económico.

La Figura 19 muestra que entre los oligoelementos ensayados en los Llanos, el Zn dió la mejor respuesta seguido por el Cu y el Mn. Sin embargo, nunca se observaron síntomas de deficiencia de Mn y Cu. Aunque estos suelos tienen un contenido bajo de B, la yuca no respondió realmente a la aplicación de B. En comparación con cultivos como el maíz y el fríjol, la yuca tiene un requerimiento relativamente bajo de B, a diferencia de su requerimiento excepcionalmente alto de Zn. La aplicación de cantidades excesivas de un microelemento puede inducir fácilmente la deficiencia de otro. Los elementos menores pueden ser de suma importancia para obtener una producción óptima, pero su aplicación se debe dosificar cuidadosamente.

Resumen y conclusiones

Aunque la yuca se desarrolla relativamente bien en suelos infértiles ácidos donde muchos cultivos no prosperan, también responde a la fertilización y de hecho tiene un requerimiento de P sumamente alto. El P es generalmente el elemento más limitante del rendimiento en tres clases de suelos tropicales; en los Llanos Orientales de Colombia los rendimientos se triplicaron por medio de la fertilización adecuada con P.

La yuca extrae grandes cantidades de K del suelo (aproximadamente 10 kg de K_2O por cada 25 toneladas de raíces) y este elemento puede agotarse si si cultiva yuca continuamente sin retornar al suelo cantidades apropiadas de K. Bajo esas condiciones el cultivo responde a dosis altas de K.

En comparación con otros cultivos la yuca tiene un requerimiento de N igual o más bajo, y por lo general sólo se recomienda aplicar niveles bajos de N; la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados estimula el crecimiento del follaje y reduce la síntesis del almidón. La yuca tolera bastante bien los suelos ácidos donde otros cultivos sufren de toxicidad de Al o de Mn. También tolera un pH bajo, aún cuando el pH óptimo para este cultivo varía de 5.5-7.5. La yuca responde a dosis bajas de K pero es susceptible al exceso de encalamiento, el cual puede inducir deficiencias de elementos menores.

Entre las deficiencias de elementos menores, la de Zn es la más frecuente; se puede subsanar mediante la aplicación de $ZnSO_4$ al suelo, empleándolo

como aspersión foliar o para sumergir el material de propagación.

Por medio de la selección de un gran número de cultivares de yuca por su tolerancia a las condiciones adversas del suelo, tales como la acidez o la poca disponibilidad de P, es posible obtener material genético que esté excepcionalmente bien adaptado para desarrollarse en suelos pobres con un mínimo de fertilización.

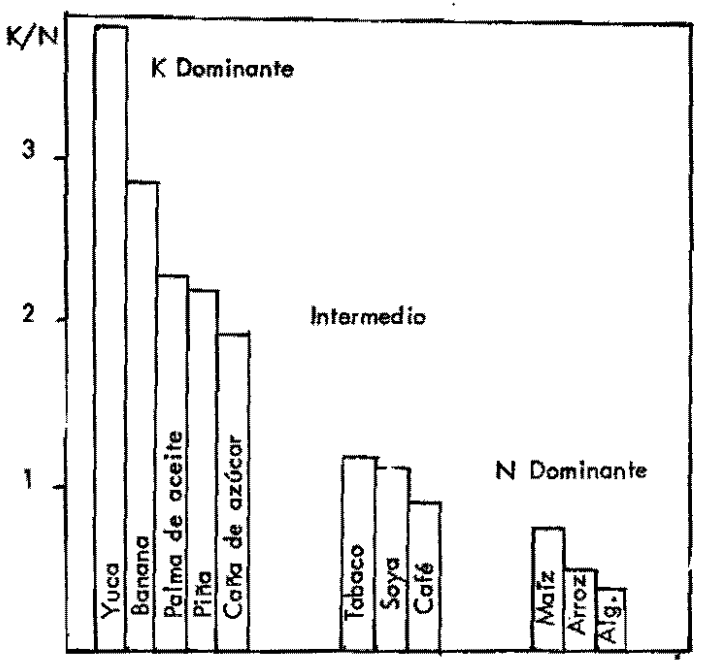


Figura 1. La relación K/N de extracción de varios cultivos tropicales (Prevott 22).

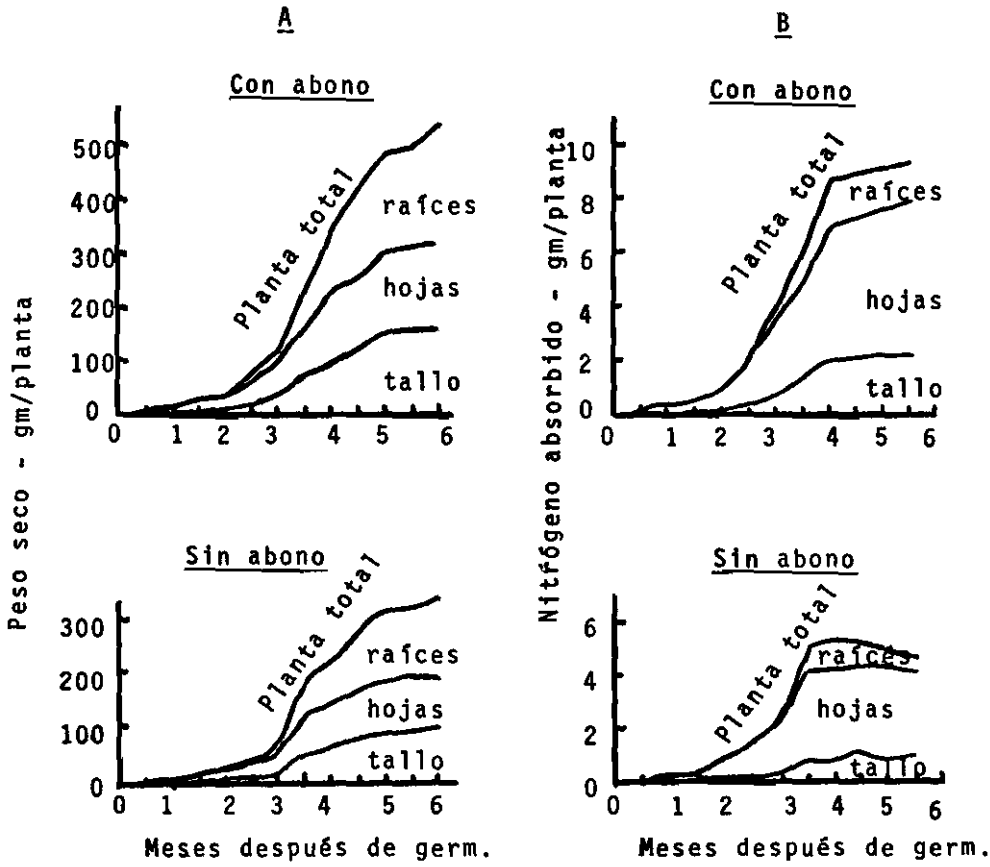


Figura 2. La acumulación y distribución de materia seca (A) y Nitrógeno (B) durante seis meses de crecimiento de la yuca en Argentina (Oriolí, 1967).

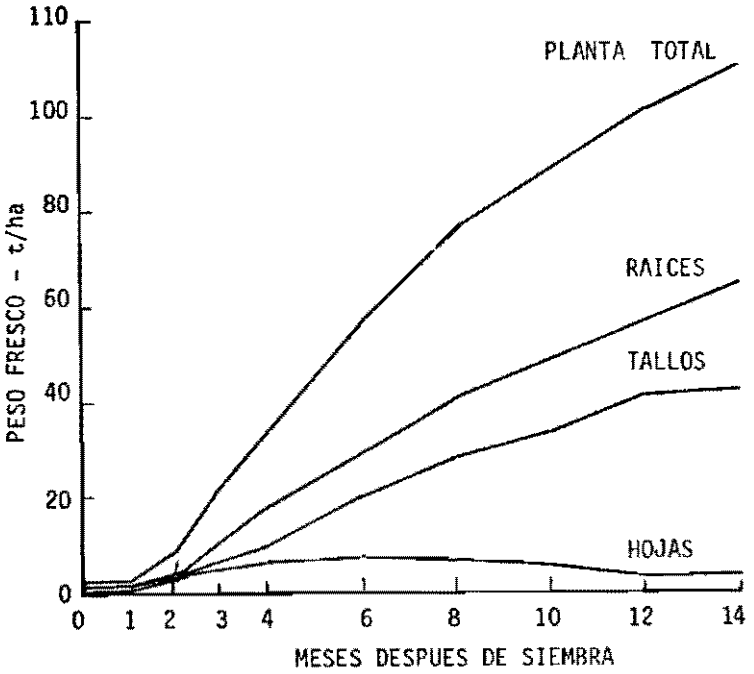


Figura 3. Acumulación y distribución de materia fresca durante un ciclo de 14 meses de crecimiento de la yuca en Indonesia (Nyholt, 1935).

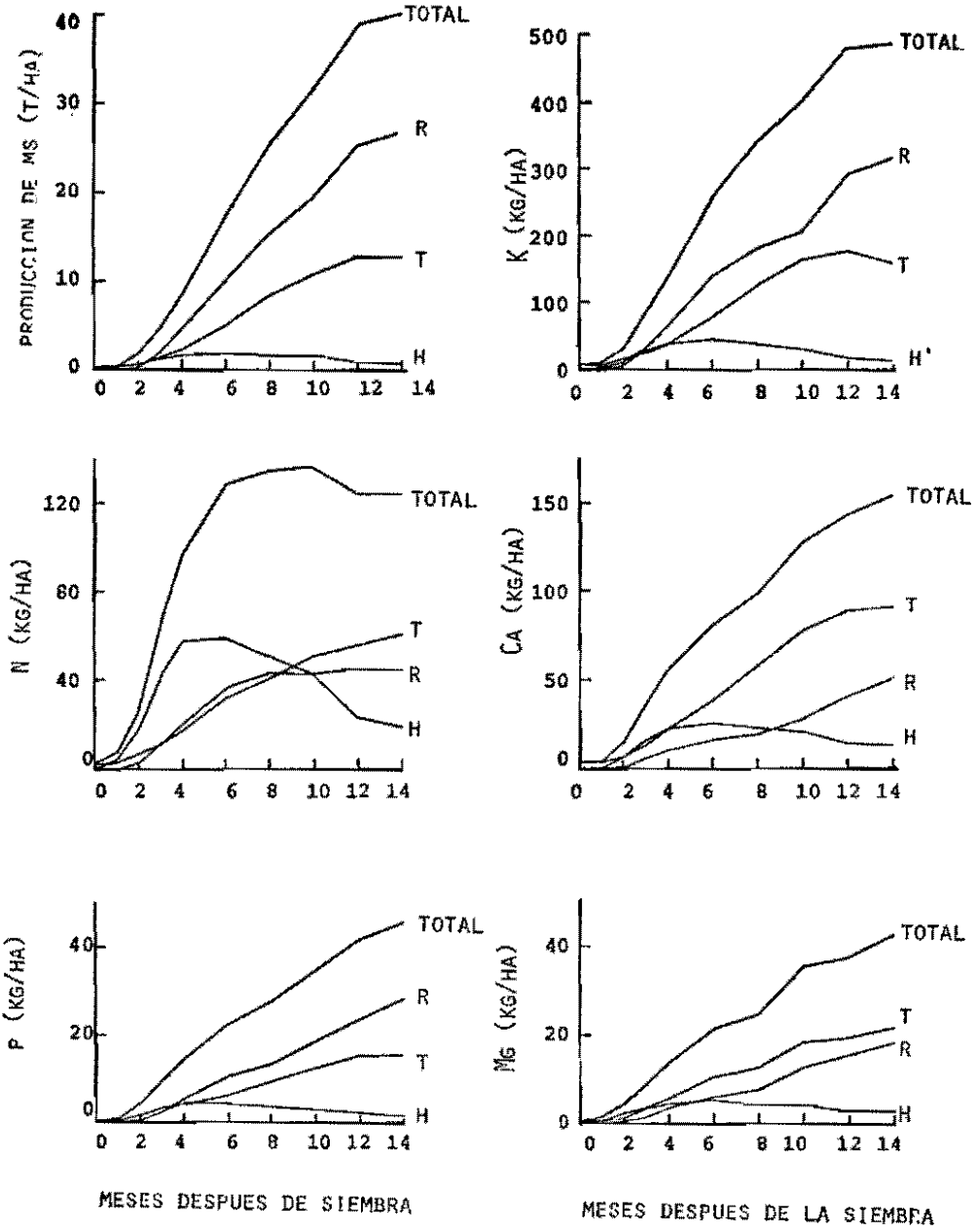


Figura 4. Acumulación de materia seca, N,P,K,C_a y Mg en las hojas (H), tallos (T), raices (R) y en la planta total (Total) en el cultivar, Sao Pedro Preto durante un ciclo de crecimiento de 14 meses en Indonesia.

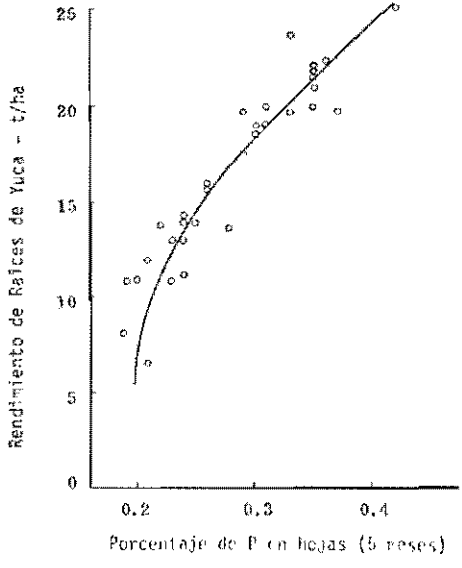


Figura 5. Relación entre el rendimiento de la yuca y el contenido de P en las hojas superiores totalmente abiertas cinco meses después de la siembra.

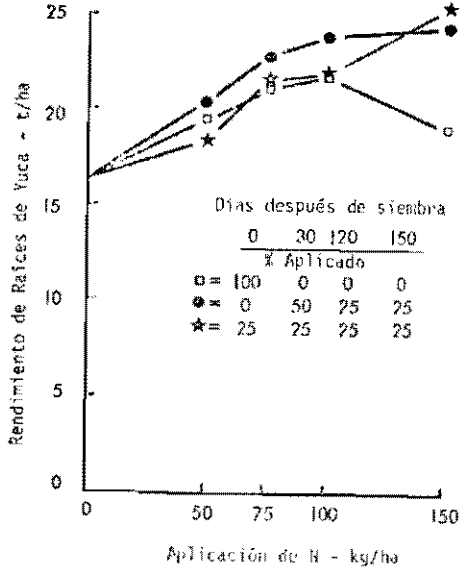


Figura 6. Respuesta de la yuca a varios niveles y épocas de aplicación de Urea-Nitrógeno en Carimagua

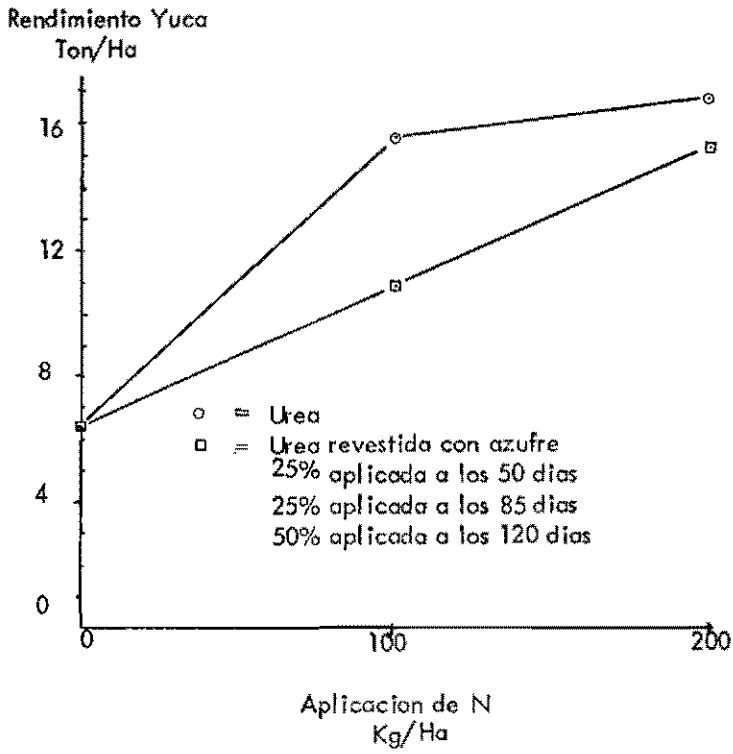


Figura 7. La respuesta de yuca a la aplicación de tres niveles y dos fuentes de N. en Carimagua

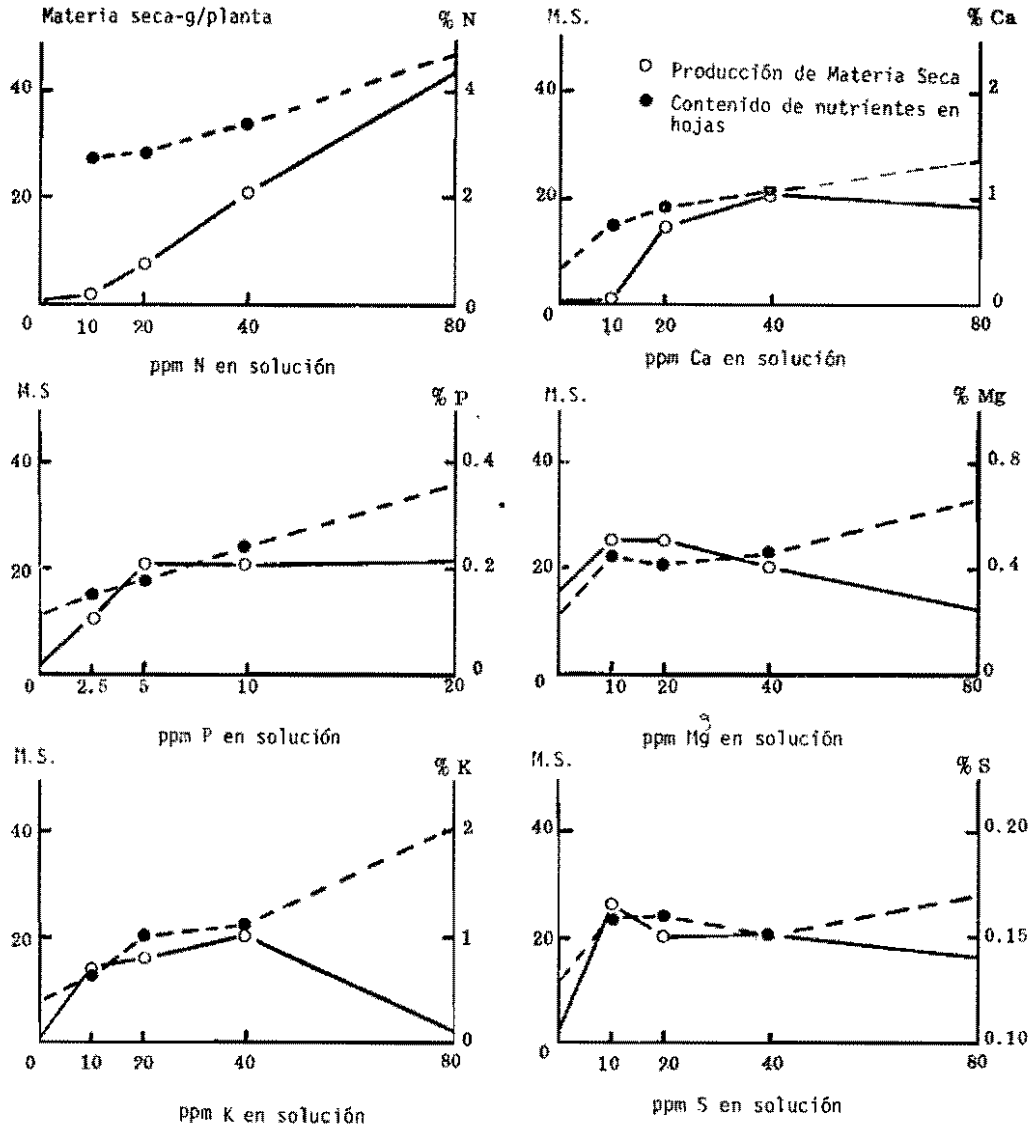


Figura 8. Producción de materia seca total y contenido de nutrimentos en las hojas de la yuca.

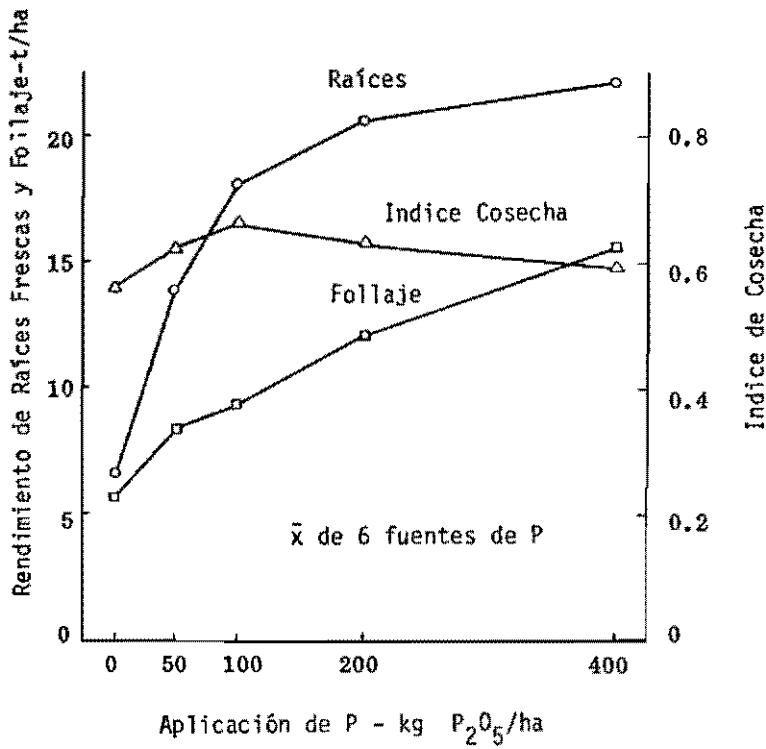


Figura 9. Efecto de la aplicación de P (promedio de seis fuentes) sobre el rendimiento de raíces frescas y de follaje y sobre el Indice de Cosecha de la yuca.

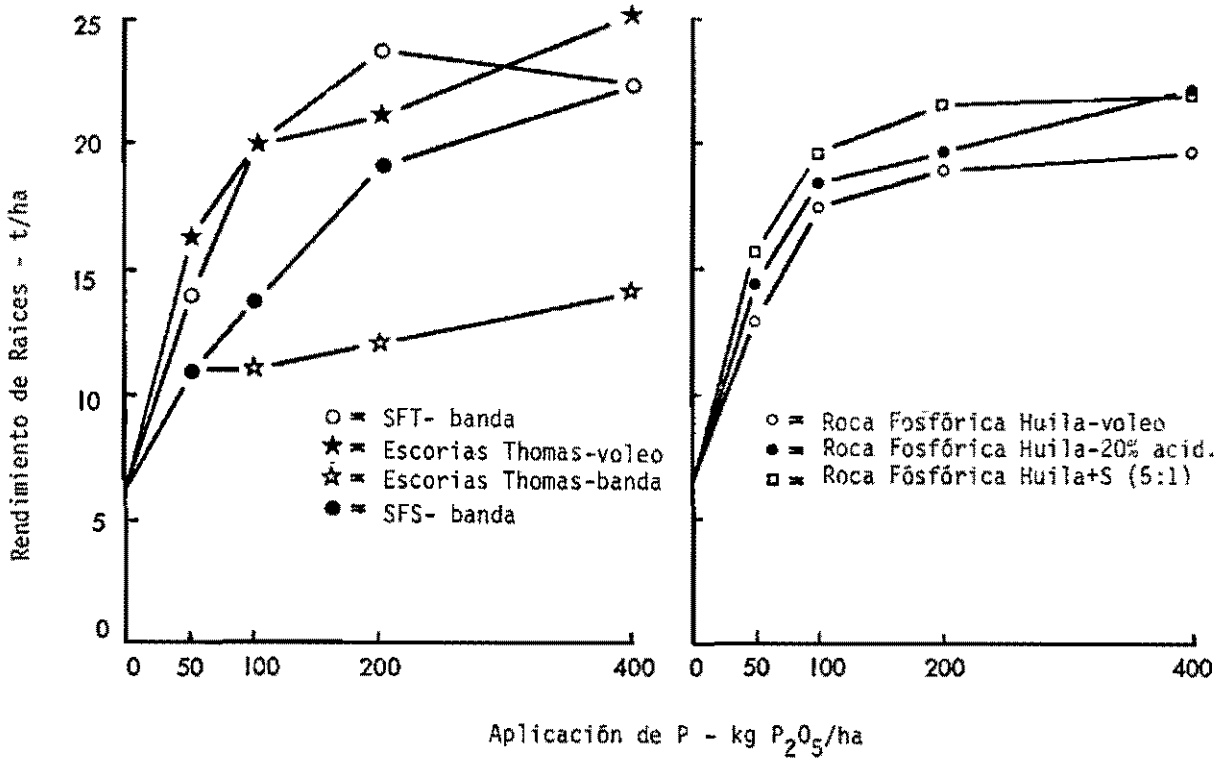


Figura 10. Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de P aplicados a el voleo o en bandas en Carimagua.

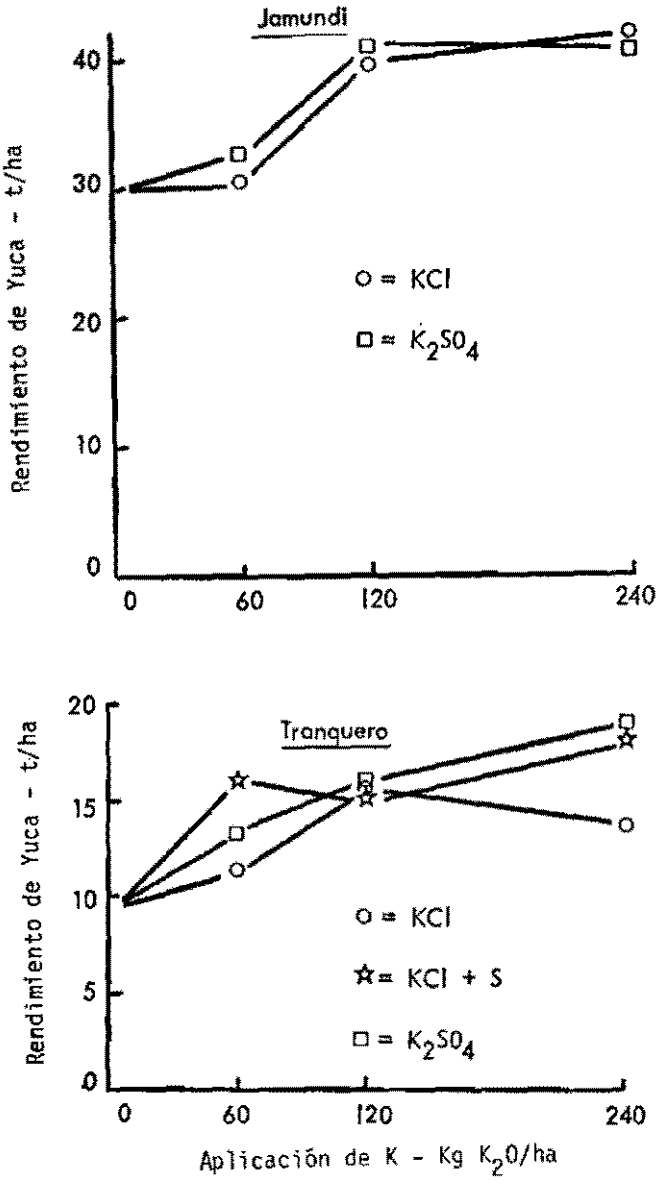


Figura 11. Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de K aplicados en Jamundí (Valle del Cauca) y Tranquero (cerca a Carimagua).

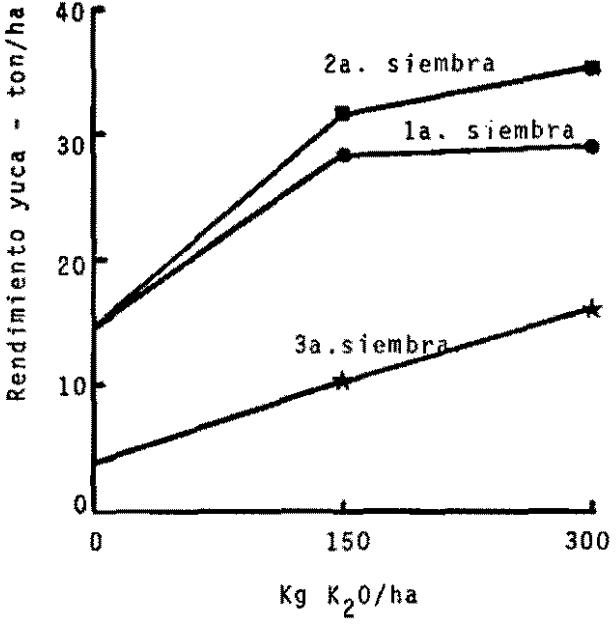


Figura 12. Respuesta de tres siembras de yuca a varios niveles de K aplicados antes de la primera siembra (Den Doop, 1937).

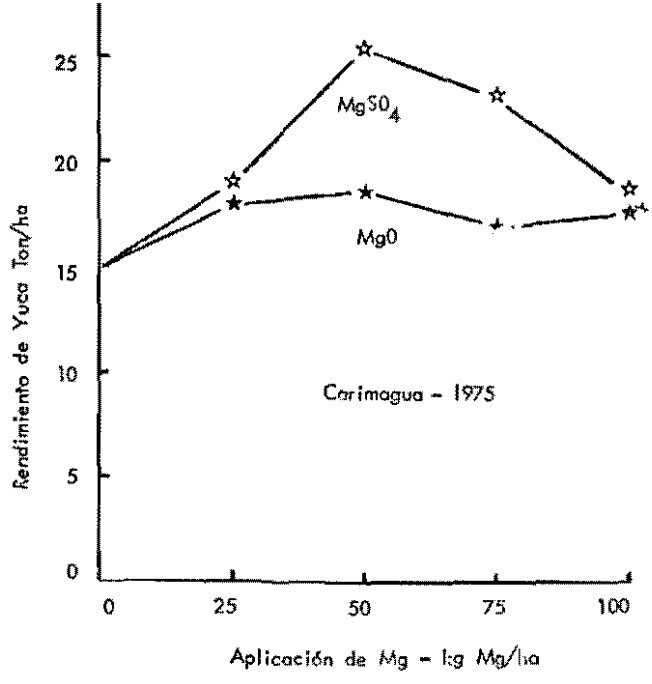


Figura 13. Respuesta de la yuca a varios niveles de Mg aplicados como MgO_4 y MgO en Tranquero (cerca a Carimagua en 1975).

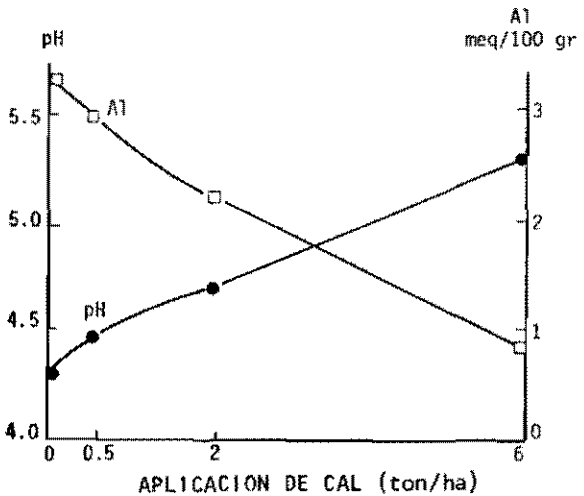


Figura 14. El efecto de la cal en el pH y en el aluminio intercambiable en un suelo de Carimagua.

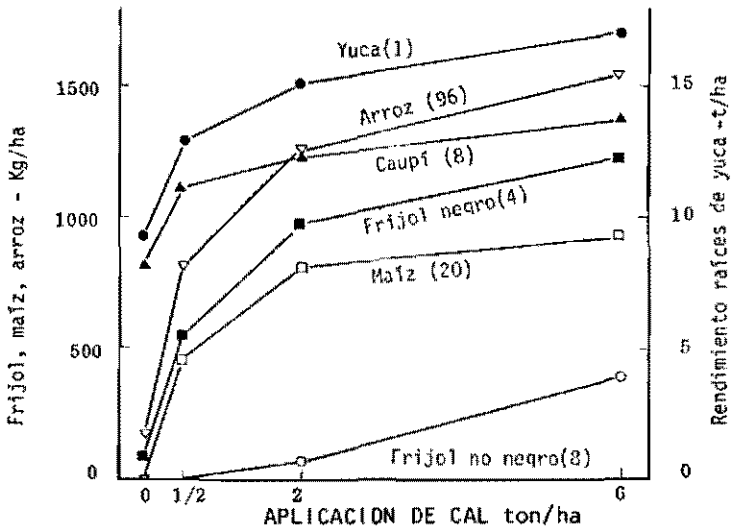


Figura 15. Respuesta de seis cultivos alimenticios a la aplicación de cal en Carimagua. Los números entre paréntesis indican el número de cultivares.

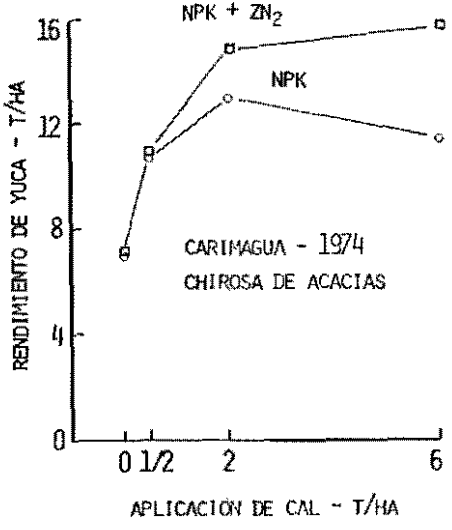


Figura 16. La respuesta de la yuca a la aplicación de cal con y sin la aplicación de 20 kg/ha de zinc.

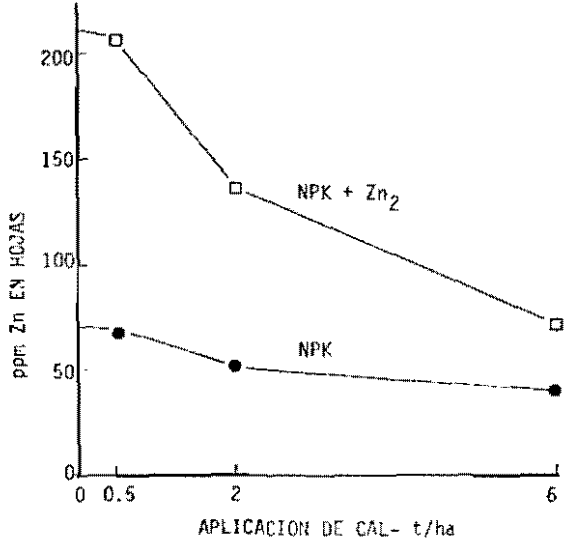


Figura 17. El efecto de la cal en el contenido de Zn en hojas de yuca a los dos meses de edad, con y sin la aplicación de Zn al suelo.

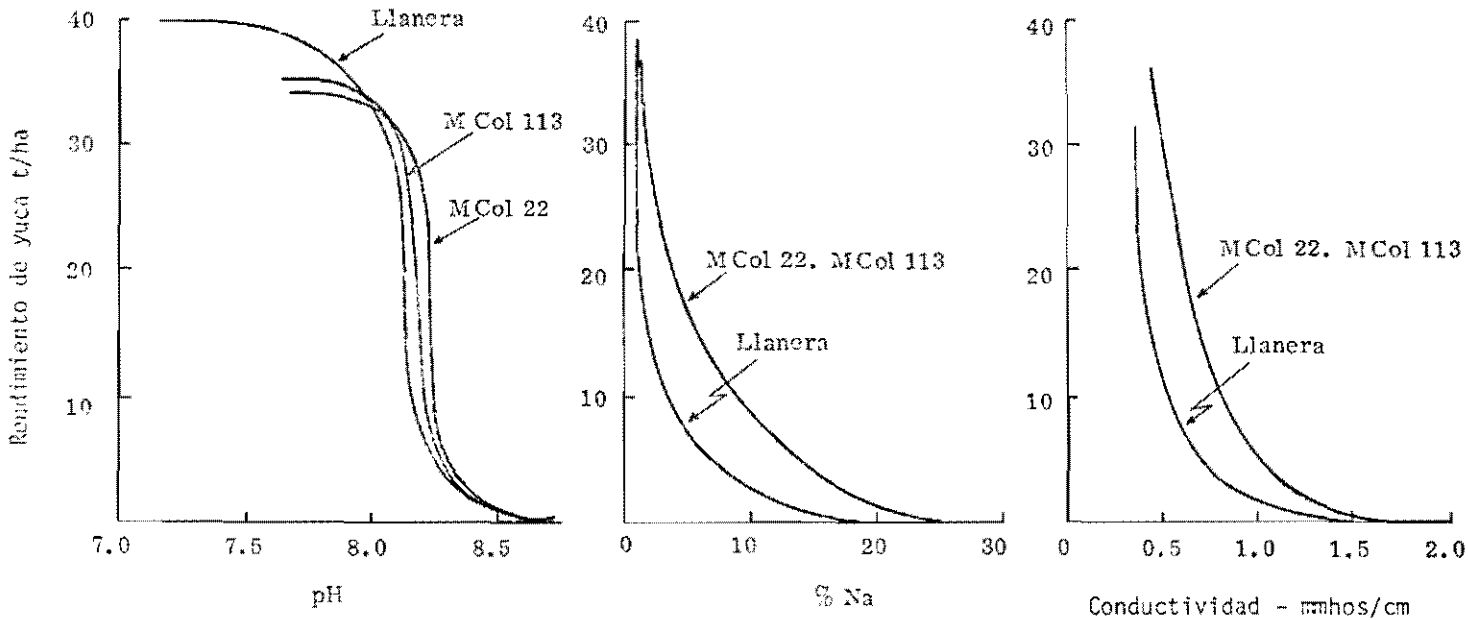


Figura 18. Efecto del Ph del suelo, del porcentaje de saturación de sodio y de la conductividad eléctrica sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca en el CIAT, Palmira.

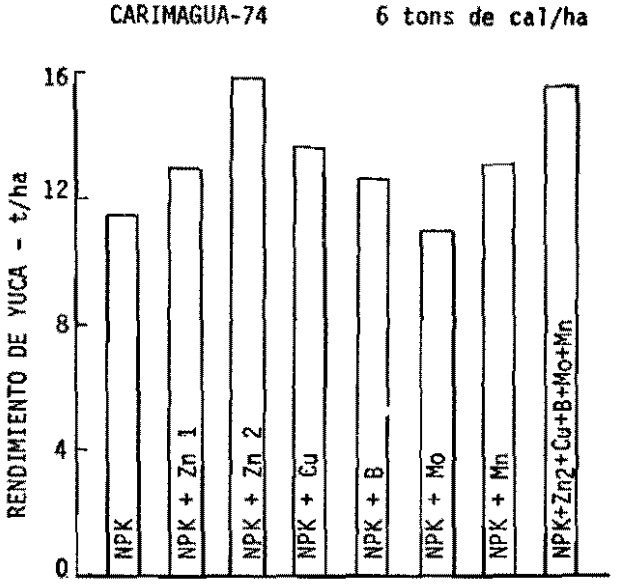


Figura 19. La respuesta de la yuca a la aplicación de elementos menores en un nivel de cal de 6 toneladas/ha.

CUADRO 1. CANTIDAD DE NUTRIMENTOS EXTRAIDOS POR TONELADA DE RAICES DE YUCA COSECHADA.

Parte de la Planta	Rendimiento de Raíces Ton/ha	kg/ha N	P	K	Ca	Mg	Referencia
Raíces	40	1.83	0.37	1.82	0.36	1.08	Dulong (1971)
Raíces	52.7	0.72	0.53	5.08	0.65	0.37	Nyholt (1935)
Planta Completa	52.7	2.50	0.92	9.04	3.06	0.99	Nyholt (1935)
Raíces	64.6	0.70	0.44	4.91	0.79	0.28	Nyholt (1935)
Planta Completa	64.6	1.93	0.70	7.53	2.40	0.66	Nyholt (1935)
Raíces	6	1.0	0.29	2.64			Hongsapan (1962)
Raíces	42	3.64	0.40	4.40	0.60	0.14	Dufournet (1957)
Tallos	42	2.38	0.26	1.55	0.40	0.55	Dufournet (1957)
Planta Completa	42	6.02	0.67	5.95	1.00	0.69	Dufournet (1957)
Raíces	26	6.85	0.77	3.50	1.0	0.12	Dufournet (1957)
Tallos	26	4.12	0.62	1.19	1.15	0.35	Dufournet (1957)
Planta Completa	26	10.96	1.38	4.69	2.15	0.46	Dufournet (1957)
Raíces	25	2.20	0.19	1.60	-	-	Díaz (1966)
Raíces	50	3.06	0.34	3.70	0.50	0.12	Cours (1953)
Tallos	50	2.00	0.22	1.30	0.34	0.46	Cours (1953)
Planta Completa	50	5.06	0.56	5.00	0.84	0.58	Cours (1953)
Raíces	18.6	1.14	0.50	2.35	0.41	0.53	Kanapathy (1974)
Planta Completa	18.6	4.67	2.02	7.33	2.45	1.87	
Raíces	2.6	1.49	0.49	2.11	-	-	Mejía Franco (1946)
Raíces	-	0.70	0.44	2.8	1.00	0.05	Bonnefoy (1933)
Planta Completa	-	20.10	2.40	9.0	9.90	2.20	Bonnefoy (1933)
Raíces	-	2.02	0.43	3.02	-	-	Kanapathy (1970)
Planta Completa	-	6.28	1.89	6.53	-	-	
Raíces	-	3.00	0.50	3.5	0.60	0.10	Cours (1953)
Tallos	-	2.00	0.30	1.5	0.60	0.40	Cours (1953)
Planta Completa	-	5.00	0.80	5.0	1.20	0.50	Cours (1953)
Raíces	-	1.82	0.36	1.77	0.34	1.08	Velly (1969)
Raíces	30	2.0	0.71	7.05	-	-	De Geus (1967)
Raíces	40	2.12	0.66	5.74	1.32	-	De Geus (1967)
PROMEDIO							
Raíces	-	2.14	0.46	3.50	0.69	0.39	
Planta Completa	-	6.95	1.26	6.67	2.87	0.99	

CUADRO 2. CONTENIDO NUTRITIVO EN HOJAS, TALLOS Y RAICES DE VARIAS EDADES DE LA PLANTA DE YUCA (TOMADO DE NYHOLT 1935).

	Hojas - % de MS					Tallos - % de MS					Raíces - % de MS				
Month	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
2	3.28	0.29	2.21	1.13	0.33	0.88	0.27	1.96	1.07	0.30	1.03	0.19	2.13	0.48	0.16
4	3.41	0.27	2.05	1.38	0.28	0.81	0.21	1.69	1.03	0.27	0.45	0.11	1.47	0.22	0.07
6	3.06	0.24	2.11	1.37	0.27	0.64	0.13	1.53	0.78	0.20	0.36	0.11	1.41	0.16	0.06
8	3.20	0.24	2.16	1.43	0.28	0.49	0.12	1.52	0.69	0.15	0.28	0.09	1.18	0.13	0.05
10	2.79	0.22	2.00	1.39	0.28	0.48	0.12	1.53	0.73	0.17	0.22	0.10	1.07	0.15	0.07
12	2.47	0.23	1.61	1.48	0.29	0.44	0.12	1.38	0.70	0.15	0.13	0.09	1.14	0.16	0.06
14	2.34	0.23	1.33	1.61	0.35	0.48	0.12	1.26	0.72	0.17	0.17	0.11	1.19	0.19	0.07

CUADRO 3. CONTENIDO NUTRITIVO DE DIFERENTES HOJAS, PECIOLOS Y TALLOS DE YUCA (COURS, 1961)

Parte de la Planta	% M.S.			
	N	P	K	Ca
Hoja Superior	3.84	0.23	0.80	0.45
Hoja Inferior	2.48	0.18	0.72	0.81
Pecíolo de la Hoja Superior	1.68	0.17	1.04	1.13
Pecíolo de la Hoja Inferior	1.40	0.08	1.15	1.02
Parte Superior de Rama Jóven	1.36	0.16	0.49	1.40
Parte Inferior de Rama Jóven	1.28	0.06	0.40	0.45
Rama Primaria	1.00	0.05	0.51	0.37
Felodernis de tallo Principal	1.12	0.06	1.81	0.85
Madera de Tallo Principal	0.76	0.07	0.40	

CUADRO 4. CONTENIDO NUTRITIVO DE DIFERENTES PARTES DE YUCA REPORTADAS POR VARIOS INVESTIGADORES.

Parte de la Planta	%						Referencia
	N	P	K	Ca	Mg	S	
Hojas Jóvenes	5.5	0.4	1.2	0.7	0.3		Cours (1953)
Hojas Viejas	5.0	0.3	0.7	1.4	0.4		
Cangre	0.95	0.39	2.47	0.42			Crioli (1967)
Hojas	2.80	0.25	1.27	2.23	0.55		Krochmal (1970)
Pecfolos	0.86	0.24	1.56	5.86	1.23		
Tallos	0.60	0.36	1.92	0.88	0.17		
Raíces	0.27	0.11	0.59	0.10	0.13		Kanapathy (1970)
Hojas	4.31-4.82	0.33-0.37	0.58-0.92				Roche (1957)
Hojas	3.54-6.17	0.22-0.37	0.78-1.05	0.27-0.93	0.24-0.44		Cours (1953)
Hojas		0.19		1.29			Barrios (1967)
Raíces		0.10		0.04			Barrios
Raíces		0.10		0.12			Barrios
Hojas + Ramitas	3.18	0.33	1.33	1.08	0.64		Kanapathy (1970)
Tallos	0.61	0.49	1.13	0.52	0.36		
Raíces	0.28	0.12	0.57	0.10	0.14		
Hojas	4.65	0.18	1.14	1.07	0.42	0.16	CIAT (1974)
Láminas Foliares	4.78	0.22	1.65	0.60	0.22		Ngongi (1976)
Pecfolos	1.59	0.11	2.80	1.48	0.22		Ngongi (1976)
Raíces (Peladas)	0.70	0.07	0.73	0.04	0.03		Ngongi (1976)
Láminas Foliares	5.0		1.74			0.37	Ngongi (1976)
Pecfolos	1.6		2.35				Ngongi (1976)
Raíces (Peladas)	0.47		0.80			0.06	Ngongi (1976)
Láminas Foliares	4.9	0.22	1.48	0.66	0.23		Ngongi (1976)
Pecfolos	1.52	0.11	1.88	1.52	0.30		Ngongi (1976)
Raíces (Peladas)	0.35	0.05	0.67	0.04	0.05		Ngongi (1976)
Lámina Foliar	4.5-6.5	0.2 -0.5	1.0 -2.0	0.75-1.5	0.25-1.0		CIAT (1974)
Lámina Foliar	4.9-5.6	0.25-0.27	1.5 -1.8	0.6 -0.7	0.22-0.23	0.34-0.37	CIAT (1975)
Pecfolos	1.4-1.6	0.12-0.13	2.2 -3.3	1.2 -1.5	0.30-0.41	0.13-0.14	CIAT (1975)

CUADRO 5. CANTIDAD DE ELEMENTOS MENORES CONTENIDOS EN VARIAS PARTES DE LA PLANTA DE YUCA REPORTADOS POR DIFERENTES INVESTIGADORES.

Parte de la Planta	ppm B	Zn	Mn	Cu	Fe	Referencia
Raíces		10.5-63.2	4.2-10	2.1-8-4	13.2-74.2	
Raíces		28.2	6.1	3.3	34.2	Muthususwami (1974)
Raíces (Peladas)		204	273	20	152	Albuquerque (1968)
Hojas + ramitas			262		72	Kanapathy (1970)
Tallos			65		45	Kanapathy (1970)
Raíces			10		17	Kanapathy (1970)
Raíces (Completas)					274	Barrios (1967)
Raíces (Peladas)					592	Barrios (1967)
Raíces (Completas)					443	Barrios (1967)
Raíces (Peladas)					729	Barrios (1967)
Hojas					505	Barrios (1967)
Hojas			150		140	Pages (1955)
Hojas	15-40	40-100	50-150	6-12	100-200	CIAT (1974)
Retoños	15-150*					Forno (1977)

*Fluctúa desde deficiencia de B hasta toxicidad de B.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta J., R. and Pérez, J. 1954. Abonamiento en Yuca (Fertilization of Cassava). Suelo Tico 7(31):300-308.

2. Albuquerque, M. De. 1968. Estudio de Fertilidade con Mandioca em Latosolo Amarelo Escotado da Zona do Estuario Amazonico. (Fertility Studies with Cassava on Exhausted Yellow Latosol in the Amazonian Estuary Zone). Brasil, Insitituto de Pesquisas e Experimentacao Agropecuarias do Norte. Boletin Informativo No.134.

3. Amon, B.O.E. and Adetunji, S.A. 1973. The Response of Maize, Yam and Cassava to Fertilizers in a Rotation Experiment in the Savannah Zone of Western Nigeria. Nigerian Agricultural Journal 10(1):91-98.

4. Asher, C.J. 1975. Symptoms of Nutritional Disorders in Cassava. Mimeograph Dept. Agr., Un. Queensland, Brisbane, Australia.

5. Barrios, E.A. and R. Bossani. 1967. Composición Química de la Raíz y de la Hoja de algunas Variedades de Yuca Manihot. Turrialba 17:314- 320

6. Birkinshaw, F.A. 1926. A brief summary of tapioca cultivation on what is a now valuable rubber estate in province Wellesley. Malayan Agr. J. 14(11):361-364.

7. Blin, H. 1905. La fumure du manioc. (Fertilization of Cassava). Bulletin Economique de Madagascar No. 3:419-421.

8. Bonnefoy, J.V. 1933. Calcul des éléments fertilisants enlevés au sol par une récolte de manioc. (Calculation of the Fertilizer elements taken from the soil by a cassava harvest). Bulletin Economique de Madagascar No. 83:75-77.

9. Campos, H. Dos R. and Sena, Z.F. De. 1974. Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (Manihot esculenta Crantz) em diferentes idades. (Distribution of the Root System of "Aipim Maragogipe" (Manihot esculenta Crantz) at different growing periods. Cruz das Almas, Bahia, Brasil, Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia.

10. Chadha, T.R. 1958. Fertilizer Experiments on Tapioca in the Kerala State Journal of the Indian Society of Soil Science 6(1):53-63.

11. Chan, Seak Khen. 1970. Notes on the Growing of Cassava at Serdang. in: Blencowe, E.K. and J.W. Blencowe. Crop Diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia, Incorporated Society of Planters. pp.139-148.

12. Chew. W.Y. 1970. Varieties and NPK Fertilizers for Tapioca (Manihot utilissima Phol) on Peat. Malaysian Agricultural Journal 47(4): 483-491.

13. Chew, W.Y. 1971. The Performance of Tapioca, Sweet Potato and Ginger on Peat at the Federal Experiment Station, Jalan Kebun, Selangor. Kuala Lumpur, Agronomy Branch, Division of Agriculture. 7p.

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

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

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

17. Conceicao, A.J. Da., Tavares, F.D. and Guemaraes, C.D. 1973. Calagem em solos para mandioca. (Fertilizer application for cassava) Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia. Brascan Nordeste. Serie Pesquisa 1 (1):53-60.

18. Cours, G. 1953. Le manioc. (Cassava). In Recherche AGronomique de Madagascar. Inspection Generales des Services Agricolas. Compte rendu No.2:78-88.

19. Cours, G., Fritz, J. and Ramahadimby, G. 1961. El Diagnóstico Felodermico de la Mandioca. (phellodermic Diagnosis of the Nutritional Status of Cassava). Fertilité No. 12:3-20.

20. Dias, C.A. de C. 1966. Mandioca também se aduba (Cassava also has to be fertilized). Fir, 8(9):14-16.

21. Doop, J.E.A. Den. 1937. Groene bemesting, Kunstmest and andere factoren in Sisal - en Cassave-productie, VI. (Green manure fertilizers and other factors in sisal and cassava production, VI). Bergcultures 11(36) 1290-1305.

22. Doop, J.E.A. Den. 1937. Groene Bemesting, Kunstmest en andere factoren in Sisal - en Cassave-productie. (Green manure, fertilizers and other factors in the production of sisal and cassava, V). De Bergcultures 9:264-278.

23. Doop, J.E.A. Den. 1941. Factors influencing the availability of the indigenous phosphorus in an acid tropical soil. Soil Science 52N101-120.

24. Du Furnet, R. y Guarin. 1957. Note sur la culture du manioc a Madagascar. Riz et Riziculture 3:15-38.

25. Dulong, R. 1971. Le manioc a Madagascar (Manioc in Madagascar). Agrnomie Tropicale 26 (8):791-829.

26. Essais De. 1953. Fumure du manioc. (Fertilizer Trials with Cassava), Recherche Agronomique de Madagascar. Compte Rendu No. 2:85-88.

27. Fassbender, H.W. 1967. La fertilización del Frîjol (Phaseolus sp). Turrialba (17(1):46-52

28. Forno, D.A. 1977. Mineral Nutrition of Cassava. Ph.D. Thesis, Un. of Queensland, Brisbane, Australia.

29. Forno, D.A., Asher, C.J. and Edwards, D.G. 1976. Mist Propagation of Cassava Tip Cuttings for Nutritional Studies: Effects of Substrate Calcium Concentration, Temperature and Shading. Tropical Agriculture (Trinidad) 58(1):47-55.

30. Fox, R.H., Talleyrand, H. and Scott T.W. 1975. Effect of Nitrogen Fertilization on Yields and Nitrogen Content of Cassava, Llanera Cultivar. Journal of Agriculture of University of Puerto Rico 59(2):115-124.

31. De Geus, J.G. 1967. Root Crop; Cassava. In: De Geus, J.G. Fertilizer Guide for Tropical and Subtropical Farming. Zurich, Centre D'Estude de l'azote. pp 181-185.

32. Gómez, A. 1975. Erosión y conservación de los Suelos de Ladera de los Departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda (erosion and soil conservation of steep soils of the Departments Caldas, Quindío and Risaralda). Mimeograph CENICAGE. Manizales, Colombia.

33. Hongsapan, S. 1962. Does planting of cassava really impoverish the soil? Kasikorn 35(5):403-407.

34. Instituto Colombiano Agropecuario. 1971. Respuesta de la Yuca a la Fertilización en Parcelas Demostrativas (Cassava Response to Fertilization in Demostration Plots).Tibaitatá, Colombia.

35. Irving, H. 1956. Fertilizer Studies in Eastern Nigeria, 1947-51. Enugu, Nigeria. The Government Printer. 34 p.

36. Kanapathy, K. and Keat, G.A. 1970. Growing maize, sorghum and tapioca on peat soil. In Glencowe, E.K. and J.W., eds. Crop Diversification in Malaysia. Kuala Lumpur, Malausia, Incorporated Society of Planters. pp. 25-35.

37. Kanapathy, K. 1974. Fertilizer Experiments on Shallow Peat under Continuos Cropping With Tapioca. Malaysian Agricultural Journal 49(4): 403-412.

38. Krochmal, A. and C. Samuels, 1968. Deficiency Symptoms in Nutrient pot Experiments with Cassava. CEIBA 14:7-16

39. Krochmal, A. and C. Samuels. 1970. The Influence of NPK levels on the growth and tuber development of Cassava in tanks. Ceiba. 16(2):35-43.

40. Kumar, B. Moham, R.C. Mandal and M.L. Magoon. 1971. Influence of Potash on Cassava. Indian Journal of Agronomy. 16(1):82-84.

41. Kumar, B. Moham, R.C. Mandal, G.M. Nair, and N. Hrishi, 1977. Effect of Farm Yard Manure and NPK on Cassava. p.122-124. In J. Cock, R. Mcintyre and M. Graham (Ed). Proc. IV Symp. Intern. Sec. Trop. Root Crops. Cali, Colombia, 1976.

42. Lambourne, J. 1927. A preliminary Report on Tapioca as a Catch Crop with Oil Palms. Malayn Agr. J. 15:104-113.

43. Le Manioc. (Cassava). 1952. Recherche Agronomique de Madagascar No.1: 49-52.

44. Lim, C.K., Chin, Y.K. and Bolle-Jones, E.W. 1973. Crop Indicators of Nutrient Status of Peat Soil. Malaysian Agricultural Journal 49(2): 198-207.

45. Lotero, J.C. 1974. Absorción de Fósforo y sus Funciones en la Planta. En Suelos Ecuatoriales. El Fósforo en zonas tropicales. pp.422.

46. Lozano, J.C., A. Bellotti, A. van Schoonhoven, R. Howeler, J. Doll, D. Howell and T. Bates. 1976. Field Problems of Cassava. CIAT Serie Ge-16. Cali, Colombia.

47. Malavolta, E. et al. 1954. Estudos sobre a alimentacao mineral da mandioca (Manihot utilissima Pohl). Mineral Nutrients of Cassava (Manihot utilissima Pohl). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Brasil) 11:21-40

48. Malavolta, E., E.A. Graner, T. Coury; M.O.C. Brasil sobr and J.A.C. Pacheco. 1952. Studies on the Mineral Nutrition of Cassava (Manihot utilissima Pohl). Plant Physiology. 30 (1):81-82.

49. Mandal, R.C. Singh, K.D. and Maggon, M.L. 1971. Relative Efficacy of Different Sources, levels and split application of nitrogen in tapioca. Indian Journal of Agronomy 16(4):449-452.

50. Mejía Franco, R. 1964. El cultivo de la Yuca y su Explotación Industrial Agr. Tropical 1:13-21.

51. Murillo, A.G. 1967. Estudios sobre Yuca (Manihot utilissima Pohl). Un. de Costa Rica. San José, Costa Rica.

52. Muthuswamy, P. et al 1974. Hydrocyanic acid content of cassava (Manihot esculenta Crantz) peel as affected by fertilizer application. Current Science 43(10):312.

53. Ngongi, A.G.N. 1976. Influence of some mineral nutrients on growth, composiciton and yield of cassava (Manihot esculenta Crantz). Ph. D.

54. Normanha, E.S. 1951. Adubacao da mandioca no Estado de Sao Paulo. I. Efeito da adubacao mineral. (Cassava fertilization in the State of Sao Paulo. I. Effect of Mineral Fertilization). Bragantia 11(7-9): 181-194.

55. Normanha, E.S. and Freire, E.S. 1959. Consequencias da aplicacao de adubos em contato com ramas de mandioca. (Effect of Fertilizer Application in Contact with Cassava Cuttings). Bragantia 18:1-4.

56. Normanha, E.S. 1960. Adubacao do mandioca e mamoneiras em terras fracas. (Manuring of Cassava and castor-oil plantations in sterile soils) Chácaras e Quintaes 10(2):162.

57. Normanha, E.S. 1961. Adubacao da Mandioca (Fertilization of Cassava) FIR 3(8):18-19.

58. Normanha, E.S., Pereira, A.S. Freire, E.S. 1968. Modo e época de aplicacao de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragangia 27 (12):143-154.

59. Nunes, Da O. et al 1974. Resposta a mandioca a adubacao mineral e a métodos de aplicao do potássio en solos de baixa fertilidade. (Cassava responses to mineral fertilizing and methods of potassium application in low fertility soils). Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Série Agronomia) 9(9):1-9.

60. Nijholt, J.A. 1935. Opname van voedingsstoffen uit den boden bij cassave. (Absorption of Nutrients from the soil by a Cassava-Crop). Buitenzorg. Algemeen Proefstation voor den Landbouw. Korte Mededeelingen No. 15.

61. Obigbesan, G.O. 1973. The Influence of Potassium Nutrition on the Yield and Chemical Composition of Some Tropical Root and Tuber Crops. In International Potash Insitute, Coloquium, 10th, Abidjan, Ivory Coast.

62. Obigbesan, G.O. and Fayemi, A.A.A. 1976. Investigations on Nigerian Root and Tuber Crops. Influence of Nitrogen Fertilization in the Yield and Chemical Composition of Two Cassava Cultivars (Manihot esculenta). Journal of Agricultural Science 86:(2):401-406.

63. Ofori, C.S. 1970. Absorption and Translocation of Phosphate through Cassava Tubers. (Manihot esculenta Crantz). Ghana J. Agr. Sci. 3:203-205.

64. Orioli, G.A. et at. 1967. Acumulación de materia seca, N,P, K y Ca en Manihot esculenta. (Accumulation of dry matter, N,P,K and Ca in Manihot esculenta). Bonplandia (Argentina) 2(13):175-182.

65. Pages, A. 1955. Sur la Composition minerale des feuilles de certaines plantes entrant dans la ration alimentaire habituelle de la population des Hauts-Plateaux de Madagascar. (Th e Mineral Composition of Leaves of certain Plants Forming part of the daily rations of the population of the High Plateaux in Madagascar). Naturaliste Malgache 7(2):215-218.

66. Payne, H. and Webster, D.C. 1956. The Toxicity of Cassava Varieties on Two Jamaican Soil Types of Different Potassium Status. Kingston, Jamaica, Ministry of Agriculture and Fisheries. Crop Agronomy Div.

67. Prevott, P. and M. Ollagnier. 1958. La fumure potassique dans le regions tropicales et sub tropicales. (The fertilization of K in tropical and subtropical regions). In Potassium Symposium, Berne.

68. Roche, P., Velly, J. and Joliet, B. 1957. Essai de détermination des seuils de carence en potasse dans le sol et dans les plantes. (Determination of the critical level of potassium deficiency in soil and plants). Revue de la Potasse.

69. Rodríguez, J.M. 1975. Fertilización de la Yuca. (Fertilization of Cassava) In Curso sobre Producción de Yuca. Medellín, Insituto Colombiano Agropecuario, Regional 4.

70. Samuels, G. 1970. The influence of Fertilizer Levels and Sources on Cassava Production on a Lares Clay in Puerto Rico. In Annual Meeting C.F.C.S., 7th Martinique, Guadalupe. 1969. Proceedings.

71. Santana, A.M., Carvalho, J.E.B. De and borges, I.O. 1975. Competicao de fontes de nitrogenio em solos para mandioca. (Effects of Different Sources of Nitrogen on Cassava Production). In Cruz das Almas, Brasil. Universidad Federal da Bahía. Escola de Agronomía/ BRASCAN Nordeste. Serie Pesquisa V. 1, No.1.

72. Sena, Z.F. De, and Campos, H. Dos R. 1973. Studo do Sistema Radicular da Mandioca (Manihot esculenta Crantz) sumbetidas a diferentes frecuencias de irrigacao. (Study of the Root System of Cassava Under Different Period of 'rrigation). Cruz das Almas Brasil. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomía. Brascan Nordeste Serie Pesquisa 1(1):41-52.

73. Silva, Jairo Ribeiro da e E.S. Freire. 1968. Efeito de doses crescentes de nitrogenio, fósforo e potassio sobre a producao de mandioca em solos de baiza e alta fertilidade. (Responses of Cassava to Increasing Doses of Nitrogen, Phosphorus and Potassium). Bragantia. 27(29):357-364.

74. Silva, Jairo Riberio da e E.S. Freire. 1968. Influencia da aplicao de adubos minerais nos sulcos de plantio, sobre os "stands" de culturas de mandioca. (Effects of application of some fertilizers in the furrows, on the stands of cassava fields). Bragantia. 27(26) :291-300.

75. Stephens, D. 1960. Fertilizer Trials on Peasant Farms in Ghana. Empire Journal of Esperimental Agriculture. 109:1-22.

76. Stewart, B.A., and Porter, L.K. 1969. Nitrogen-sulfur relation ships in wheat (Triticum aestivum L.), Corn (Zea mays) and beans (Phaseolus vulgaris). Agr. J. 61:267-271.

77. Takyi, S.K. 1972. Effects of Potassium, Lime and Spacing on Yields of Cassava (Manihot esculenta Crantz). Ghana Journal of Agriculture Science 5(1):39-42.

78. Trivandrum. 1970. Central Tuber Crops Research Institute. Annual Report 1969. Trivandrum, 83 p.

79. Trivandrum. 1970. Central Tuber Crops Research Institute. Annual Report 1970. Trivandrum, 78 p.

80. Vally, J. 1969. Contribution a la determination de la fumure d'entretion les exportations en elements mineraus de principales cultures. (Contribution to the Determination of Soil Maintenance Fertilization; the extractions of mineral elements by main crops). Bulletin de Madagascar 19:872-890.

81. Vijayan, M.R. and Aiyer, R.S. 1969. Effect of Nitrogen and Phosphorus on the Yield and Quality of Cassava. Agricultural Research Journal of Karala 7(2):84-90.

IC2028

COSECHA MECANICA DE LA YUCA, DOS EQUIPOS DIFERENTES

Dietrich E.Leihner *

Se evaluó una cosechadora comercial de yuca y un implemento que mecánicamente ayuda en la cosecha; la comparación se hizo en una plantación establecida en un suelo friable, franco arcilloso de CIAT-Quilichao. La cosechadora comercial, llamada de ahora en adelante la Cosechadora A (Figura 1), fué fabricada por Richter Engineering Ltd., Boonah, Australia y el implemento de cosecha, Cosechadora B, fué diseñado y construído en los talleres del CIAT.

Evaluación de las Cosechadoras

Con el objeto de comparar la eficiencia de las dos cosechadoras mencionadas, se establecieron dos ensayos: 1) Se sembró la variedad Chiroza (difícil de cosechar manualmente) en tres sistemas de siembra: camas, camellones y en plano, en hileras con 1 m de separación entre ellas y diferentes espaciamientos entre plantas, con el propósito de variar las poblaciones entre 5000 y 20,000 plantas/ha. 2) Se hicieron siembras en plano utilizando tres variedades de yuca: M Col 22 (plantas con raíces cortas y cónicas, de crecimiento radical compacto), CMC 84 (con raíces de tamaño intermedio) y M Mex 11 (con raíces largas y dispersas). Antes de la cosecha se removieron manualmente todas las partes aéreas de las plantas.

Desempeño de las Cosechadoras en Comparación con la Cosecha Manual

La Cosechadora A dejó las raíces totalmente expuestas sobre la superficie de la hilera y soltó parcialmente el suelo que estaba adherido a ellas. La Cosechadora B no expuso totalmente las raíces en la hilera.

Las pérdidas de raíces fueron mayores con la cosecha manual y menores con la Cosechadora B. La Cosechadora A, la cual dejó en el campo un volumen de raíces similar al dejado por el sistema manual, también ocasionó más rompimiento de las raíces. La Cosechadora B, penetró más profundamente en el suelo y lo aflojó más eficientemente que la Cosechadora A ó la cosecha manual. El diseño de la Cosechadora A para una hilera y su menor anchura de la cuchilla (0.81 m), permitió pérdidas potenciales de raíces en ambos lados de la hilera. La Cosechadora B, con una anchura de área de 1.92 m cosechó dos hileras a la vez; en consecuencia, sólo se presentaron pérdidas en un lado de la hilera, en cada pasada. Esto explica la cantidad relativamente mayor de pérdidas y de rompimiento de raíces observadas con la Cosechadora A. Las pérdidas ocasionadas por la cosecha manual indican que al no aflojar el suelo antes de la cosecha queda una mayor cantidad de raíces en el suelo. La ocurrencia de raíces cortadas y peladas fué baja; aparentemente, ninguno de los sistemas de cosecha influyó sobre este tipo de daños (Cuadro 1).

---

* Agrónomo, Prácticas Culturales - CIAT

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE LAS RAICES DE YUCA Y DEL SISTEMA MANUAL DE COSECHA, CON LA VARIEDAD CHIROZA, EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Sistema de Cosecha	Pérdidas de Raíces (ton/ha)	Raíces Partidas (%)	Raíces Cortadas (%)	Escala de Pelado (0-10)[2]
Manual	1.62	1.9	0.0	0.0
Cosechadora A	1.55	17.0	0.5	1.5
Cosechadora B	0.23	3.3	0.1	1.0

[1] La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra y a tres densidades.

[2] Evaluación visual con base en una escala de 0-10:0 = sin pelar; 10 = daños en la mitdad o más de la superficie de la raíz.

CUADRO 2. EFECTOS DE TRES SISTEMAS DE SIEMBRA, CON LA VARIEDAD CHIROZA, SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE YUCA, EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Sistema de Siembra	Pérdidas de Raíces (ton/ha)	Raíces Partidas (%)	Raíces Cortadas (%)	Escala de Pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
Camellones	2.1	16.8	1.5	2
Camas	1.4	19.5	0.0	1
Suelo a nivel	1.2	17.7	0.0	1
Cosechadora B:				
Camellones	0.5	4.1	0.3	1
Camas	0.2	2.7	0.0	1
Suelo a nivel	0.0	3.1	0.0	1

[1] La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a los promedios de densidades de siembra de 10,000, 15,000 y 20,000 plantas/ha.

[2] Ver el pie de Cuadro 2, del Cuadro 1.

Efectos del Sistema de Siembra

Al comparar los sistemas de siembra y las densidades, la proporción de raíces que quedó en el suelo, con una excepción, tendió a ser mayor en la siembra en camellones a baja densidad y menor en la yuca sembrada en plano y a alta densidad. Para las condiciones de los suelos de CIAT-Quilichao, la yuca sembrada en plano presentó el sistema radical con una distribución más uniforme y con sus raíces extendiéndose horizontalmente en todas las direcciones. Por otra parte, la yuca sembrada en camellones enraizó a mayor profundidad y produjo raíces grandes y largas, a lo largo de los camellones, particularmente en las bajas densidades de siembra. Esta circunstancia posiblemente explica las mayores pérdidas que se presentan con este sistema.

La ruptura de raíces aumentó con el número total de raíces en las mayores densidades de siembra, pero los sistemas de siembra no produjeron efectos claros sobre el particular. Los sistemas de siembra y las densidades de población tampoco parecieron influir en la proporción de raíces cortadas o peladas (Cuadros 2 y 3).

Diferencias Varietales

Las variedades y los sistemas de cosecha tuvieron efecto sobre la cantidad de raíces que quedaron en el suelo y sobre el daño de las mismas (Cuadro 4). En la variedad M Mex 11 (difícil de cosechar), las pérdidas ocasionadas por las raíces que quedaron en el suelo fueron 2-3 veces mayores con la cosecha manual en comparación con los sistemas mecánicos. Estos resultados están acordes con los obtenidos en los primeros ensayos, en los cuáles la variedad Chiroza (también difícil de cosechar), presentó la mayor cantidad de raíces que quedaron en el suelo cuando se cosechó manualmente.

Por otra parte, con las variedades intermedias y fáciles de cosechar, las pérdidas fueron bajas con la cosecha manual pero algo mayores con los sistemas mecánicos. La cantidad de raíces rotas fué sorprendentemente alta con la variedad M Col 22, de raíces cortas, siguiéndole en orden descendente la variedad M Mex 11. La consistencia del tejido radical, en vez del tamaño de la raíz, parece influir en la cantidad de raíces rotas como se observó en este ensayo. Excepto en un caso, no se observaron raíces con cortes. La variedad M Mex 11 pareció ser la más susceptible al pelado, en tanto que M Col 22 casi nunca fué afectada.

Eficiencia de Trabajo

La eficiencia neta de trabajo de la Cosechadora A se calculó en aproximadamente 0.2 ha/hora, en tanto que para la Cosechadora B se estimó en 0.5 ha/hora.

Se analizaron las necesidades de mano de obra para las diferentes etapas de la operación de cosecha, con y sin el uso de las cosechadoras. El corte de los tallos requirió 25 horas hombre/ha (9%) y el levante manual de las raíces tomó 44 horas hombre/ha (16%). El 75 por ciento restante del tiempo (204 horas) se utilizó para separar las raíces de los tallos, recolectar la cosecha y separar y empacar las raíces. Cuando las raíces se cosecharon me-

CUADRO 3. EFECTOS DE LAS DENSIDADES DE SIEMBRA DE LA VARIEDAD CHIROZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE DOS IMPLEMENTOS MECANICOS QUE FACILITAN LA COSECHA DE LA YUCA, EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Densidades (plantas/ha)	Pérdida de Raíces (ton/ha)	Raíces Partidas (%)	Raíces Cortadas (%)	Escala de Pelado (0-10)[2]
Cosechadora A:				
10,000	1.3	14.9	0.9	1.7
15,000	2.1	19.3	0.3	1.3
20,000	1.2	20.0	0.2	1.0
Cosechadora B:				
10,000	0.6	2.1	0.3	1.0
15,000	0.0	1.2	0.0	1.0
20,000	0.1	6.6	0.0	1.0

[1] La yuca se cosechó a los 11 meses después de la siembra; se obtuvo un rendimiento de raíces frescas de 31 ton/ha; los valores corresponden a las medias de tres sistemas de siembra.

[2] Ver el pie de Cuadro 2, del Cuadro 1.

CUADRO 4. EVALUACIONES DE LA COSECHA MANUAL O CON DOS SISTEMAS MECANICOS, DE TRES VARIEDADES DE YUCA SEMBRADAS EN CIAT-QUILICHAO.[1]

Variedad		Rendimiento de raíces frescas (ton/ha)	Pérdida de Raíces (ton/ha)	Pérdida de Partidas (%)	Raíces Cortadas (%)	Escala de Pelado (0-10)
M Mex 11	Manual		1.03	1.5	0.0	0
	Cosechadora A	19.0	0.58	7.6	0.0	5
	Cosechadora B		0.37	2.4	0.0	2
CMC 84	Manual		0.28	0.9	0.0	1
	Cosechadora A	20.9	0.68	6.9	0.0	3
	Cosechadora B		0.58	2.0	0.0	0
M Col 22	Manual		0.29	0.4	0.0	0
	Cosechadora A	15.6	0.42	6.2	0.0	1
	Cosechadora B		0.44	11.2	2.0	0

[1] Los valores corresponden a las medias de densidades de siembra de 5,000, 10,000 y 20,000 plantas/ha.

[2] Ver el pie de Cuadro 2, del Cuadro 1.

cánicamente, este segmento del tiempo total se ahorró y la eficiencia de cosecha aumentó en un 20 por ciento. Estos datos están acordes con las observaciones hechas en la cosecha manual efectuada en un cultivo comercial, en el área de Calcedonia, Departamento del Valle, en donde ocho hombres cosechan seis toneladas de raíces frescas en aproximadamente 7 horas, con una eficiencia de 0.85 ton/día/hombre (8 horas).

Implicaciones Agronómicas y Socioeconómicas

Ambas máquinas operaron con facilidad bajo una amplia gama de condiciones de cultivo y ambas levantaron la cosecha de raíces de yuca en forma eficiente. Bajo la mayoría de las condiciones de cultivo, las proporciones de raíces dejadas en el suelo por la cosecha mecanizada fueron inferiores en comparación con la cosecha manual. Aunque ambos implementos trabajan sobre el principio físico del pase de una cuchilla por debajo de las raíces, no ocurrió un daño significativo por corte directo. El daño global por rompimiento y pelado con la Cosechadora B, fué bajo y comparable al de la cosecha manual. Los daños de las raíces de yuca se tienen que mantener a un bajo nivel para el mercado fresco del producto o cuando las raíces se van a almacenar para su mercado posterior. El daño de raíces fué mayor con la Cosechadora A, pero para el procesamiento industrial de las raíces este factor no tendría importancia.

La cosecha de la yuca para el consumo fresco implica una serie de actividades que no se pueden mecanizar fácilmente, si se desea evitar el daño de las raíces. En consecuencia, los requerimientos de mano de obra permanecerían altos. Aunque los tallos se cortasen y las raíces se levantasen mecánicamente, estas dos operaciones combinadas sólo ahorrarían el 25 por ciento del total requerido de horas-hombre. Por lo tanto, las cosechadoras no desplazarían trabajadores pero su utilización les aliviaría de la mayor parte del trabajo físico.

Las características de trabajo de la Cosechadora B, junto con su bajo costo favorecen su utilización en un sistema integrado de cosecha manual/mecánica, el cual se podría adaptar aún en pequeñas fincas en las cuáles la yuca se produce principalmente para el consumo fresco.

Por otra parte, la Cosechadora A permite mecanizar totalmente el proceso de cosecha de la yuca. Se podría acoplar un implemento de colección a la cosechadora y una cortadora de forraje para remover los tallos antes de levantar las raíces. Este sistema tendría aplicación potencial bajo un sistema de producción de yuca en gran escala para su procesamiento industrial.

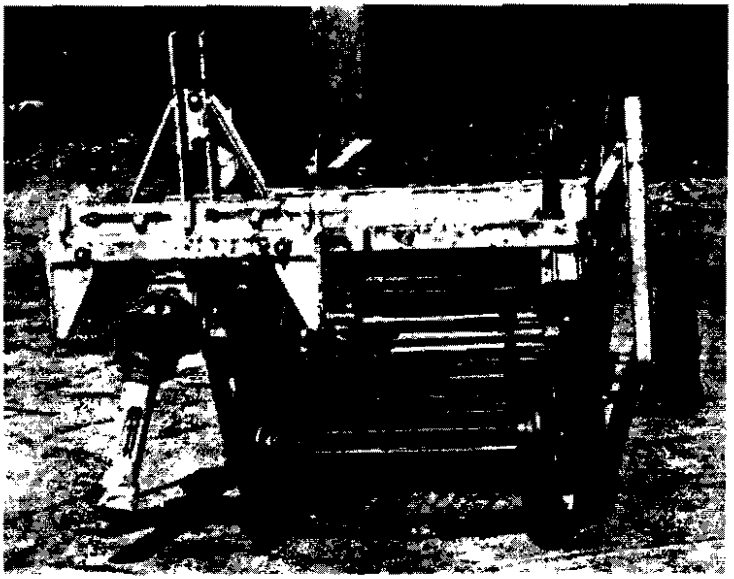


Fig.1 Implemento Comercial

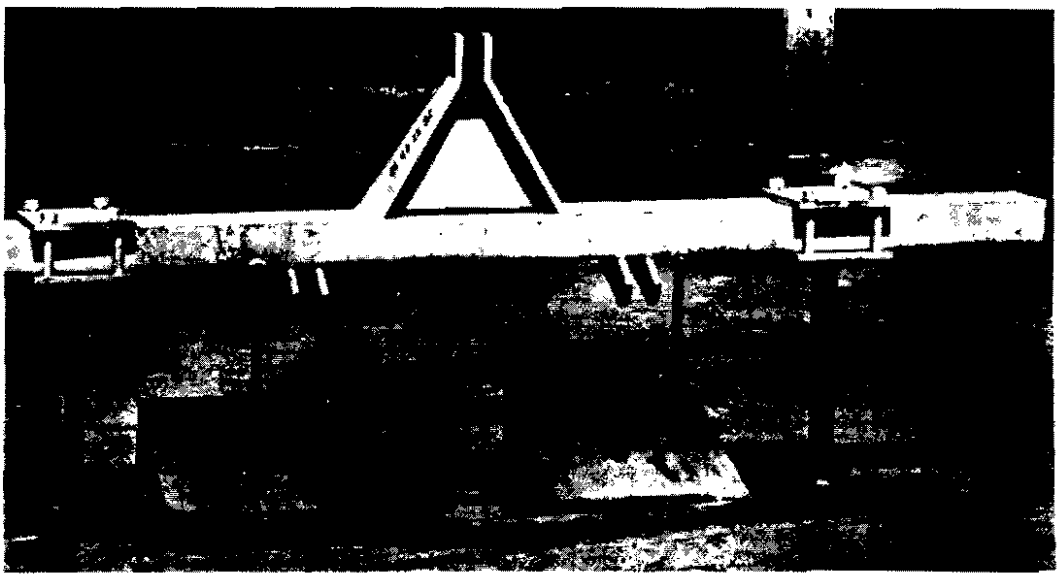


Fig.2 Implemento diseñado y construido en el CIAT.

CAPITULO IV

PLAGAS Y ENFERMEDADES

INSECTOS Y ACAROS DE LA YUCA Y SU CONTROL.

PERDIDAS DE RENDIMIENTO EN YUCA CAUSADAS POR INSECTOS Y ACAROS.

MANEJO DE PLAGAS EN YUCA.

ENFERMEDADES DE LA YUCA.

CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PESTES EN LA YUCA.

EL PELIGRO DE INTRODUCIR ENFERMEDADES Y PLAGAS DE LA YUCA.

PROBLEMAS FITOPATOLOGICOS EN LA YUCA DISEMINADOS POR SEMILLA SEXUAL Y ASEXUAL.

102029

INSECTOS Y ACAROS DE LA YUCA Y SU CONTROL

Anthony C. Bellotti*
Jesús A. Reyes Q.
Bernardo Arias V.
Octavio Vargas H.

Introducción

Las plagas de la yuca incluyen una gran diversidad de artrópodos; se han identificado aproximadamente 200 especies. Muchas de estas especies se consideran plagas menores y ocasionan poca o ninguna pérdida en el rendimiento. Sin embargo, algunas se deben clasificar como plagas mayores las cuales pueden ocasionar daños severos al cultivo y resultar en pérdidas en el rendimiento. Las plagas mayores de la yuca son los ácaros, trips, gusano cachón, escamas, piojo harinoso, barrenadores del tallo y mosca blanca. Otras plagas tales como salta hojas, chiza blanca, gusano trozador, hormiga cortadora de hojas y mosca de la fruta pueden ocasionar daños esporádicos o localizados.

Los insectos pueden causar daño a la yuca mediante la reducción del área fotosintéticamente activa, la cual resulta en reducciones del rendimiento; mediante el ataque a los tallos, debilitando la planta e inhibiendo el transporte de nutrientes; y mediante el ataque al material de siembra, reduciendo la germinación. También pueden atacar a las raíces y ocasionar pudriciones secundarias. Algunos son vectores y diseminadores de enfermedades.

Las observaciones indican que las plagas que atacan la planta durante un período prolongado, tales como ácaros, trips, escamas, piojo harinoso y barrenadores del tallo, reducirán el rendimiento en mayor grado que los que causan defoliación y daño a partes de la planta durante un período corto, tales como el gusano cachón, mosca de la fruta, mosca del cogollo y hormiga cortadora de hojas. Esto se debe a que la planta de yuca es capaz de recuperarse de un daño causado en corto tiempo bajo condiciones ambientales favorables.

En los países de América se ha reportado la mayor diversidad de insectos que atacan la yuca. Esto es de esperarse puesto que existe gran variación genética de la planta hospedante y también

* Entomólogo, Científico Visitante, Asistente de Investigación, Investigador Asociado respectivamente - Programa Entomología Yuca

una gran variabilidad de organismos los cuales atacan la planta o se encuentran en simbiosis con ella. Los 18 grupos generales de plagas descritos en el Cuadro 1 se encuentran en América, 12 en Africa y 6 en Asia.

Insectos que atacan el material de siembra

La siembra de estacas libres de insectos y sin daños es importante para obtener una buena germinación y establecimiento de las plantas jóvenes.

Insectos escamas

Se han identificado diversas especies de escamas que atacan los tallos de yuca en muchas regiones productoras del mundo. La calidad del material de siembra se puede reducir significativamente si las estacas están infestadas con insectos escamas. La escama blanca, Aonidomytilus albus, puede reducir la germinación en un 50-60 por ciento dependiendo del grado de infestación. La inmersión de estacas infestadas en soluciones de insecticidas redujo la infestación, pero las estacas altamente infestadas aún germinaron pobremente después de los tratamientos. En consecuencia, se recomienda no utilizar estacas infestadas con escamas como material de propagación. A. albus es una plaga encontrada en la mayoría de las regiones productoras de yuca en el mundo.

La mosca de la fruta

Se han identificado dos especies de mosca de la fruta, Anastrepha pickeli y A. manihoti, que atacan la yuca en América. Las larvas de esta mosca hacen túneles en los tallos de la planta de yuca, formando galerías de color marrón en el área de la médula. Un patógeno bacteriano (Erwinia caratovora pvr caratovora) frecuentemente encontrado en asociación con las larvas de la mosca de la fruta, puede causar pudriciones severas del tejido del tallo. Las estacas tomadas de tallos afectados presentan menor germinación.

Barrenadores del tallo

En estacas utilizadas para siembre se han encontrado barrenadores del tallo, principalmente del órden Coleoptera y Lepidoptera. Es factible que la infestación haya ocurrido en las plantas en crecimiento, pero la infestación también puede ocurrir durante el almacenamiento del material de siembra. El material de siembra se debe inspeccionar cuidadosamente antes de su utilización.

Daño de las estacas en pre y posgerminación y de las plantas jóvenes

Chizas

Las chizas blancas (Leucopholis rorida y Phyllophaga sp.) atacan el material de siembra o las raíces de plantas jóvenes. Se han encontrado varias especies de chizas blancas que atacan la yuca en gran parte de las regiones productoras de yuca del mundo. El estado adulto de la chiza es un escarabajo de la familia Scarabaeidae.

El daño ocasionado por las chizas se caracteriza por la destrucción de la corteza de las estacas sembradas las cuales pueden podrirse y morir. El ataque a las plantas jóvenes (1-3 meses) ocasiona el marchitamiento de las hojas. Las larvas se alimentarán de la corteza de la parte basal del tallo, generalmente bajo el suelo o formarán túneles dentro de la estaca. Las larvas son de color blanco con cabeza oscura y su longitud puede ser hasta de 5 centímetros. Generalmente se localiza alrededor de la estaca o de las raíces de la planta. En Indonesia se describió la biología de L. rorira en yuca. Los adultos son activos del inicio de las lluvias, y el daño más severo ocurre aproximadamente 4-6 meses después. Los adultos inician la oviposición aproximadamente nueve días después del apareamiento, y ovipositan profundamente en el suelo (50-60 cm) hasta 37 huevos individuales de color blanco aperlado. Los huevos eclosionan en aproximadamente tres semanas. El estado larval tiene una duración de aproximadamente 10 meses, y las larvas de 4-6 meses de edad son las más destructivas. Las larvas viven a una profundidad de 20-30 centímetros donde se alimentan de las raíces. Empupan a una profundidad de aproximadamente 50 centímetros. El estado de prepupa dura 14 días y el estado de pupa aproximadamente 22 días. Otros hospedantes incluyen maíz, arroz y batata.

Las observaciones de Phyllophaga sp. en Colombia indican que su ciclo de vida dura un año, y el mayor daño ocurre al inicio de la estación lluviosa. Los ataques frecuentemente ocurren si la yuca se siembra en un suelo que anteriormente tenía pastos o en un campo enmalezado. Al momento de la preparación del suelo frecuentemente se pueden detectar altas poblaciones.

Control: Las chizas blancas se controlan efectivamente con Aldrín (2,5%, 50 Kg/ha) y Furadán 3 g/m^2 (carbofuran 0,09 gr. i.a/planta) aplicados bajo la estacas en el suelo. Los tratamientos de inmersión de las estacas en soluciones de insecticidas no han sido tan exitosas como las aplicaciones al suelo. El hongo Metarrhizium anisopliae, es patogénico para las chizas.

Gusanos trozadores

Existen varias especies de gusanos trozadores que atacan la yuca y ocasionan daño a las plantas de tres maneras.

1) Los trozadores de la superficie, tales como Agrotis ypsilon, los cuales causan daño en un sector cercano a la superficie del suelo (sobre o bajo la superficie), y dejan la planta doblada sobre el suelo. Las larvas son de color gris grasoso y marrón con rayados de colores claros.

2) Los trozadores trepadores, tales como Prodenia eridania, trepan los tallos, consumen yemas y follaje y pueden hacer cortes anulares en los tallos y ocasionar el marchitamiento y muerte de las plantas. La larva bien desarrollada es de color gris oscuro o casi negro y presenta bandas laterales amarillas.

3) Los trozadores subterráneos permanecen en el suelo para alimentarse de las raíces y partes subterráneas de los tallos, lo cual causa una pérdida de material de siembra. La pérdida de plantas jóvenes puede alcanzar el 50 por ciento lo cual hace necesaria la resiembra.

El ataque de gusanos trozadores ocurre esporádicamente pero es más frecuente cuando la yuca le sigue al maíz en rotación. La biología de las tres categorías de especies trozadoras que atacan la yuca es similar. Los huevos son ovipositados en masas en el envés de las hojas cercanas al suelo. Los huevos eclosionan en 6-8 días y se desarrollan en 20-30 días. El estado de pupa (8-11 días) ocurre en el suelo o debajo de los residuos de plantas. La oviposición se inicia aproximadamente una semana después de la emergencia de los adultos. Una generación dura aproximadamente dos meses, y bajo condiciones ambientales favorables, pueden ocurrir varias generaciones en el año.

Control: Los ataques de trozadores son esporádicos pero ocurren más frecuentemente cuando la yuca le sigue al maíz o sorgo, o cuando se siembra en campos adyacentes a estos cultivos. Las estacas de mayor longitud (30 cm) permitirán la recuperación de las plantas por encima o a nivel del suelo se pueden controlar efectivamente con cebos envenenados (10 kg de aserrín, 8-10 litros de agua, 500 g de azúcar ó 1 litro de melaza y 100 g de trichlorfón, para 1/4 ó 1/2 ha). Los trozadores subterráneos se pueden controlar mediante aplicaciones de aldrín o carbofurán alrededor de las estacas.

Termitas

Las termitas atacan la yuca principalmente en las tierras bajas del trópico. Se han reportado como plaga en diversas regiones del mundo, pero primordialmente en Africa. En Madagascar se han identificado las especies Coptotermes voeltzkowi y C. paradoxus (Rhinotermitidae). Se alimentan del material de propagación, raíces engrosadas o plantas en crecimiento. El daño principal parece ser la pérdida de estacas; también pueden afectar severamente el establecimiento del cultivo, especialmente durante períodos secos prolongados. Se ha observado daño en raíces engrosadas y posteriormente la pudrición de las mismas debido a las termitas.

En Colombia Coptotermes niger se alimenta de material de propagación (estacas), de raíces o de plantas en crecimiento que presentan partes en proceso de secamiento o muerte debido a condiciones climáticas desfavorables, patógenos o mala calidad de semilla. Es necesario realizar protección a las estacas al momento de establecer el cultivo para garantizar buena germinación y buen desarrollo de plantas. La protección debe hacerse en base a mezclas de fungicidas tales como: Captan + Carbendazin 2 gr. i.a/litro de agua y posteriormente aplicación de Aldrin en polvo a las estacas o al suelo en dosis de 0.025 gr. i.a. por estaca o sitio.

Grillos

Los grillos (Gryllus assimilis y Gryllotalpa sp.)causan daño a las plantas de yuca al cortar los retoños jóvenes después de su emergencia. También pueden causar daño en la base de la planta lo cual favorece la susceptibilidad al volcamiento por el viento. Para su control se puedne utilizar los mismos insecticidas recomendados para los insectos trozadores.

Insectos y Acaros que atacan las partes aéreas

Consumidores de follaje

El gusano cachón. El gusano cachón, Erinnyis ello generalmente se considera como una de las plagas más severas de la yuca en América. Este insecto no se ha reportado en Africa y Asia. La defoliación durante los meses iniciales del crecimiento del cultivo puede ocasionar pérdidas en el rendimiento. Se han estimado reducciones del rendimiento de 10-50 por ciento, dependiendo de la edad de la planta e intensidad del ataque. Los ataques fuertes pueden ocasionar la muerte de las plantas jóvenes. En estudios de simulación del daño se observó que la defoliación de plantas jóvenes (25 meses) reduce más el rendimiento que la defoliación de plantas de más edad (6-10 meses). Aunque cada larva puede consumir 1.107 cm^2 de área foliar, se pueden tolerar altas poblaciones puesto que bajo condiciones ambientales favorables, puede haber hasta un 80 por ciento de defoliación sin que se presenten reducciones en el rendimiento de raíces. Las hembras son de hábitos nocturnos, de color ceniza y ovipositan los huevos grandes de color verde claro en el haz de las hojas de yuca. En condiciones de jaulas de oviposición colocadas en el campo (25°C, 80% HR); la hembra tiene una longevidad promedio de 8,6 días y el macho de 7 días.

El período de preoviposición es de 3 a 4. Una hembra puede llegar a ovipositar durante toda su vida hasta 1800 huevos con un promedio de 850 huevos cuando están en parejas individuales, y de 448 cuando están en grupos de parejas. Las hembras y los machos se pueden diferenciar en el estado pupal por la posición de la apertura genital. La apertura genital del macho (gonoporo)

se encuentra localizada en el noveno segmento abdominal con el octavo segmento libre, en tanto que la apertura genital de la hembra alcanza a ocupar el octavo segmento. La relación de sexo es aproximadamente de una hembra por un macho. Las larvas varían en su color; los colores más comunes son el amarillo, verde, negro, gris oscuro y canela. Las larvas en el quinto estado larval pueden alcanzar 10-12 centímetros. Maduran en aproximadamente 12 a 15 días y migran hacia el suelo donde forman una pupa en forma de castaña de color marrón con rayas negras bajo los residuos de plantas. El adulto emerge en aproximadamente 15 a 20 días. Los brotes generalmente ocurren después del inicio de la estación lluviosa pero son irregulares y pueden no ocurrir durante años.

Control: El uso de prácticas culturales adecuadas (control de malezas, buena preparación del terreno), puede reducir las poblaciones de adultos y pupas. Hay varios parásitos y predatores del gusano cachón. Los huevos de la mariposa de E. ello son parasitados por Trichogramma spp. y Telenomus sp. Entre los predatores del huevo se incluye Chrysopa sp. Las larvas son parasitadas por Apanteles congregatus y A. americanus, y por moscas Tachinidae. Predatores de las larvas incluyen a las avispas Polistes canadensis y P. erythrocephalus, los pentatomidae Alceorhynchus grandis, y Podisus sp.

Aspersiones con suspensiones bacteriales de Bacillus thuringiensis en dosis de 2 a 3 gm. de producto comercial por litro de agua proveen un control muy efectivo. Este control es más eficaz contra las larvas en los tres primeros instares. También se ha identificado un virus de la larva y un hongo de la pupa. El control químico con Dipterex es efectivo contra las larvas, pero debe evitarse ya que destruye los insectos benéficos que ejercen control biológico lo cual puede aumentar la frecuencia de ataque de esta plaga.

Utilización de trampas de luz. Se utilizan las trampas de luz ultravioleta debido a la gran atracción que ejerce sobre los adultos del gusano cachón.

Se ha observado que la lámpara de luz negra tipo BL y la lámpara de luz negra azulada tipo BLB, son las más recomendables para utilizar en los trampeos de Erinnyis.

Las trampas de luz no constituyen un método de control sino que permiten conocer las fluctuaciones de las poblaciones de adultos de Erinnyis, las épocas de mayor y menor abundancia con lo cual se puede planificar mejor la aplicación de las diferentes técnicas que se utilizan en el manejo de las plagas.

En observaciones preliminares se capturaron un máximo de 3094 adultos en una noche, determinándose que el mayor número de individuos se capturaron entre las 12 pm y las 2 am.

Esta información es importante porque en los lugares donde no se tenga energía, las trampas se pueden hacer funcionar sólo de 12 pm a 2 am utilizando baterías o motores movidos por combustible.

Métodos mecánicos. Las recolecciones manuales de larvas y pupas resultan muy efectivas en la reducción de las poblaciones del gusano cachón. Esta práctica tiene más aplicabilidad cuando se hace en los campos donde se inician los ataques del insecto.

Hormiga cortadora de hojas

En América se han reportado varias especies de hormigas (Atta sp. y Acromyrmex sp.) que se alimentan de yuca. Las plantas de yuca pueden sufrir defoliación cuando una alta población de hormigas obreras atacan un cultivo. Las hormigas hacen un corte semicircular en la hoja; durante ataques severos, también cortan las yemas. Las partes cortadas son llevadas al hormiguero bajo la superficie del suelo donde por masticación forman una pasta sobre la cual crece el hongo Rhozites gongylophora. Los brotes frecuentemente ocurren durante los primeros meses del crecimiento del cultivo; no se conoce su efecto sobre el rendimiento.

Control: El medio más efectivo de control es el uso de insecticidas. Los hormigueros, los cuales se observan con facilidad debido a los montones de tierra alrededor de los orificios de entrada, se pueden destruir mediante la fumigación con humo de disulfuro de carbono y azufre o arseniatos. Los hidrocarburos clorinados aplicados alrededor del hormiguero o los cebos granulados de mirex a lo largo de los caminos dejados por las hormigas, dan un control efectivo.

Acaros e insectos chupadores

Acaros. Los ácaros son probablemente la plaga más seria que ataca la yuca. Frecuentemente atacan el cultivo durante la estación seca y causan daños severos en la mayoría de las regiones productoras de yuca del mundo. El ácaro verde de la yuca Mononychellus tanajoa, nativo de América, ha ocasionado considerables reducciones del rendimiento en partes de Africa Oriental después de su introducción a esta área. Los informes recientes indican que este ácaro se está diseminando a otras áreas de Africa.

El ácaro Tetranychus urticae es universal, pero es una plaga importante en partes de Asia.

La distribución de Oligonychus peruvianus se limita a América y Africa Oriental y no se ha reportado en Asia.

Los ácaros se pueden encontrar en gran número en el envés de las hojas bajo óptimas condiciones ambientales. Generalmente las plantas más viejas son más susceptibles al ataque.

El ácaro Mononychellus generalmente se encuentra alrededor de los puntos de crecimiento de las plantas, en las yemas, hojas jóvenes y tallos; las partesmás bajas son menos afectadas. Cuando emergen, las hojas presentan puntos amarillos, pierden su color verde normal, desarrollan una apariencia moteada, bronceada en forma de mosaico y se deforman. En ataques severos, los retoños pierden su color verde, los tallos se escarifican, primero se tornan ásperos y de color marrón y eventualmente se presenta la muerte descendiente. Los tallos y hojas sufren necrosamiento progresivamente de las partes superiores a las inferiores.

El daño ocasionado por el ácaro Tetranychus aparece primero en las hojas más bajas de la planta. Inicialmente se observan puntos amarillos a lo largo de la nervadura central, los cuales eventualmente se extienden a la totalidad de la hoja, la cual toma un color marrón rojizo o herrumbroso. Comenzando con las hojas basales, las hojas severamente infestadas se secan y caen, y las plantas pueden morir.

La presencia del ácaro Oligonychus se caracteriza por manchas blancas pequeñas, las cuales son redes que la hembra esparce sobre la superficie del envés de las hojas, comunmente a lo largo de las nervaduras centrales y laterales y los márgenes. La oviposición ocurre bajo estas redes donde se desarrollan los estados inmaduros. En el haz de las hojas se forman las correspondientes manchas amarillas a marrón. El daño es más marcado en las hojas inferiores.

Nyiira reportó reducciones del rendimiento hasta del 40 por ciento en Africa debido a M. tanajoa. En estudios recientemente realizados en Venezuela (Doreste, comunicación personal) se estimaron reducciones del rendimiento del 30-40 por ciento debido a este ácaro. Las infestaciones de ácaros en el CIAT incluyen las tres especies mencionadas y en experimentos recientes se detectó una pérdida en rendimiento del 20 a 53 por ciento dependiendo de la duración del ataque.

Control: La evaluación del banco de germoplasma del CIAT por resistencia a los ácaros indica que existen bajos niveles de resistencia o tolerancia Tetranychus y niveles moderados al Mononychellus y Oligonychus.

También existen varios agentes de control biológico que regulan las poblaciones de ácaros entre las cuales se destacan Oligota minuta (Coleoptera: Staphylinidae), Stethorus sp. (Coleoptera: coccinellidae) y varios ácaros Phytoseiidae.

En caso extrictamente necesario se pueden aplicar algunos productos acaricidas tales como Monocrotophos, clordimeform (Galecro, Fundal), dimetoato y binapacril (Acricid) en dosis comerciales.

El chinche de encaje. El daño causado por chinches de encaje (Vatiga manihotae) solo se ha reportado en América. No se conocen los efectos de estos insectos sobre el rendimiento. Los adultos son de color gris y miden aproximadamente 3 milímetros de longitud. Las ninfas de color blanco son más pequeñas, y tanto las ninfas como los adultos se pueden encontrar en gran número en el envés de las hojas. Las hojas afectadas presentan manchas amarillas las cuales eventualmente se tornan de color marrón rojizo, semejante al daño por ácaros. Puede ocurrir un daño considerable al follaje.

Los estudios de laboratorio realizados en el CIAT indicaron cinco estados de desarrollo, que duraron 2,9, 2,6, 2,9, 3,3 y 4,8 días respectivamente (total 16,5 días). El estado de huevo dura aproximadamente ocho días; las hembras oviposítan en promedio 61 huevos. La longevidad de los adultos dió un promedio de 50 días. Los períodos secos prolongados favorecen una mayor población de chinches de encaje y fueron mayores durante los primeros tres meses del crecimiento de las plantas.

En CIAT-Palmira se ha observado que un chinche Zellus nugax (Hemiptera: Redviidae) es un excelente predator de ninfas y adultos de Vatiga, llegando a consumir durante todo su ciclo biológico un promedio de 475 individuos del chinche de encaje. También se han identificado variedades resistentes a esta plaga.

Mosca blanca. La mosca blanca (Aleyrodidae) atacan la yuca en América, Africa y ciertas partes de Asia. Ataques fuertes pueden causar pérdidas en el rendimiento y son vectores del mosaico de la yuca en Africa e India. En estas áreas la especie más importante es Bemisia tabaci. En Africa también se han reportado las especies B. gossypiperda y B. nigeriensis. Las especies más frecuentemente encontradas en yuca en América incluyen Trialeurodes variabilis, Aleurotrachelus socialis, B. tuberculata y Aleurothrixus sp. Aunque B. tabaci se ha reportado en América, existen dudas con relación a su capacidad para alimentarse en yuca. El mosaico africano, revisado por Lozano y Booth, no se encuentra en América.

Altas poblaciones de mosca blanca pueden causar el amarillamiento y necrosis de las hojas bajeras de la planta de yuca. En Colombia se han observado infestaciones severas de Aleurotrachelus socialis; el daño foliar se manifestó por un moteado o encrespamiento severo con síntomas similares al mosaico en las variedades susceptibles. Una enfermedad fungosa que produce un moho negro frecuentemente encontrada en excresiones de la mosca blanca, puede tener un efecto adverso sobre la fotosíntesis de la planta. Pérdidas hasta del 80% en rendimiento se han observado con fuerte ataque de la plaga.

Las poblaciones de adultos casi siempre se encuentran en el envés de las hojas en desarrollo, donde ocurre la oviposición.

Una generación de B. tabaci dura 4-5 semanas, dependiendo de las condiciones climáticas, se pueden presentar hasta 10 generaciones por año.

Los estudios sobre la biología de T. variabilis indicaron que las hembras ovipositan un promedio de 161 huevos, con un sesenta y dos por ciento de supervivencia desde el huevo hasta el adulto. La longevidad promedio de las hembras fué de 19,2 días y la del macho, 8,8 días. La pupa de forma oblonga normalmente es de color verde pálido pero la de Aleurotrachelus es negra con una secreción blanca cerosa alrededor del márgen exterior. Las hojas altamente infestadas se encuentran casi totalmente cubiertas con los estados inmaduros y pupas, lo cual le dá al envés un efecto blanco brilloso. Las infestaciones también se han observado en las hojas superiores e inferiores.

Las poblaciones altas generalmente se asocian con la estación lluviosa cuando las plantas se encuentran más vigorosas. Los niveles de población pueden depender más de las condiciones fisiológicas de la planta que del clima.

Control: La utilización de variedades resistentes y de insectos benéficos parece ser el método más racional para regular las poblaciones de mosca blanca. En zonas con altas poblaciones de mosca blanca, aplicaciones con productos como monocrotophos en dosis de 0.6 cc de i.a/litro de agua cada 3 meses pueden bajar significativamente las poblaciones.

Insectos raspadores.

Trips. Se han identificado varias especies (Frankliniella williamsi Hood Corynothrips stenopterus y Caliothrips masculinus) de trips que atacan a la yuca, todas pertenecientes a la familia Thripidae. Los trips son una plaga principal en América Central y Suramérica y también se han reportado en Africa.

La especie más importante es F. williamsi que causa daños a las yemas terminales de la planta. Las hojas no se desarrollan normalmente; los folíolos se deforman y presentan manchas amarillas cloróticas irregulares. El daño causado por el estilete a las hojas en expansión causa la deformación y distorsión, lo cual ocasiona la ausencia de lóbulos foliares. En los tallos y pecíolos aparece un tejido de color marrón y los entrenudos se acortan. Los puntos de crecimiento pueden morir lo cual causa el crecimiento de yemas laterales, las cuales también pueden sufrir el ataque, dándole a la planta la apariencia de una escoba de bruja. El ataque es más frecuente durante los períodos secos y las plantas se recuperan al inicio de la estación lluviosa.

En el CIAT se estudiaron las reducciones del rendimiento debido al ataque de los trips. Los resultados indican que los trips pueden ocasionar una pérdida en rendimiento del 15-20 por ciento, lo cual es consistente con la literatura.

Control: El control de los trips se logra eficientemente mediante el uso de variedades resistentes, las cuales se consiguen con facilidad. La resistencia se basa en la característica morfológica de las vellosidades de la yema foliar y casi el 50 por ciento del banco de germoplasma del CIAT (2.300 variedades) presenta altos niveles de resistencia.

Para su control se pueden lograr buenos resultados mediante la aplicación de productos sistémicos tales como dimethoato o thiometon en dosis de 1 a 1,5 cc de producto comercial por litro de agua.

Insectos perforadores del tallo

La mosca del cogollo. El daño ocasionado por la mosca del cogollo (Silba pendula, Carpolonchaeae chalybea) se puede observarvar en casi todas las regiones productoras de yuca en América. La plaga no se ha reportado en Africa y Asia.

El daño ocasionado por la larva de la mosca del cogollo se manifiesta por un exudado blanco a marrón que fluye del punto de crecimiento, el cual eventualmente muere. Esto retarda el crecimiento de la planta, rompe la dominancia apical y estimula la germinación de las yemas laterales, las cuales también pueden sufrir el ataque. En algunos casos, sólo muere parte de la yema apical y el retoño continúa su crecimiento. Las plantas más jóvenes son más susceptibles al ataque; los ataques reperidos pueden ocasionar el enanismo de la planta. En brotes severos, se ha reportado hasta un 86 por ciento de plantas afectadas; en estudios de simulación del daño, la remoción del 50 y 100 por ciento de los retoños de plantas 2-5 y 6-9 meses de edad de la planta. La variedad de ramificación tardía Mecu 150 fué mas susceptible que la Llanera en los primeros meses del cultivo (2-5 meses) y el rendimiento se redujo en aproximadamente un 30 por ciento. La remoción de los retoños a los 6-9 meses de edad no afectó el rendimiento de ninguna de las variedades. Ensayos usando daño simulado indican que no hay pérdidas en redimiento de raíces causado por ataque de mosca del cogollo, hay pérdidas en producción de material de siembra cuando ocurre el ataque durante los primeros 3 meses de edad del cultivo.

La mosca adulta oscura de color azul metálico realiza la oviposición entre las hojas que aún no han iniciado su expansión en los puntos de crecimiento o en una cavidad pequeña en el tejido perforado por el ovipositor. Se han observado hasta 22 huevos por retoño, pero el promedio es de 3-8 huevos. Los huevos eclosionan en aproximadamente cuatro días, y las larvas jóvenes construyen túneles en el tejido blanco eventualmente matan el punto de crecimiento. En la yema afectada se pueden observar varias larvas blanquecinas. El perfodo larval tiene una duración de aproximadamente 23 días; las larvas empupan en el suelo y la mosca adulta emerge aproximadamente 26 días después. La mosca es más activa en días soleados.

Los ataques pueden ocurrir durante todo el año, pero en muchas áreas son estacionales y frecuentemente se presentan al inicio de la estación lluviosa. En el CIAT el período seco fué favorable para mayores poblaciones de mosca del cogollo.

Control: Las larvas son difíciles de controlar. Se recomienda el uso de insecticidas sistémicos organofosforados durante los ataques tempranos si las poblaciones son altas. Un cebo efectivo para el control de los adultos es el uso de insecticidas y una solución de azúcar, el cual se asperja sobre las plantas. También se recomienda el uso de trampas con frutas descompuestas, caseína o levadura con un insecticida como atrayente.

La mosca de la fruta. Frecuentemente se indica que la mosca de la fruta de la yuca (Anastrepha manihoti, A. pickeli) ataca el fruto de la yuca, donde no causa pérdidas económicas. Sin embargo esta plaga ha causado daños severos a los tallos de la planta de yuca. Los ataques Anastrepha en el tallo ocurren aproximadamente a 10-20 centímetros debajo del ápice donde se puede observar un orificio pequeño de entrada o salida. La hembra de color amarillo o canela inserta el huevo en el tejido del tallo, y al momento de la eclosión la larva blanca-amarilla barrena el tallo hacia abajo a través de la médula.

En asociación con la larva frecuentemente se encuentra una bacteria patógena, la cual puede causar una pudrición severa del tejido del tallo. Frecuentemente se observa un exudado blanco que fluye del túnel de la larva. Los ataques severos pueden causar la muerte y colapso de los puntos de crecimiento, la cual retarda el crecimiento de la planta y estimula el crecimiento de las yemas laterales. Esta pudrición secundaria puede causar una reducción en el rendimiento y una pérdida de estacas de siembra.

Aún no se conoce le nivel de pérdidas ocasionadas por esta plaga, pero aparentemente es importante la edad de la planta al momento del ataque. Las plantas más jóvenes (2-5 meses) sufren más debido al ataque de la mosca de la fruta.

Control: El uso de atrayentes o cebos envenenados es un método de control promisorio. Se ha identificado un parásito Hymenoptera (Opius sp.); el insecticida Lebaycid (Fenthion) da un buen control de larvas en el tallo, aplicado en dosis de 1 a 1,5 cc de producto comercial por litro de agua.

Barrenadores del tallo

Se han reportado numerosas especies de insectos que se alimentan y causan daño a los tallos y ramas de la planta de yuca. Aunque su distribución es mundial, tienen mayor importancia en América, especialmente en Brasil. Generalmente causan daños esporádicos o localizados, y ninguna de las especies se puede considerar como plaga universal.

Los barrenadores del tallo más importantes pertenecen al órden Coleóptera y Lepidóptera. Los barrenadores del tallo son altamente específicos para hospedantes, y se ha reportado que sólo pocos se alimentan en hospedantes alternantes. En Africa se han identificado varios lepidópteros y coleópteros, pero en Asia (Indonesia) sólo se ha reportado la especie Lagochirus sp. En América existen 7 especies de Coelosternus que atacan la yuca y la especie C. manihoti se considera plaga en Africa. A continuación sólo se discutirán en detalle las especies Coelosternus spp. y Lagochirus spp.

Las larvas varían en tamaño y forma dependiendo de la especie. Algunas pueden medir hasta 30 milímetros de longitud. Las larvas generalmente son de color blanco, amarillo o canela y se pueden encontrar formando túneles en las partes aéreas de las plantas. Los tallos y ramas se pueden romper o reducir a aserrín. Durante los períodos secos las ramas pueden perder sus hojas o morir, y bajo infestaciones severas las plantas pueden morir. En las ramas infestadas o en el suelo debajo de la planta se pueden encontrar excresiones y exudados del aserrín expulsados por las larvas.

La hembra de Coelosternus spp. puede ovipositar en varias partes de la planta de yuca, pero prefiere las partes tiernas. En C. alterans la oviposición se ha observado cerca de los extremos quebrados o cortados de ramas o debajo de la corteza en cavidades perforadas con la proboscis. La oviposición por C. granicollis comienza tres días después del apareamiento; la hembra penetra en el tallo y oviposita varios huevos blancos.

Las larvas pueden variar en tamaño, lo cual depende de la especie. Las larvas de C. alternans totalmente desarrolladas miden 16 milímetros de longitud y un máximo de 4 milímetros de ancho, en tanto que las C. tardipes miden 9X2,5 milímetros. La mayoría de las larvas son curvas, con un cuerpo de color blanco marrón rojizo y sus mandíbulas son negras. En C. rugicolis, sólo se encuentra una larva en cada tallo, en tanto que en las otras especies, se pueden observar varias larvas. El período larval dura 30-69 días. Las larvas totalmente desarrolladas de todas las especies empupan dentro de una celda construída en la región de la médula. La pupa se sostiene en su celda por un extremo de la perforación hecha en el tallo, con excresiones larvales; la duración del estado de pupa es de aproximadamente un mes. Después de su emergencia, el adulto puede permanecer en la celda durante varios días antes de abandonar el tallo. El tamaño de los adultos oscila entre 6 milímetros de longitud para C. granicollis a 12 milímetros para el C. alternus y C. rugicolis. El color de los adultos es marrón claro a oscuro y se pueden observar casi totalmente cubiertos con escamas amarillentas. Los adultos son activos durante todo el año, pero la actividad puede disminuir en algunas áreas durante los meses más frescos.

Los adultos de Lagochirus spp. oviposítan en los tallos y ramas aproximadamente 2,5 milímetros bajo la corteza; los huevos eclosionan en 5-6 días. El período de desarrollo larval es de aproximadamente dos meses; las larvas miden hasta 29 milímetros; se alimentan en la base de la planta y se pueden encontrar numerosas larvas en una planta. El período de pupa, el cual tiene una duración de aproximadamente un mes, ocurre en la perforación hecha por la larva. Los adultos son voladores nocturnos de vuelo rápido, y son activos durante todo el año. Son de color marrón, con una longitud de aproximadamente 17 milímetros y se alimentan de hojas y cortezas.

Chilomima clarkei (Lepidoptera: Pyralidae) es otro barrenador del tallo que afecta las plantaciones de yuca y puede causar pérdidas hasta del 60% en producción de raíces cuando los tallos se quiebran debilitados por el ataque de este insecto.

En CIAT se ha observado que una hembra de Chilomima coloca individualmente hasta 237 huevos en los tallos cerca de los brotes.

La larva recien eclosionada es amarilla en su totalidad, más tarde la cápsula cefálica se torna café permaneciendo de color amarillo el resto del cuerpo. Antes de penetrar en el tallo la larva permanece afuera durante 15 días aproximadamente, alimentándose de la corteza del tallo y de los brotes;posteriormente penetra en el tallo formando galerías de 3 a 10 centímentros de largo.

Los ataques se identifican por la presencia en la boca de las galerías de una masa formada por excrementos y seda producidos por la larva. Las larvas empupan dentro del tallo y los adultos emergen 13 a 15 días más tarde. Existen varios enemigos naturales de Chilomima,algunos de los cuales actúan como parásitos de huevos y otros como parásitos de larvar y pupas.

Control: En virtud de que los adultos de los barrenadores del tallo son difíciles de matar y las larvas se alimentan dentro de los tallos, no es práctico adelantar un control con insecticidas. Las prácticas culturales que reducirán las poblaciones de la plaga incluyen la remoción y quema de las partes de la planta infestadas. Sólo se deben utilizar estacas de siembra no infestadas y sin daños.

Deformadores foliares

La mosca de las agallas. En América se han reportado varias especies de mosca de las agallas en yuca, la más frecuente Iatrophobia brasiliensis (Diptera: Cecidomyiidae). Esta mosca más frágil generalmente se encuentra en el envés de las hojas donde oviposítan. Las larvas ocasionan el crecimiento anormal de las células en las hojas y la formación de una agalla. Las agallas foliares en el haz

de las hojas son de color verde amarillo a rojo y más estrechas en la base y frecuentemente curvas. Cuando se abren las agallas presentan un túnel cilíndrico con una larva en su interior. Se considera que la mosca de las agallas tiene poca importancia económica y generalmente no requiere control. Sin embargo, se ha reportado que retarda el crecimiento de las plantas jóvenes cuando los ataques son severos (a los 2-3 meses de edad). Para reducir las poblaciones se recomienda la colección y destrucción de las hojas afectadas a intérvalos semanales.

Insectos que atacan el tallo externamente

Insectos escamas. En la mayoría de las regiones productoras de yuca se han identificado varias especies de escamas (Aonydomitilus albus, Saissetia spp., Hemiberlesia diffinis, Ceroplaster sp.) que atacan los tallos de la yuca. En el CIAT las pérdidas en rendimiento de plantas altamente infestadas alcanzaron un 19 por ciento (en base a plantas individuales).

Los tallos atacados ocasionan el amarillamiento y caída de las hojas. En los ataques severos el crecimiento de las plantas se retarda, los tallos se pueden secar y ocurre la muerte de la planta. El mayor daño ocasionado por las escamas parece ser la pérdida de material de siembra. Las estacas de siembra altamente infestadas con escamas presentan una baja germinación, las raíces se desarrollarán pobremente y perderán su palatabilidad. La escama adulta de A. albus tiene forma de mejillón y está cubierta por una secreción blanca cerosa. Ataca las ramas de la yuca especialmente durante la estación seca.

Swaine (1950) estudió en detalle la biología de A. albus. Las pieles de las mudas del primero y segundo estado ninfal se incorporan a la escama. A diferencia de las hembras, los machos tienen patas y alas bien desarrolladas. La hembra produce un promedio de 47 huevos, los cuales ovipositan entre la cobertura superior de la escama y la secreción algodonosa inferior. Durante la oviposición la hembra se reduce de tamaño. Los huevos eclosionan en cuatro días; los primeros estados ninfales (rastreros) son locomotores y pueden dispersarse. Estos estados se fijan en 1-4 días, se cubren con numerosos hilos finos, mudan en 11 días y se tornan inmóviles. Después de cuatro días aparece la hembra adulta y comienza la oviposición en 1, 2 días. La generación de una hembra pasa en 22-25 días.

La dispersión ocurre por el viento, por movimiento rastrero o a través de las estacas infestadas. El medio más importante de diseminación es el almacenamiento de estacas infestadas con estacas sanas.

Control: El método más efectivo de control es el uso de material de siembra no infestado, y la quema de plantas infestadas para prevenir la diseminación de las escamas.

Se ha reportado la especie Chilocorus distigma (Coccinellidae), como predatora de A. albus. En Cuba se han reportado dos parásitos hymenopteros (Aphelinidae), Aspidoiphagus citrinus y Signiphora sp. Sobre A. albus se encontró un hongo marrón en forma de esponja (Septogasium sp.). En Colombia se ha observado más del 79% de parasitismo de Saissetia miranda por dos microhymenopteros, Anagyrus sp. y Surtellista sp.

Piojo harinoso. En Colombia, Brasil y parte de Africa se han reportado daños en yuca por piojo harinoso. Las especies identificadas en el CIAT son Phenacoccus gossypii y Phenacoccus herreni, en tanto que en Brasil las especies identificadas son Ph. gossypii, Phenacoccus sp., P. herreni y P. manihote.

El piojo harinoso del Africa es Pseudococcus virgatus (Ferisiana virgata, Dastuloplus virgatus), Ph. citri, Ph. adonidum y P. manihote. Las altas poblaciones de piojo harinoso causan la defoliación de las plantas de yuca y el secamiento del tejido del tallo, lo cual resulta en una pérdida de material de siembra. Las hojas se amarillan y secan, y las plantas defoliadas forman nuevas yemas, las cuales también sufren el ataque.

P. herreni en las Américas y P. manihote en Africa han causado pérdidas en el rendimiento de la yuca. Estas son las especies más importantes atacando la yuca. El daño de ambas especies es parecido; el ataque ocurre inicialmente en el cogollo de la planta causando un encrespamiento de las hojas, dando un efecto como de "Repollo". El P. herreni está reportado solamente en Brasil y Colombia. Con altas poblaciones de piojo hay defoliación completa de la planta; las plantas no están bien desarrolladas, hay deformación de los tallos, los entrenudos son cortos y en algunos casos hay ramificación excesiva. Este daño no solamente reduce la producción de raíces sino también la calidad y cantidad del material de siembra.

Ph. gossypii presenta un amplio rango de hospedantes, los cuales incluyen cultivos alimenticios y plantas ornamentales. Las hembras depositan sacos que contienen un gran número de huevos alrededor del eje de tallos en ramificación u hojas, en el envés de la hoja donde el pecíolo se une con la hoja alrededor de las yemas en el tallo principal. Las ninfas jóvenes poco después de iniciar su alimentación exudan un material blanco ceroso de sus cuerpos el cual forma una cubierta para el insecto. Las poblaciones altas presentan una apariencia algodonosa a la porción verde o suculenta del tallo y al envés de la hoja. No permanecen fijas sino que se mueven lentamente sobre la superficie de la planta. En CIAT el ciclo de vida de Ph. gossypii tuvo una duración de 29 a 32 días dependiendo de la variedad en que se desarrolló.

Las poblaciones de P. herreni se encuentran principalmente en

el cogollo de la planta pero en altas poblaciones se encuentra en el envés de las hojas. Esta especie presenta dismorfismo sexual que se manifiesta a partir del segundo instar. Al eclosionar los huevos, las ninfas permanecen por un tiempo dentro del ovisaco; después se desplazan rápidamente buscando en la planta un sitio donde fijarse. La hembra tiene cuatro instars; el cuarto instar es el estado adulto. El ciclo de los tres primeros instars es un promedio de 18.4 días; el cuarto instar (adulto) tiene una duración promedio de 24.8 días y el período de oviposición de 18.4 días. El macho tiene 5 instars incluyendo el adulto. La duración de los primeros cuatro instars es de 19.4 días y el adulto es de 3.8 días. El período de huevo es de 6.3 días para ambas especies. El macho adulto es alado y vuela buscando hembras para copular. La copulación es obligatoria para la oviposición. El promedio de huevos colocados por hembra es de 773.6, durante un período promedio de 18.4 días.

Control: Como base principal para el control de este insecto se buscan variedades resistentes y la utilización de sus numerosos enemigos naturales. Entre los parásitos se encontraron: Dos especies de Anagyrus (Encyrtidae), Hexacnemus sp., Eusemium sp., (Encyrtidae) y dos especies de género desconocido (Encyrtidae): El piojo es también parasitado por Haltrichella sp. (Chalcididae), Signiphora sp., (Signiphoridae) y un pteromalidae de género desconocido. Entre los predatores se ha encontrado una variedad de coccinellidos: Coccidophilus sp., Scymnus spp., Cleothera onerata Mulsant , Cleothera sp., Diomus sp., Olla sp., Curinus colombianus, Cicloneda sanguinea, Cryptognatha auriculata, Hipodamia convergens, Pentilia sp. Prodilis sp., Azya sp. También dos dipteros, Ocyptamus stenogaster complex (Sirphidae) y Kalodiplosis coccidarum (Felt) (Cecidomyiidae) cuyas larvas son predatoras de ninfas y huevos; además dos Neuropteros; Sympherobius sp. (Hemerobiidae) y Chrysopa sp. (Chrysopidae); dos Heminopteros de la familia Reduviidae, Zellus sp. y Emesaya sp. y un microlepidoptero Pyroderces sp. (Cosmopterigidae).

Insectos que atacan las raíces

El chinche subterráneo de la viruela. (Hemiptera: Cydnidae Cyrtomenus bergi Froeschner). Ninfas y adultos de este insecto se alimentan de las raíces de la yuca por medio de un estilete delgado y fuerte que les permite llegar hasta el parénquima radical. Al remover la cutícula de las raíces atacadas se ven pequeños puntos de color marrón-negruzco que corresponden a los sitios donde el insecto inserta el estilete. Estos lugares constituyen entradas para microorganismos que causan en las raíces el complejo conocido como viruela. Los adultos del chinche son negros, mientras que las ninfas tienen el absomen de color blanco crema. Las patas son cortas con muchas espinas fuertes, que les facilitan movilizarse dentro del suelo. Estos insectos son difíciles de encontrar debido a su color y porque simulan estar muertos; en ocasiones los chinches salen pegados a las raíces al

momento de la cosecha. Su presencia se puede detectar por su olor repugnante y porque el suelo se ve removido a causa de las galerías que hacen para desplazarse. Severos ataques se han observado en plantaciones de yuca donde anteriormente se había cultivado caña de azúcar o pastos

En laboratorios de CIAT se realizó una investigación sobre la biología de este insecto con temperatura promedio de 23°C y humedad relativa promedio de 65%. La duración promedio del período de incubación del huevo fué de 13,6 días; las ninfas pasan por cinco instars que duran en total 111,5 días. La longevidad de los adultos es superior a 100 días.

Plagas de la yuca seca almacenada

Se han reportado aproximadamente 38 insectos, principalmente coleópteros, en tajadas o productos secos de la yuca. Muchos son polífagos; los únicos que son importantes son los que pueden reproducirse en la yuca seca. Estos incluyen Stegobium paniceum, Araecerus fasciculata, Rhizopertha dominica, Dinoderus minutus, Tribolium casteneum y Lathetícus oryzae. Los informes indican que la mayor parte del daño ocurre en yuca seca importada de Asia o de Africa.

No se dispone de información sobre pérdidas de yuca seca debido a los insectos. En India, las tajadas de yuca quedaron convertidas en polvo en 4-5 meses. Los estudios recientes realizados en el CIAT, indican que A. fasciculatus y D. minutus pueden causar pérdidas considerables.

Control: Las medidas más efectivas de control sanitario son la limpieza y desinfección de las bodegas antes del almacenamiento y la remoción rápida del material infestado. Se indica que las variedades amargas de yuca son más resistentes a los gorgojos que las dulces; sin embargo, aún se requiere confirmar esto. Las fumigaciones del grano también son un método efectivo para controlar estas plagas.

Principios básicos de un sistema de control integrado de plagas.

1. La yuca es ideal para un programa de control biológico.

2. No se requiren altos niveles de resistencia a plagas y se dispone de resistencia a algunas plagas.

3. Es necesario comprender la interacción insecto-planta-medio ambiente. La precipitación parece ser el factor clave.

4. Las prácticas culturales (selección de material de siembra rotación de cultivos, etc.) pueden reducir la incidencia de las plagas.

5. El uso de insecticidas se debe hacer racionalmente y sólo cuando sea extrictamente necesario.

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

Estamos firmemente convencidos de que un programa de Control Integrado de las plagas de yuca se debe basar en el control biológico, la resistencia varietal y prácticas culturales. Estos tres eslabones en la cadena de control integrado tendrán papeles importantes en programas de manejo de plagas de yuca en el futuro.

CUADRO 1. EL COMPLEJO DE ACAROS E INSECTOS DE LA YUCA

NOMBRE COMUN	GENEROS Y ESPECIES IMPORTANTES	REPORTADO EN	PARTES DE LA PLANTA ATACADA
Thrips	Frankliniella williansi Hood Frankliniella sp. Corynothrips stenopteros Williams Euthrips manihoti (Bondar) Scirtothrips manihoti (Bondar) Caliothrips masculinus Hood	Principalmente en América pero también en Asia	Deformación del follaje tejido exterior del tallo.
Acaros	Mononychellus mcgregori (Fletchmann & Baker) Mononychellus tanajoa (Bondar) Tetranychus urticae Koch Oligonychus peruvianus (Mcgregor) Oligonychus gossypii (Zacher)	América y Africa Todas las regiones	Hojas amarillas necrosis y muerte de los cogollos
Gusano cachón de la yuca	Erinnyis ello (L)	Américas	Hojas cogollos y consumo de la parte tierna del tallo
Mosca de la fruta	Anastrepha manihoti Costa Lima Anastrepha pickeli Costa Lima		Fruto (semilla) y barrera del tallo
Mosca del cogollo	Silba pendula (Bezzi) Lonchaea chalybea Wied	Américas	Fruto (Semilla) y barrera del tallo
Mosca blanca	Aleurotrachelus socialis Bondar Bemisia tuberculata Bondar Bemisia tabaci (Gennadius) Trialeurodes variabilis (Quaintance)	Africa, Asia, Américas	Deformación de las hojas, necrosis y transmisión de virus
Barrenadores del tallo	Coelosternus sp. Lagochirus sp. Chilomima clarkei (Amsel)	Todas las regiones pero principalmente en las Américas	Tallos, y posiblemente hinchamiento de las raíces
Chiza blanca	Leucopholis rorida Fabricius Phyllophaga sp.	Todas las regiones pero principalmente en Américas	Material de siembra y raíces

NOMBRE COMUN	GENEROS Y ESPECIES IMPORTANTES	REPORTADA EN	PARTES DE LA PLANTA ATACADA
Trozadores	Agrotis ypsilon Hufnagel Spodoptera frugiperda (J.E.Smith) Prodemia eridania (Cramer)	Américas y Madagascar	Material de siembra, tallo y follaje
Mosca de las agallas	Iatrophobia brasiliensis Rubs	Américas	Agallas en la hojas
Chinche de encaje	Vatiga manihotae (Drake)	Américas	Hojas
Saltamontes	Zonocerus elegans (L) Z. variegatus (L)	Principalmente Africa, pero también Américas	Consumo de follaje
Piojo harinoso	Phenacoccus herreni Phenacoccus gossypii (Towsend & Cockerell) Phenacoccus manihoti Mat.Ferr.	Américas y Africa	Follaje y tallos
Escamas	Aonydomytilus albus (Cockerell) Saissetia miranda (Cockerell & Parrot) Hemiberlesia diffinis (Newstead) Ceroplastes sp.	Todas las regiones	Tallos
Hormigas	Atta sp. Acromymex sp.	Principalmente en las Américas y Africa	Follaje
Grillos	Gryllus assimilis (Fabricius) Gryllotalpha sp.	Africa y Américas	Ataque a plantas jóvenes
Termitas	Coptotermes voeltzkowi Wasman Coptotermes paradoxus Wasman	Todas las regiones pero principalmente Africa	Material de siembra, raíces, tallos
Insectos de yuca almacenada	Stegobium paniceum (Linneo) Araecerus fasciculatus Degger Dinoderus minutus Fabricius Dysides obscurus Perty Tribolium castaneum (Herbst) Lathetícus oryzae Wetherhouse	Todas las regiones	Productos secos de la yuca

BIBLIOGRAFIA

1. Alberto, J. 1957 Cassava II. Diseases, pests and wild animals. Gazeta Agrícola de Angola 2 (2): 504-506.

2. Albuquerque, M. 1976. Cochonilha em mandioca na Amazonia. EMBRAPA, CPATU, Belem. 10 pp.

3. Barrios R., J. R. 1972. Reacción de 25 variedades de yuca Manihot esculenta, al ataque de ácaros. Trabajo presentado a la VIII Jornadas Agronómicas, Cagua, Venezuela 7 p.

4. Bellotti, A. C., and A. V. Schoonhoven. 1976. World distribution, identification and control of cassava pests. IV International Symposium on Tropical Root Crops Aug. 1976. CIAT, Cali, Colombia, 24 pp.

5. Bennett, F. D. and M. Yaseen. 1974. Investigatión on the the natural enemies of cassava mite Mononychellus tanajoa (Bondar) carried out by the Commonwealth Inst. of Biological Control on Trinidad under the IDRC grant 3-p-73-0136. Rept. April-Sept. 1974. 6 pp.

6. Bennett, F. D. and M. Yaseen. 1975. Investigation of the cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) and its natural enemies in the Neotropics. Mimeographed Rept. April 1974-March 1975, Commonwealth Institute of Biological Control. West Indies Sta. 12 pp.

7. Brasil. Universidade Federal de Bahía. Escola de Agronomía. 1973. Projecto mandioca. Cruz das Almas, Bahía, Brasil, 115 pp.

8. Cardenas, R. 1972. Principales plagas de la yuca y su control. In: Instituto Colombiano Agropecuario. Curso intensivo del cultivo de la yuca. Palmira, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones Agrop. pp. 14-19.

9. Carrasco, F. 1962. La hormiga "Cuqui" Atta sexdens fuscata Satschi (Formicidae) grave problema entomológico para los cultivos tropicales. Rev. Peruana de Entomol. 5:94-97.

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

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

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

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

14. Cosenza, E. W. and H. Correa. 1971. Estudo da cohonilha da mandioca na ragiao centro-oeste (Brasil). In: Reunlao da Comissao Nacional da Mandioca. 5a. Sete Lagoas, Minas Gerais, 1971 Actas Seta Lagoas Instituto de Pesquiza Agropecuaria do Centro Oeste-41-42.

15. Costa, A. S., E. W. Kitajima, A. S. Pereira, J. R. Silva, and C. A. Camacho Díaz. 1970. Molestias de virus e de micoplasma da mandioca no Estado de Sao Paulo. Campinas, Brasil, Secretaria de Agricultura 18 pp.

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

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

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

19. Erappa, C. 1938. Les Insects nuisibles au manioc sur pied et aux tubercules de manioc en magasin a Madagascar. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 18 (197): 17-29.

20. Frappa, C. 1938. Les insectes nuisibles au manioc sur pied et aux tubercules de manioc en magasin a Madagascar. II. Insectes nuisibles au manioc in magasin. Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Tropicale 1938: 104-109

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

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

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

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

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

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

27. Lefevre, P. C. 1944. Note sur quelques insectes parasites de "Manihot utilissima Pohl" dans la region de Kasenyi (Lac Albert). Bulletin Agricole du Congo Belge 35(1/4): 191-201.

28. Lozano, J. C.,A.Bellotti, A. V. Schoonhoven, R. Howeler, J. Doll, D. Howell and T. Bates. 1976. Field Problems in Cassava. CIAT series GE-16. 127 pp.

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

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

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

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

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

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

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

36. Nyiira, Z. M. 1972. Report of investigation on cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar). Mimeogr. Dept. of Agric. Kawanda Research Station. 14 pp.

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

38. Nyiira, Z. M. 1975.a. Biology distribution and ecology in Uganda of the green cassava mite Mononychellus tanajoa

(Bondar) (Acarina: Tetranychidae). Ph. thesis. 314 pp.

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

40. Nyiira, Z. M. 1975 c. Advances in research on the economic significance of the green cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) in Uganda, Workshop on Cassava Improvement in Africa IITA. Ibadán, Nigeria, Nov. 17-21, 1975.

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

42. Pingale, S. V. M. Muthu and M. V. Sharangapani. Insect pests of stored tapioca chips and their control. Bulletin Central Food Technological Res. Inst. (India).

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

44. Ramos Nunez, G. 1962. La yuca, Conferencias, Mimeo. 16 pp. Fac. de Ciencias Agrop. Palmira-Colombia.

45. Romero, J. I.and R. F. Ruppel. 1973. A new species of Silba (Diptera, Lonchaeidae) from Puerto Rico. J. of Agric. of the Univ. of Puerto Rico 57 (2): 165-168.

46. Schoonhoven, A. v. 1974. Resistence to thrips damage in cassava. J. of Econ. Entomol. 67: 728-730.

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

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

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

50. Urich, F. W. 1915. Cassava insects. Bull. of the Dpt. of Agric. Trinidad and Tobago. 14 (2): 38-40.

102030

PERDIDAS EN RENDIMIENTO EN YUCA CAUSADAS POR INSECTOS Y ACAROS

Anthony C. Bellotti*
Octavio Vargas H.
Jorge E. Peña
Bernardo Arias V.

Introducción

La yuca es comunmente cultivada para la subsistencia de los agricultores a través de las regiones tropicales del mundo. Históricamente, la yuca ha sido vista como un "cultivo rústico", generalmente libre de artrópodos plagas. Aunque los rendimientos experimentales han excedido 70 t/ha (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) y las producciones comerciales en Colombia han sido hasta de 40 t/ha, el promedio mundial es apenas de 10-15 t/ha. Estas cifras indican que hay varios factores limitantes de la producción, siendo las plagas uno de los más importantes.

Las plagas de la yuca representan un amplio rango de artrópodos (Bellotti & Schoonhoven, 1978), y se pueden dividir en 3 categorías:

a) Aquellas que atacan el material de siembra (mosca de la fruta, barrenadores, escamas, chizas y tierreros;

b) Aquellas que atacan la planta en desarrollo (consumidores de follaje, chupadores, deformadores de la hoja y barrenadores del tallo, las ramas y los cogollos, y

c) Aquellas que atacan material de siembra almacenada y yuca seca.

En general, la literatura no reporta buenos datos sobre pérdidas económicas, puesto que se han hecho estimativos visuales para calcular las reducciones en rendimiento causadas por las plagas. En el CIAT se han realizado estudios sobre pérdidas en rendimiento, como ayuda en la identificación de prioridades en el programa de investigación con este cultivo. El presente trabajo discute esos resultados y analiza las posibles causas fisiológicas de esas reducciones. Se ha hecho énfasis en el daño de las plagas a la parte aérea de la planta, aunque también se presentan algunos resultados sobre las pérdidas causadas por mala calidad del material de siembra. Se hace la comparación entre las plagas que defolian o producen algún daño por un período corto de tiempo (gusano cachón, mosca de la fruta, mosca del cogollo) y aquellas que atacan la planta por un largo período (ácaros, thrips, moscas blancas, escamas).

Distribución de las Plagas Importantes en Yuca

La mayor diversidad de la yuca ocurre en las Américas (Bellotti &

---

* Entomólogo CIAT; Asociado de Investigación CIAT; Candidato al PhD en la Universidad de Florida, Gainesville y Asistente de Investigación CIAT, respectivamente.

Schoonhoven, 1977; Bellotti, 1978), centro de origen del cultivo. Dentro de las plagas mayores reportadas únicamente en las Américas figuran el gusano cachón, Erinnyis ello (L), los thrips, Frankliniella williamsi Hood, los chinches de encaje, Vatiga manihotae Drake y V. illudens Drake, la mosca blanca, Aleurotrachelus socialis Bondar y las moscas de la fruta, Anastrepha pickeli Costa Lima. Ninguna de las plagas mencionadas anteriormente ha sido reportada en Asia y Africa.

Hasta ahora, unas pocas plagas específicas de la yuca han sido diseminadas a otras áreas. En años recientes, sin embargo, dos plagas importantes, el ácaro verde Mononychellus tanajoa Bondar y el piojo harinoso Phenacoccus manihoti Matile-Ferrero fueron introducidos inadvertidamente en Africa, donde han sido reportados causando serias pérdidas en rendimiento (Leuschner, & Nwanze, 1978; Nyiira, 1976). El piojo harinoso tiene altos niveles de control natural en las Américas, razón por la cual no está reportado causando reducciones mayores en el rendimiento.

La escama blanca, Aonidomitilus albus Cockerell, se encuentra en casi todas las regiones yuqueras del mundo y puede causar pérdidas en el material de siembra ya que reduce la germinación de las estacas y por consiguiente disminuye los rendimientos.

Relación entre el daño de Plagas y Pérdidas en Rendimiento

Las bases fisiológicas para explicar pérdidas en rendimiento en yuca ocasionadas por insectos y ácaros plagas han sido exploradas por Cock (1978), quien establece que la yuca puede ser más tolerante al ataque de plagas que otros cultivos debido a la falta de períodos críticos en la producción. Una vez establecida la planta, el crecimiento de esta puede ser determinado completamente en casi cualquier estado de desarrollo sin afectar los órganos en formación responsables del rendimiento - engrosamiento de las raíces. Las plagas pueden causar daño a la yuca por reducción del área y de la rata fotosintética, resultando en disminución del rendimiento; por ataque a los tallos, la planta se debilita e inhibe el transporte de nutrientes, y por ataque al material de siembra, el cual reduce la germinación. Los ácaros e insectos que atacan la yuca también reducen la cantidad y calidad del material de siembra de estas plantas, afectando así los rendimientos. Los insectos tierreros que atacan las estacas, producen heridas o huecos a través de los cuales los patógenos del suelo pueden entrar; dichos insectos también pueden destruír completamente la epidermis y/o las yemas de las estacas.

Otros insectos cortan las raíces y/o los cogollos de las estacas recien germinadas.

Plagas que Causan Daño Económico

Acaros.

Los ácaros son una de las plagas más serias de la yuca en el mundo. Las especies de mayor importancia económica están representadas por Mononychellus tanajoa (Bondar), Tetranychus urticae Koch y Oligonychus peruvianus (McGregor). Una descripción detallada del daño causado fué presentada por Bellotti & Schoonhoven (1977, 1978). Los ácaros causan daño prin-

cipalmente durante la época de verano, ya que estas condiciones ambientales son favorables para su desarrollo, permitiendo así que los niveles de población alcancen niveles altos. La duración del ataque depende de la duración de la época de verano y de la cantidad de alimento disponible. La contínua alimentación puede conducir a la defoliación y la rata fotosintética se reduce (Cock, 1978), Nyiira (1976), reportan pérdidas en rendimiento hasta del 46% causadas por M. tanajoa en parcelas experimentales en Uganda.

En condiciones experimentales de campo en el CIAT y en presencia de un complejo de 4 especies de ácaros (M. tanajoa, M. macgregori (Flechtmann & Baker), T. urticae y O. peruvianus, se determinó su efecto sobre el rendimiento. Dependiendo de la edad de la planta y de la duración del ataque, el rendimiento se redujo entre 21 y 53% (Tabla 1). Un ataque de 3 meses redujo el rendimiento en 21%; un ataque de 4 meses 25% y uno de 6 meses, 53%. Como resultado del daño hubo necrosis y caída de las hojas inferiores, pero no ocurrió defoliación completa.

Thrips.

Los thrips son plagas de la yuca principalmente en las Américas; sus ataques son más frecuentes durante la época de verano pero las plantas se recuperan con la iniciación de la época de lluvias. F. williamsi, parece ser la especie de mayor importancia económica; este insecto ataca los terminales de las plantas; las hojas no se desarrollan normalmente; los folíolos se deforman y presentan manchas cloróticas irregulares. Los cogollos pueden morir, con lo cual se destruye la dominancia apical permitiendo así el desarrollo de los brotes laterales, los cuales a su turno también pueden ser atacados dando una apariencia de escoba de bruja (Bellotti & Schoonhoven, 1977). El ataque de thrips no tiene como resultado la defoliación pero sí la reducción del área fotosintética.

En CIAT el rendimiento se redujo entre 5.6 y 28.4% dependiendo de la susceptibilidad de la variedad (Schoonhoven & Peña, 1976, 1978).

Como consecuencia de un ataque de thrips que duró cerca de 3 meses, la reducción promedio para ocho variedades fué 17.2%.

Escamas.

Varias especies de escamas han sido identificadas atacando tallos, ramas y follaje en yuca en muchas regiones de las Américas, Asia y Africa (Bellotti & Schoonhoven, 1978). La especie más importante y universal es A. albus.

Las hojas de los tallos y/o ramas se tornan amarillas y caen; en ataques severos en plantas jóvenes, ocurre achaparramiento, el terminal puede morir y los tallos se pueden secar, causando la muerte de la planta. Las escamas pueden estar presentes durante todo el año pero sus ataques son más severos durante la época de verano, agravándose así por la intensidad de la sequía. Aunque el mayor daño producido por el ataque de escamas parece ser la pérdida del material de siembra, estudios en CIAT han mostrado reducción en rendimiento cuando las poblaciones de escamas son continuamente altas. En una evaluación se usó un sistema de clasificación así: 0, pa-

ra plantas con considerable follaje y la no presencia de escamas ó unas pocas en los tallos; 1, reducción en el follaje y las escamas cubriendo menos del 50% de la superficie del tallo; y 2, severa defoliación, muerte de terminales y las escamas cubriendo completamente la superficie del tallo. Se cosecharan cien plantas correspondientes a cada grado de daño y se tomó el peso de las raíces. Los daños se correlacionaron con las reducciones en rendimiento. Según los resultados ocurrió una pérdida en rendimiento de 4% para las plantas con grado 1, y de 19% para aquellas con grado 2; esto último representa en este caso una pérdida de 3 t/ha.

Mosca Blanca.

La mosca blanca ataca el cultivo de la yuca en las Américas, Africa y ciertas partes de Asia. No hay reportes en la literatura de pérdidas en rendimiento debido al daño directo por la acción de alimentarse. La especie Bemicia tabaci (Genn.) es de particular importancia, sin embargo, este insecto es el vector del mosaico africano de la yuca el cual se encuentra en India y Africa.

En ciertas regiones de Colombia, se encuentran altas poblaciones de Aleurotrachelus socialis durante todo el año. El daño en las variedades susceptibles se manifiesta por un moteado y/o enrollamiento de las hojas, siendo este un daño muy similar al mosaico africano. También puede ocurrir el amarillamiento de las hojas y deformación de los terminales en crecimiento, además la formación de fumagina, la cual se desarrolla sobre las excresiones azucaradas del insecto. En infestaciones severas, la caída de las hojas bajeras puede ocurrir.

Se realizó una evaluación sobre el efecto del ataque de mosca blanca en tres variedades de yuca (CMC 57, CMC 40 y M Mex 59), las cuales fueron tratadas con monocrotphos cada 10 días hasta la época de cosecha. Las poblaciones de mosca blanca se presentaron durante todo el año. Las plantas tratadas presentaron grados de población y pupas más bajas y un mayor rendimiento que las plantas no tratadas (Tabla 2).

La reducción en rendimiento fué 33.6% para M Mex 59, 52.0% para CMC-40 y 76.7% para CMC 57; este porcentaje representa la más alta reducción en rendimiento debido al daño de un insecto o ácaro reportado en yuca por el CIAT.

En otro ensayo se permitió que las moscas blancas atacaran la yuca por períodos cada vez más largos hasta los 11 meses de edad. Se observó una correlación significativa ($r = 0.9$) entre la duración del ataque y la reducción de los rendimientos y una correlación negativa ($r = -0.8$) entre la duración del ataque y el número de estacas producidas por la planta. El efecto de la duración del ataque fué significativo después del tercer mes de crecimiento de la planta (Tabla 3).

Gusano Cachón.

El Erinnyis ello en sus estados larvales es un voraz consumidor de follaje y es considerado generalmente como una de las más importantes plagas de la yuca en las Américas. Su habilidad para causar rápidas defoliaciones en las plantaciones causa alarma entre los cultivadores de yuca.

Los estados larvales (cinco instars) duran aproximadamente 15 días, tiempo durante el cual consume 1107 cm^2 de área foliar; sin embargo, el 75% de esta área es consumida durante el último instar el cual ocurre en un período de 3 a 4 días.

En un cultivo comercial en Colombia, sembrado con la variedad Chiroza de alto potencial de rendimiento, se presentó un ataque muy severo; 4 parcelas completamente defoliadas fueron comparadas con un igual número de plantas sin ataque. Las plantas tenían 3 meses de edad cuando ocurrió el ataque siendo estas cosechadas a los 12 meses de edad del cultivo. El rendimiento promedio de las plantas no atacadas fué de 4.58 kg/planta, mientras que las defoliadas rindieron 3.75 kg/planta. Este 18% de pérdida fué equivalente a 6 t/ha en esa finca. Ataques repetidos resultarían posiblemente en pérdidas mayores.

Mosca de la Fruta.

La mosca de la fruta Anastrepha pickeli y A. manihoti fueron originalmente reportadas atacando el fruto donde ellas no causan daño económico.

Sin embargo, los adultos también depositan los huevos en las partes apicales tiernas de los tallos en crecimiento y la larva inicia su daño como barrenador. Además un patógeno bacterial (Erwinia caratovora, Var. caratovora) frecuentemente se encuentra en asociación con la larva, la cual puede causar pudrición en los tejidos del tallo. Ataques severos pueden causar retardo y muerte de las yemas terminales en crecimiento, retrasándose el crecimiento de la planta y favoreciendo el desarrollo de las yemas laterales (Bellotti & Peña, 1978). Esto muestra que las plantas de yuca pueden recuperarse rápidamente del daño causado por la mosca de la fruta, cuando existe una buena distribución de las lluvias. Plantas que estaban severamente atacadas cuando tenían 3 meses de edad fueron comparadas con plantas sanas durante un período de 6 meses. Medidas de altura de las plantas mostraron que a los 5 meses las plantas atacadas se habrían recuperado, alcanzando la misma altura que las no atacadas (Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1977). No hubo diferencia significativa en rendimiento entre plantas atacadas y no atacadas; sin embargo, hubo considerable diferencia en la calidad de estacas (CIAT, datos no publicados). Las parcelas tratadas produjeron entre 40 y 50% más estacas de buena calidad que las no tratadas.

La Mosca del Cogollo.

El daño causado por la mosca del cogollo ha sido observado en la mayoría de las regiones yuqueras de las Américas, pero no ha sido reportado en Africa ni en Asia.

Algunas especies de Lonchaeidae han sido descritas, pero Silba pendula (Bezzi) y Lonchaea chalibea Wiedemann, son las más importantes (Bellotti & Schoonhoven, 1978A - Bellotti & Schoonhoven, 1978B). El estado larval puede durar de 20 a 25 días, dependiendo de la temperatura (Bellotti & Schoonhoven 1978; Waddil, 1978); así la duración del ataque es relativamente corta. Sin embargo, pueden ocurrir ataques sucesivos. El daño debido a la alimentación de la larva se manifiesta por un exudado blanco a café que fluye de las yemas terminales, las cuales finalmente mue-

ren. Esto retarda el crecimiento de la planta, la dominancia apical se rompe e induce la germinación de las yemas laterales, las cuales pueden ser también atacadas. Estudios realizados en Costa Rica (Saunders, 1978), Florida (Waddil, 1978) y CIAT (1975) han demostrado que no hay pérdida en el rendimiento causada por el ataque.

Otras Plagas.

Aunque hay muchas otras plagas que atacan la yuca, hay pocos ó ningún dato disponible concerniente a su efecto sobre el rendimiento (Tabla 3). Muchos insectos atacan el material de siembra, causando pérdida en germinación lo cual puede reducir el rendimiento si muchas plantas son destruídas. Estas plagas incluyen chizas, (Phyllophaga sp., Leucopholis rorida) (Fabricius), Tierreros (Prodenia, spp., Agrotis ipsilon) (Hufnagel) Lagochirus spp. y termitas. Entre las plagas que atacan el follaje están las hormigas; el piojo harinoso (Phenacoccus manihoti) Townsend & Cockerell; chinche de encaje (Vatiga manihotae, V. illudens) y saltamontes. El piojo harinoso P. manihoti está reportado causando pérdidas hasta 80% en ciertas partes de Africa (Herren com. per.)

Discusión

La yuca es un cultivo de período vegetativo largo, de 8 a 24 meses según la variedad y las condiciones ambientales. Este cultivo tiene un nivel económico alto; variedades vigorosas pueden perder considerable follaje (40% ó más), y hay períodos en los cuales la planta puede tolerar defoliación más alta sin una reducción significativa en el rendimiento. Estos dos factores son importantes en la relación entre daño de plagas y la reducción del rendimiento en yuca. Como es un cultivo de un período vegetativo largo, la planta es continuamente atacada por un grupo de plagas que causan diferentes tipos de daño. Los ataques más severos generalmente ocurren durante la época de verano cuando el efecto por el daño de la plaga está combinado con la intensidad de la sequía. Aunque hay algunas plagas que atacan el cultivo durante la época de lluvias, este período hace que la planta se recupere, usualmente permitiendo un crecimiento vigoroso.

Los experimentos descritos en esta publicación muestran que algunos artrópodos plagas reducen los rendimientos (Tabla 4). La magnitud de la reducción está influenciada por las condiciones ambientales, fertilidad del suelo, edad de la planta, tipo de daño y duración del ataque.

Aquellas plagas que atacan la parte aérea de la planta por un período prolongado reducen más los rendimientos que aquellos que defolian o dañan la planta por un período corto (Tabla 5). Basados en los datos de campo y simulación en el computador, Cock (1978), dice que "pérdidas relativamente menores en rendimiento son el resultado de pequeña disminución en el área foliar". De otra forma, los rendimientos son severamente reducidos cuando: a) la longevidad de la hoja es reducida; b) la rata fotosintética es reducida.

Los resultados de experimentos previamente presentados tienden a sustentar esas conclusiones. Los ataques por plagas tales como la mosca de la fruta y del cogollo, las cuales destruyen las partes apicales de la

planta, pero tienen poco efecto en la rata fotosintética, no resultan en pérdidas del rendimiento (Tabla 4). El daño por gusano cachón (consumo de follaje) reduce el área foliar, pero como el ataque ocurre por un breve período, la planta produce nuevo follaje (Figura 1).

La rata fotosintética se interrumpe por un breve período (1 a 2 semanas) en todo el ciclo vegetativo de la planta. En estudios de campo el rendimiento fué de 18% menos después del ataque. (Esto es interesante de mencionar ya que una pérdida del 20% fué predicha por un modelo simulado en computador para este tipo de daño (Cock, 1978)). Los thrips reducen el área y número foliar por un período aproximado de 3 meses, reduciendo el rendimiento en un 17%. Las escamas causan un daño considerable en el tallo y las ramas debido a su alimentación contínua. La pérdida en rendimiento en CIAT fué del 18%; esto sustenta las conclusiones de Cock en el sentido de que un daño severo a los tallos reduce el rendimiento.

El efecto más negativo en el rendimiento parece ser causado por la reducción de la rata fotosintética durante todo el ciclo vegetativo (Tabla 4). Los ácaros y las moscas blancas atacan el follaje por largos períodos, durante los cuales la rata fotosintética disminuye (Figura 2). Si la duración del ataque aumenta, el rendimiento decrece. Cock (datos no publicados), sugiere a partir de su modelo simulado en computador, que un 10% de reducción en fotosíntesis en un tipo de planta cercano al ideal, a través de su ciclo vegetativo resultará en un 20% menos en producción de raíces. Parece que la planta es capaz de recuperarse mejor de una rápida defoliación o de la muerte de sus cogollos que de una contínua reducción de la rata fotosintética por un largo período de tiempo. Entonces, plagas tales como el chinche de encaje y el piojo harinoso, podrían causar considerable pérdida en rendimiento, pero no han sido suficientemente estudiados.

Conclusiones

Hay suficiente información de campo para demostrar que los ataques de insectos y ácaros pueden reducir drásticamente los rendimientos en yuca. Varios factores parecen influenciar la relación plaga/cultivo, incluyendo las condiciones ambientales y la fertilidad del suelo. Lluvias adecuadas permitirán a la planta recuperarse del daño, frecuentemente con una reducción mínima en el rendimiento.

El tipo de daño y la duración del ataque también determina el grado de disminución en el rendimiento. Las evidencias muestran que las plagas que atacan la planta por un período prolongado (ácaros, mosca blanca, thrips y escamas), generalmente reducen más los rendimientos que aquellos que atacan la planta por un corto período (gusano cachón, mosca del cogollo, mosca de la fruta). El tipo de daño más detrimente es la contínua reducción de la rata fotosintética.

TABLA 1. EFECTO DE LA POBLACION DE ACAROS (Mononychellus spp., Oligonychus peruvianus y Tetranychus urticae) EN LOS RENDIMIENTOS DE YUCA (VAR. M COL 22) CON INFESTACIONES ARTIFICIALES DE T. urticae.

Número de siembra	No. de infestaciones artificiales	Edad de la planta (meses)	Duración de la infestación (meses)	No. de Acaros/hoja		Producción Ton/ha		% Pérdida en Rendimiento
				Trat.	No. Trat.	Trat.	No. Trat.	
I	1	6	3	110	425	21.8	17.3	21
II	2	4 y 10	4	77	349	16.4	12.3	25
III	2	2 y 8	6	60	263	27.9	13.1	53

TABLA 2. REDUCCION EN RENDIMIENTO EN TRES VARIEDADES DE YUCA POR MOSCA BLANCA Aleurotrachelus sp. ESPINAL (TOLIMA), 1978 PROMEDIO DE CUATRO REPLICACIONES.

	TRATADAS[a]			NO TRATADAS			%	% DE DIFERENCIA	
		Grado de Infestación			Grado de Infestación		Perd.	Grado de Infestación	
Variedad	Kg/planta	Población[b]	Pupas[c]	Kg/planta	Población	Pupas	Rend.	Población	Pupas
CMC-57	3.31	0.57	0.28	0.77	3.92	3.17	76.7	85.5	91.2
ES*	(0.41)	(0.19)	(0.12)	(0.27)	(0.27)	(0.23)			
CMC 40	5.35	0.82	0.21	2.57	4.75	4.87	52.0	82.7	95.7
ES	(0.60)	(0.23)	(0.10)	(0.43)	(0.17)	(0.08)			
M MEX 59	3.63	0.71	0.17	2.41	4.70	4.65	33.6	84.9	96.4
ES	(0.74)	(0.21)	(0.07)	(0.67)	(0.16)	(0.10)			

(a) Monocrotophos 1.5 cc I.A/lt Agua

(b) Población: (% de hojas infestadas por adultos, ninfas, pupas). Grado 0 = No infestación; 1 = <20%; 2 = 21-40%; 3 = 41-60%; 4 = 61-80%; 5 = 81-100%.

(c) Pupas/Hoja. Grado 0 = No pupas; 1 = <5; 2 = 6-10; 3 = 11-25; 4 = 26-50; 5 = >51.

* Error Standard

TABLA 3. RELACION ENTRE LA DURACION DE LOS ATAQUES DE LA MOSCA BLANCA Aleurotrachelus socialis Y LAS PERDIDAS EN RENDIMIENTO DE LA LINEA DE YUCA CMC 305-122.

Duración del ataque de Mosca Blanca (meses)	No. de Aplicaciones de Insecticida 1/	Rendimiento de raíces Frescas (t/ha)	Reducción en rendimiento %	Raíz contenido de almidón %
0	22	42.1 a 2/		29.6 a
1	20	40.1 ab	4.8	29.5 a
2	18	36.1 abcd	14.3	28.7 a
3	16	37.8 abc	10.2	29.4 a
4	14	30.6 bcde	27.3	30.7 a
5	12	29.8 cde	29.2	28.7 a
6	10	24.5 ef	41.8	27.2 a
7	8	26.7 de	36.6	29.4 a
8	6	16.4 fg	61.0	27.8 a
9	4	14.3 g	66.0	27.9 a
10	2	11.5 g	72.7	28.3 a
11	0	8.6 g	79.6	27.6 a

1/ Dimethoato aplicado en la dosis de 0.8 g.i.a/litro de agua

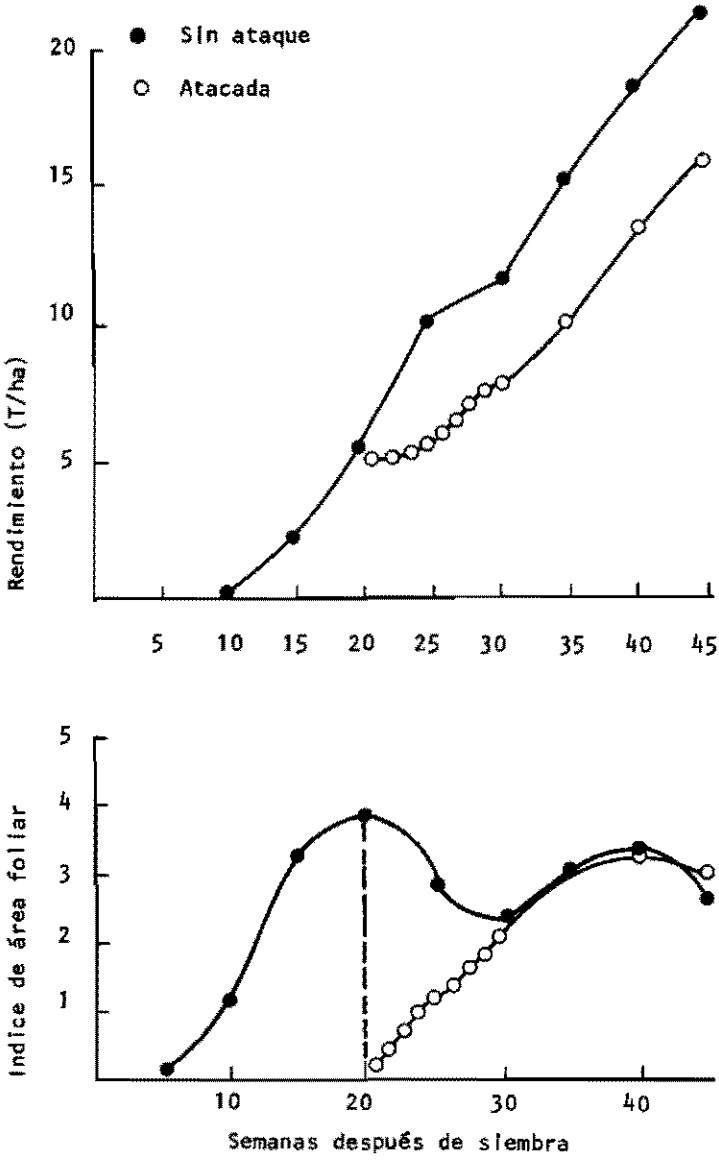
2/ Los valores dentro de la misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 95%.

TABLA 4. PERDIDAS EN RENDIMIENTO CAUSADAS POR INSECTOS Y ACAROS EN YUCA

Plaga	Especies Principales	% Reducción en Rendimiento	Referencia
Acaros	Mononychellus tanajoa	21 - 53%	CIAT - 1977
	Tetranychus urticae		
	Oligonychus peruvianus		
Trips	Frankliniella williamsi	5 - 28%	Schoonhoven, 1976
Mosca Blanca	Aleurotrachelus socialis	33 - 76%	CIAT - 1979
Gusano Cachón	Erinnyis ello	18%	CIAT - 1978
Mosca de la Fruta	Anastrepha pickeli	0 - 5%	(Planta en Desarrollo) - CIAT
	A. manihoti	4 - 33%	(Material de Siembra) - CIAT, 1978
Escamas	Aonidomytilus albus	4 - 19%	CIAT - 1978
Piojo Harinoso	Phenacoccus gossypii		
	P. manihoti	80%	Herren Pers. Comm.
Mosca del Cogollo	Silba pendula	0 - ?%	Saunders - 1978
	Neosilba perezi		Waddill - 1978
Chinche de Encaje	Vatiga Manihotae	?	
	V. illudens		
Grillos	Zonocerus elegans	?	

TABLA 5. PERDIDAS EN RENDIMIENTO EN YUCA POR INSECTOS Y ACAROS SEGUN LA DURACION DEL ATAQUE.

Insecto	Tipo de Ataque	Duración	% de Duración en Rendimiento
Mosca del cogollo	Muerte del Cogollo	21 días	0%
Mosca de la Fruta	Barrenamiento de ramas	11 días	0 - 5%
Gusano Cachón	Consumo Foliar		
	Defoliación completa	15 días	18%
Trips	Deformación de Hojas	3 meses	17%
Escamas	Chupadores de Tallos y/o ramas	3-4 meses	19%
Acaros	Chupadores - Reducción	3 meses	21%
	de la fotosíntesis	4 meses	25%
		6 meses	53%
Mosca Blanca	Chupadores - Reducción		
	de la fotosíntesis	10 meses	76%



Fuente : Cock (10)

Figura 1. Efecto del ataque del gusano cachón en rendimiento y en el índice de área foliar en plantas de yuca a las 20 semanas de edad del cultivo. Datos simulados en computador.

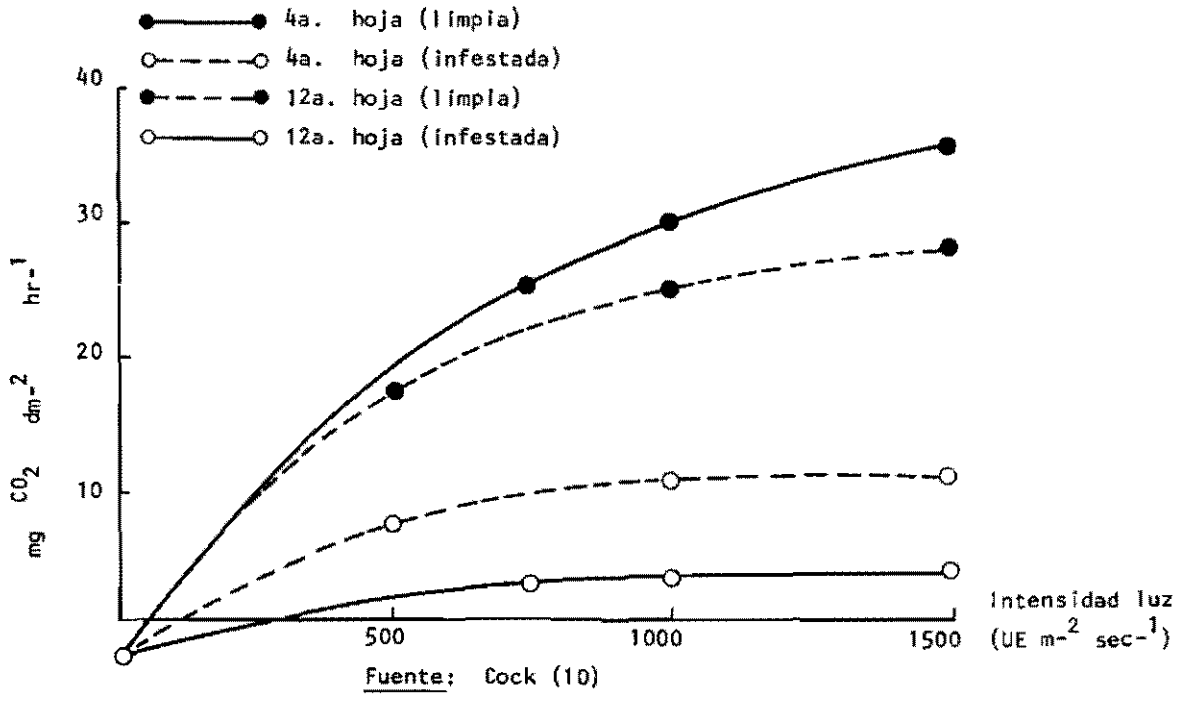


Figura 2. Efecto de una alta infestación de ácaros en la rata fotosintética de M Col 72

BIBLIOGRAFIA

1. Bellotti, A. and Schoonhoven, A. van. 1977. World Distribution, Identification, and Control of Cassava Pests. In Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. 4th, Cali, Colombia, 1976. Proceedings International Development Research Centre, Ottawa, Canada pp. 188-193.

2. _____ and Schoonhoven, A. van. 1978A. Cassava Pests and their Control. Edited by Trudy Brekelbaum. CIAT. Series 09EC-2. 71p.

3. _____ and Schoonhoven, A. Van. 1978B. Mite and Insect Pests of Cassava. Annual Review of Entomology 23:39-67.

4. _____. 1978. An overview of Cassava Entomology. In Brekelbaum T., Bellotti, A., and Lozano, J. C. eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14. pp. 29-39.

5. _____. and PEÑA, J. 1978. Studies on the Cassava Fruit Fly Anastrepha spp. In Brekelbaum, T.; Bellotti, A., and Lozano, J. C., eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14 pp. 203-208.

6. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1975. Annual Report 1974. Cali, Colombia, 260 p.

7. _____. 1977. Cassava Production Systems. In Annual Report 1976, Cali, Colombia, pp. B1-B76.

8. _____. 1978. Cassava Production Systems. In Annual Report, 1977. Cali, Colombia, pp. C 26-C 33.

9. _____. 1979. Cassava Production Systems. In Annual Report, 1978. Cali, Colombia, pp. A1-A100.

10. Cock, J. H. 1978. A Physiological basis of yield loss in cassava due to pests. In Brekelbaum, T.; Bellotti, A., and Lozano, J. C. eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14. pp. 9-16.

11. Leuschner, K. and Nwanze, K. 1978. Preliminary Observations of the mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) in Zaire. In Brekelbaum, T.; Bellotti, A., and Lozano, J. C., eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia. Series CE-14 pp. 195-198.

12. Nyiira, Z. M. 1976. Advances in Research on the Economic significance of the Green Cassava mite, Mononychellus tanajoa (Bondar) in Uganda. In International Exchange of Cassava Germplasm in Africa Proceedings Interdisciplinary Workshop, Ibadan, Nigeria, 1975. pp. 27-29.

13. Saunders, J. L. 1978. Cassava Production and Vegetative Growth Related to control duration of shoot flies and fruit flies. In Brekelbaum, T.; Bellotti, A. and Lozano, J. C., eds. Cassava Protection Workshop, Cali

Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia, Series CE-14 pp. 215-219.

14. Schoonhoven, A. van and Peña, J. E. 1976. Estimation of Yield losses in Cassava following attack from thrips. Journal of Economic Entomology 69 (4): 514-516.

15. _____ 1978. Thrips on cassava: Economic importance, sources and mechanisms of resistence. In Brekelbaum, T., Bellotti, A., and Lozano, J. C. eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia, Series CE-14. pp. 177-180.

16. Waddill, V. H. 1978. Biology and Economic importance of Cassava Shoot Fly, Neosilba perezi Romero & Ruppel. In Brekelbaum, T.; Bellotti, A., and Lozano, J. C. eds. Cassava Protection Workshop, Cali, Colombia, 1977. CIAT, Cali, Colombia, Series CE-14. pp. 209-214.

107031

MANEJO DE PLAGAS EN YUCA

Anthony C. Bellotti*
Jesús A. Reyes Q.
Bernardo Arias V.

Introducción

El manejo de plagas en yuca se debe basar fundamentalmente en el control biológico, la resistencia de la planta hospedante y en la aplicación de prácticas culturales. Estos tres eslabones en la cadena del control integrado tendrán papeles importantes en programas de manejo de yuca en el futuro.

En el control de insectos perjudiciales a la agricultura se puede decir que uno de los objetivos prácticos por parte de los entomólogos es mantener las poblaciones de insectos plagas a niveles de ninguna importancia económica; esto es aparentemente, un enunciado claro y fácil de entender, pero la verdad es que en la práctica parece que se ignora su verdadero sentido. Cuando se habla de mantener los insectos perjudiciales a niveles de ninguna importancia económica, debe entenderse que no siempre la presencia y daño de un insecto plaga significa reducción en la producción, que casi todos los cultivos tienen capacidad para soportar cierto porcentaje de daño, que tienen habilidad para recuperarse y que por lo tanto no tiene sentido aplicar insecticidas por la sóla presencia de insectos dañinos.

La habilidad de la planta de yuca para recuperarse de daños de plagas es un criterio importante que siempre debe ser considerado y no se debe recurrir a la aplicación de métodos de control al menos que se haya hecho un estimativo de la pérdida en rendimiento. De ser necesario el control de plagas en este cultivo se debe hacer con un mínimo de insumos costosos, sobre todo pesticidas. Para lograr este objetivo se requieren mayores conocimientos de los que se tienen actualmente sobre la biología y ecología de muchas de estas plagas. Se deben aprovechar los factores favorables involucrados en la interacción insecto/planta/medio ambiente y las consideraciones que hacen que un sistema de manejo de plagas de yuca sea un objetivo atractivo y práctico.

Algunos de estos factores son:

1. La yuca se cultiva de 8 a 24 meses; por lo tanto el uso de pesticidas es costoso.

---

* Entomólogo, Científico, Visitante, Asistente de Investigación respectivamente-Programa Entomología Yuca- CIAT-Palmira.

2. Por ser un cultivo de ciclo largo, la yuca es ideal para un programa de control biológico, especialmente en áreas donde se la cultiva ininterrumpidamente y en grandes extensiones. Ya se han identificado agentes de control biológico para muchas de las plagas principales.

3. La planta de yuca se puede recuperar casi siempre del daño causado por los insectos. Durante períodos de precipitación pluvial adecuada, los niveles altos de defoliación causarán poca o ninguna reducción en rendimiento.

4. Muchas de las plagas no están diseminadas ampliamente y su incidencia es a menudo estacional. Las épocas secas favorecen el aumento de poblaciones de muchas plagas, pero la habilidad de la planta para resistir largos períodos de sequía generalmente le permitirá recuperarse cuando comiencen las lluvias.

5. La yuca tiene un umbral alto de daño económico por plagas; las variedades vigorosas pueden perder bastante follaje (40% o más) y hay períodos cuando pueden sufrir aún más defoliación sin que se afecte significativamente el rendimiento. Sin embargo, las nuevas variedades desarrolladas pueden tener una tolerancia menor a la defoliación.

6. Muy pocas son las plagas que realmente pueden matar la planta, lo que hace posible que ésta se recupere del daño y produzca raíces comestibles.

7. La selección de material de propagación sano y vigoroso, junto con un tratamiento de fungicidas e insecticidas de bajo costo, permite una germinación rápida y exitosa, asegurando el vigor inicial de la planta durante esta fase tan importante y aumentando finalmente el rendimiento.

8. Estudios han demostrado que existen fuentes de resistencia en yuca que, aunque bajas, pueden ser adecuadas para evitar graves pérdidas en el cultivo.

9. A menudo se cultiva la yuca en pequeñas fincas bajo condiciones de cultivos mixtos; este sistema no sólo reduce la incidencia de plagas sino que también evita brotes de plagas en áreas muy dilatadas.

10. Se tiene evidencia de que los insectos pueden ocasionar disminuciones en el rendimiento durante períodos específicos del desarrollo de la planta. Se deben identificar estos períodos para que puedan intensificarse las prácticas de control durante este tiempo.

Consideraciones Importantes Sobre los Insectos

Los insectos existen en la tierra desde hace más de 300 millones de años y han sobrevivido y evolucionado con todos los cambios drásticos originados en la evolución de la tierra. Por otra parte presentan una gran capacidad reproductora; una termita (comején) reina puede llegar a ovipositar 30.000 huevos diarios. Cuando apareció el D.D.T. para uso agrícola, su efecto letal sobre los insectos fué de tal magnitud que muchos entomólogos iniciaron la recolección de insectos para conservarlos ya que se creía que el D.D.T. los iba a exterminar pero el insecto que había sobrevivido a situaciones mucho más difíciles, dió su respuesta desarrollando resistencia no sólo al D.D.T., sino a la gran mayoría de los insecticidas. Hasta la fecha se registran 321 especies de insectos resistentes a varios grupos de insecticidas, lo cual quiere decir que éstos, los insecticidas, ya no son efectivos para reducir sus poblaciones y que por lo tanto el hombre debe buscar otras alternativas valiéndose de métodos más racionales y económicos que no continúen aumentando la resistencia de los insectos a los insecticidas, ni contaminando el ambiente a niveles críticos para la humanidad.

Muchos entomólogos y científicos, algunos ya fallecidos, dedicaron su vida al estudio de los insectos benéficos y a pregonar que estos debían ser utilizados en los programas de control de insectos plagas, convencidos de que con el empleo de sólo insecticidas se propiciaría el desequilibrio biológico, además de consecuencias catastróficas para la humanidad. Estas investigaciones reposan en los libros y boletines especializados en los cuales se presentan en detalle los métodos y recomendaciones a seguir en los programas de control integrado y manejo de plagas. Hoy en día la situación ha cambiado, todos reconocen que los insecticidas por sí solos no son suficientes para el control de las plagas y que ya están sufriendo las consecuencias de su uso indiscriminado. Ante esta situación tan propicia corresponde no sólo a los entomólogos y técnicos, sino también a toda la humanidad tratar de verter a la práctica estos principios y experiencias que además de resolver problemas de producción minimiza la contaminación del ambiente.

El cultivo de la yuca puede servir de modelo para entender algunos principios básicos del control integrado y principalmente del control biológico por medio de insectos benéficos.

A pesar que en algunas épocas se presentan explosiones de algunas plagas, se puede decir que el cultivo de la yuca no está sometido permanentemente a ataques severos de insectos y que por el contrario mantiene un excelente equilibrio biológico, debido a que existen factores de mortalidad que han mantenido sus poblaciones a niveles de poca importancia económica.

Esta situación tan favorable debe tratarse de que perdure, evitando o retardando que ocurra lo que ha pasado en otros cultivos.

Para entender mejor este punto de vista se presenta el siguiente ejemplo:

El cultivo del algodonero en Colombia, durante 1977, llegó a lo que se ha llamado estado de catástrofe en lo que se refiere a control de plagas; el Heliothis su principal plaga alcanzó tal grado de resistencia a los insecticidas que su control se hizo más que difícil, imposible.

Pero lo que se debe recordar es que cuando recién se inició en Colombia hace más de 20 años el cultivo del algodonero, eran pocas las plgas que lo atacaban y su control relativamente fácil. Podría decirse que era una condición similar a la presentada hoy en día por el cultivo de la yuca; también podría asegurarse de que al no manejar racionalmente las plagas de la yuca y de aplicar insecticidas indiscriminadamente, se llegará en un futuro no muy lejano a la misma situación de desesperación a que llegaron los algodoneros.

Control Integrado

El control integrado parece ser la forma más racional de luchar contra los insectos plagas y consiste en la combinación e integración de todas las técnicas disponibles para que aplicadas en forma armoniosa mantengan los insectos plagas a niveles que no produzcan daño de importancia económica a los cultivos. Se recalca que son todas las técnicas disponibles y no únicamente el control biológico y los insecticidas que sin lugar a duda son dos de sus unidades básicas. Entre estas técnicas disponibles figuran además de las dos anteriores, el uso de plantas resistentes y tolerantes al ataque de los insectos, la utilización de métodos mecánicos y físicos, de atrayentes y repelentes, métodos culturales, técnica de machos estériles etc. Las técnicas disponibles pueden ser muchas pero lo más importante para que se apliquen exitosamente es que deben ser entendidas y utilizadas correctamente por los técnicos y por los agricultores.

Control Biológico

El control biológico se puede definir como el combate de las plagas mediante la utilización deliberada y sistemática de sus enemigos naturales. La acción de parásitos, predatores y patógenos, mantiene la densidad de otros organismos a un nivel más bajo del que podría ocurrir en su ausencia. Esta forma de control tiene varias ventajas:

Es relativamente permanente, económico y mantiene favorablemente la calidad del ambiente.

La idea de que las poblaciones de insectos podrían ser inicialmente reducidas por otros insectos es antigua. Parece que esta se originó en la China, cuando éllos utilizaron hormigas predatoras

para controlar ciertas plagas de cítricos. Este mismo sistema se sigue usando en la actualidad en algunas partes de Asia.

El parasitismo de insectos lo registró por primera vez el científico Vallisnieri (1661-1730) en Italia. El notó la asociación única entre la avispa parásita Apanteles glomeratus y el gusano del repollo Pieris rapae.

Los primeros usos de parásitos para control biológico en cultivos agrícolas se hicieron en Europa, principalmente en Alemania, Francia, e Italia, durante el siglo 19. Sin embargo, la ciencia de control biológico se desarrolló y adelantó en los Estados Unidos durante los siglos 19 y 20.

El proyecto de control biológico en cítricos contra la escama algodonosa (Icerya purchasi) en California, fué el primer ejemplo exitoso del uso del control biológico. La escama fué introducida en Australia y, en 1888 los entomólogos trajeron del mismo país dos enemigos naturales, incluyendo el predator coccinelidae "Vedalia" (Rodolia cardinalis). Las poblaciones de escamas disminuyeron rápidamente. La técnica de crianza masiva de parásitos y predatores, y sus liberaciones periódicas, para el control de plagas, se desarrolló en California en 1919 con el proyecto del coccinellidae Cryptolaemus montrouzieri, predator del piojo harinoso.

Desde entonces, más de noventa y seis proyectos de control biológico han sido completamente evaluados como sustancialmente exitosos y más de sesenta y seis han sido evaluados como parcialmente exitosos (De Bach 1964) en todas partes del mundo.

Manejo de Plagas

Después de los planteamientos presentados anteriormente, quizás se facilite el entendimiento del término manejo de plagas que no es una definición más, sino un estado de cosas que nos obliga a entender que antes de tratar de eliminar a los insectos plagas debemos aprender a convivir con éllos, a realizar un inteligente manejo de nuestros recursos razonando no sólo en función económica sino también en función ecológica. Manejo de plagas es una categoría superior al control integrado que además de los factores considerados por éste, tiene como base fundamental, en la lucha contra los insectos nocivos, los principios biológicos y ecológicos. Reconociendo que el estado a que llega una plaga es el resultado de las actividades del hombre introduciendo plagas a regiones antes no infestadas, introduciendo a áreas nuevas plantas y animales exóticos, produciendo variedades o razas de organismos, y simplificando los ecosistemas como un resultado de las actividades agrícolas o industriales.

Manejo del Gusano Cachón de la Yuca *Erinnyis ello* (L)

Basado en las investigaciones realizadas por el CIAT sobre *Erinnyis ello* se puede elaborar un programa de manejo para este insecto incorporando las diferentes técnicas que ofrece el manejo integrado de plagas.

Control Biológico

Existen varios insectos parásitos y predatores, bacterias, hongos y virus que hacen factible el control de *E. ello* sin necesidad de recurrir a la aplicación de insecticidas que rompen el equilibrio que debe existir entre el gusano cachón y sus enemigos naturales (Cuadro 1). Con la no aplicación de insecticidas no sólo se favorece la conservación de los agentes entomófagos sino que se evitan aplicaciones más frecuentes contra *E. ello* y la no aparición de otras plagas especialmente de ácaros, los cuales son de más difícil manejo.

Enemigos Naturales de Huevos de *E. ello*

El parasitismo de huevos por *Trichogramma* spp. y *Telenomus* sp. puede ayudar a reducir las poblaciones. *Trichogramma* es un parasito de mucha importancia por encontrarse durante todo el año en los campos de yuca ocasionando parasitismos superiores al 50% y por la facilidad de su cría masal en el laboratorio. En cada liberación se recomienda de 10 a 15 pulgadas por ha., lo que equivale de 36,000 a 54,000 adultos por ha. A través del período vegetativo se realizan unas 10 liberaciones que tiene un costo aproximado de US$25.00/ha.

Es importante tener en cuenta el momento preciso para realizar las liberaciones de *Trichogramma*, y esto se logra realizando evaluaciones periódicas en los lotes de yuca con el fin de detectar en qué momento o época ocurren las mayores poblaciones de huevos de *E. ello*.

No existe un patrón que sirva de base para indicar con qué número de huevos de *Erinnyis* se deben iniciar las liberaciones de *Trichogramma*, pero experiencias de técnicos y agricultores indican que las liberaciones con la aparición de las primeras posturas del gusano cachón, permiten el establecimiento del parásito para controlar las súbitas poblaciones de *E. ello* que aparecen de un día para otro.

Las liberaciones de *Trichogramma* se deben realizar preferiblemente cuando los huevos están recién colocados y presentan una coloración verde, ó cuando la tonalidad es amarillenta. Es importante no dejar que el huevo de *E. ello* se desarrolle mucho para realizar las liberaciones porque en estos se ha iniciado la formación de la cápsula cefálica de la larva, no siendo parasitados por *Trichogramma*.

Investigaciones de CIAT, muestran que Trichogramma australicum es una de las especies con mayor actividad parasítica sobre posturas de Erinnyis (Annual Report 1978).

Telenomus sp. es un parásito de huevos de E. ello y E. allope y tiene mucha importancia en la regulación de sus poblaciones. La duración del ciclo biológico de Telenomus de huevo a adulto es de 11 a 14 días. Una hembra de este parásito puede dar origen a un máximo de 228 adultos con un promedio de 99 adultos.

Enemigos Naturales de Larvas

Predatores: Polistes erythrocephalus y Polistes canadensis. La capacidad de predación de los adultos depende del número de larvas que tengan sus nidos. En CIAT se determinó que cada larva de Polistes consume diariamente 0,47 larvas de E. ello (CIAT Annual Report, 1978).

Los campos sembrado con yuca se pueden colonizar con nidos de Polistes colocados en casetas o ranchos. Los adultos prefieren los lugares sombreados, frescos, cercanos a las fuentes de agua para establecer sus colonias, por lo cual se ha utilizado la guadua y hojas de palma en la construcción de las casetas. Se recomienda un rancho por cada cuatro ha. y 20 nidos por rancho. Los nidos deben tener más de 50 celdas ya que estos están conformados por hembras y machos, lo que favorece el establecimiento de nuevas colonias.

Podisus sp. (Hemiptera: Pentatomidae): Su importancia radica en la facilidad de sus crías masivas y su capacidad de predación. Durante toda su vida un chinche Podisus consume un total de 100 larvas de E. ello de primero o segundo instar.

Parásitos: Apanteles sp. Es un braconido que ataca las larvas de Erinnyis desarrollandose en su interior y posteriormente empupándose en la epidermis formando una masa blanca de apariencia algodonosa. Las liberaciones de Apanteles realizadas en el CIAT dieron como resultado un aumento del parasitismo de las larvas del gusano cachón superior al 50% (Annual Report 1977). Es posible la cría masiva de este parásito para ser utilizado en los programas de control biológico.

Drino sp. Belvosia sp. y Chetogena (Euphorocera) Scutellaris son varios de los tachinidos que parasitan las larvas de E. ello; Chetogena tiene particularmente importancia por la posibilidad de su cría masal en laboratorio y por la rapidez de su ciclo bilógico.

Patogenos: Las larvas son atacadas por un virus de la granulosis nuclear y la bacteria Bacillus thuringiensis. Esta última es la más fácil de utilizar por encontrarse comercialmente bajo los nombres de Dipel, Thuricide, Bactospeine y Biotrol. Ensayos del CIAT mostraron que Bacillus thuringiensis es efectivo contra todos los

estados larvales pero especialmente contra el primero aplicado en dosis de 2 a 3 gramos de producto comercial por litro de agua. Este producto tiene la ventaja de no afectar ni a los enemigos naturales de E. ello ni a los otros insectos.

Las larvas en sus primeros estados permanecen ocultas en el envés de las hojas terminales, por lo cual al recorrer los campos es necesario examinar muy bien esta parte. Cuando se encuentren de 5 a 7 larvas de primero o segundo instar por planta es el momento para aplicar el Bacillus. Este nivel es flexible dependiendo de la abundacia de enemigos naturales, de las condiciones climáticas, de la variedad, edad y vigor de la planta. El número de plantas a revisar por ha. depende del área sembrada, de la edad de la planta y de la disponibilidad de tiempo; un mínimo de 5 plantas por ha. sería aceptable. Lo más conveniente sería que en extensiones superiores a 15 ha. se tenga un plaguero (obrero entrenado) permanente para que esté revisando los campos.

Es importante recalcar que el éxito del control integrado depende de la oportuna aplicación de sus diferentes técnicas, recordando que los insecticidas son componentes valiosos del control integrado pero que sólo se recurrirá a su utilización en caso extrictamente indispensable.

En ocasiones los insectos benéficos no son suficientes para controlar el gusano cachón o sus larvas presentan tamaños superiores al tercer instar, caso en el cual las aplicaciones de insecticidas microbiales no tendrían la efectividad esperada. En estos casos se puede recurrir a la aplicación de Dipterex sp. 80 (Triclorfon) en dosis de 2 gramos de producto comercial por litro de agua para aplicaciones terrestres y 400 a 500 gramos por ha. para aplicaciones aéreas.

Utilización de Trampas de Luz

Se utilizan las trampas de luz ultravioleta debido a la gran atracción que ejerce sobre los adultos del gusano cachón.

Se ha observado que la lámpara de luz negra tipo BL y la lámpara de luz negra azulada tipo BLB, son las más recomendables para utilizar en los trampeos de Erinnyis.

Las trampas de luz no constituyen un método de control sino que permiten conocer las fluctuaciones de las poblaciones de adultos de Erinnyis, las épocas de mayor y menor abundancia con lo cual se puede planificar mejor la aplicación de las diferentes técnicas que se utilizan en el manejo de plagas.

En observaciones preliminares se capturaron un máximo de 3094 adultos en una noche, determinándose que el mayor número de individuos se capturaron entre las 12 PM y las 2 AM.

Esta información es importante porque en los lugares donde no se tenga energía, las trampas se pueden hacer funcionar sólo de 12 PM. a 2 AM. utilizando baterías o motores movidos por combustible.

Métodos Mecánicos

Las recolecciones manuales de larvas y pupas resultan muy efectivas en la reducción de las poblaciones del gusano cachón. Esta práctica tiene más aplicabilidad cuando se hace en los campos donde se inician los ataques del insecto.

CUADRO 1. PARASITOS, PREDATORES Y PATOGENOS DE Erinnyis ello (L) GUSANO CACHON DE LA YUCA

AGENTE BENEFICO	HABITO	ORDEN	FAMILIA
EN HUEVO			
Trichogramma minutum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T. fasciatum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T. australicum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
T. semifumatum	Parásito	Hymenoptera	Trichogrammatidae
Telenomus dilophonotae	Parásito	Hymenoptera	Scelionidae
Telenomus sphingis	Parásito	Hymenoptera	Scelinidae
Chrysopa sp.	Predator	Neuroptera	Chrysopidae
Dolichoderus sp.	Predator	Hymenoptera	Formicidae
EN LARVA			
Apanteles congregatus	Parásito	Hymenoptera	Braconidae
A. americanus	Parásito	Hymenoptera	Braconidae
Euplectrus sp.	Parásito	Hymenoptera	Eulophidae
Cryptophion sp.	Parásito	Hymenoptera	Ichneumonidae
Microgaster flaviventris	Parásito	Hymenoptera	Ichneumonidae
Sarcodexia innota	Parásito	Diptera	Sarcophagidae
Chetogena (Euphorocera) scutellaris	Parásito	Diptera	Tachinidae
Thysanomyia sp.	Parásito	Diptera	Tachinidae

CUADRO 1. PARASITOS, PREDATORES Y PATOGENOS DE Erinnyis ello (L) GUSANO CACHON DE LA YUCA

Continuación...

AGENTES BENEFICO	HABITO	ORDEN	FAMILIA
Belvosia sp.	Parásito	Diptera	Tachinidae
Drino macarensis	Parásito	Diptera	Tachinidae
Polistes erythrocephalus	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. versicolor	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. carnifex	Predator	Hymenoptera	Vespidae
P. canadensis	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Polybia sericea	Predator	Hymenoptera	Vespidae
Podisus sp.	Predator	Hemiptera	Pentatomidae
Zellus sp.	Predator	Hemiptera	Reduvidae
Alcaeorrhynchus grandis	Predator	Coleoptera	Carabidae
Bacillus thuringiensis	Patógeno	Eubacteriales	Bacillaceae
Baculovirus	Patógeno	Virus de la granulosis nuclear	
EN PREPUPA Y PUPA			
Calosoma sp.	Predator	Coleoptera	Carabidae
EN PUPA			
Cordyceps	Patógeno	Sphaeriales	Hypocreaceae

BIBLIOGRAFIA

Arias B., y Anthony Bellotti, 1977. Eficiencia del Bacillus thuringiensis sobre el gusano cachón Erinnyis ello en yuca en un Programa de Control Biológico. IV Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Bogotá.

Bellotti, A. and Aart van Schoonhoven. 1978. Mite and Insect Pest of Cassava. Ann. Rev. Entomol. 23: 39-67.

Bellotti, A. y Aart van Schoonhove. 1978. Plagas de la yuca y su control. CIAT. Serie 09EC-2 p 55-59.

Bellotti, A. 1978. Control Biológico del Gusano Cachón Erinnyis ello. CIAT. Seminario Interno. Serie SE-02-78.

Bellotti, A. y Jesús A. Reyes. 1980. Manejo integrado de Plagas de la Yuca. Artículo en libro en preparación sobre manejo de plagas.

Bellotti, A., Reyes, J. Arias, B. y Vargas O. 1980. Insectos y Acaros de la Yuca y su Control. Manual de Producción de yuca. Programa de yuca, CIAT.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1977. Informe Anual, 1976.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1979. Informe Anual, 1978.

Colvert, J. D. 1978. Control Biológico como un componente del manejo integrado de plagas. Seminario sobre Manejo de Plaguicidas y Protección del Ambiente. Bogotá, Febrero 13-17, 1978. p. 225.

Georghiou, G. P. and C. E. Taylor. 1976. Pesticide resistance as an Evolutionary Phenomenon. In Proceedings of XV International Congress of Entomology. Washington. p. 760-761.

Reyes, J. A. 1977. Aspectos Prácticos sobre el Manejo de Plagas y Control Biológico, 26p Fac. de Ciencias Agropecuarias. Palmira.

Reyes, J. A., Anthony Bellotti y Bernardo Arias. 1979. Actividad Parasítica, Fecundidad y Relación de Sexos de Trichogramma spp. y Telenomus sp., Parásitos de Huevos de Erinnyis ello. VI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología.Cal

Winder, J. A. 1976. Ecology and Control of Erinnyis ello and E. alope, Important Insects in the New World. Pans 22(4): 449-466.

ENFERMEDADES DE LA YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

J.C. Lozano *
R.H. Booth **

Introducción

El continuo aumento de la población mundial y la falta de fuentes energéticas han hecho que la atención científica se concetre en los cultivos alimenticios menos investigados, entre ellos, la yuca. Para obtener máximos rendimientos de éste y otros cultivos, es necesario aumentar la información 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 presentarle junto con datos y observaciones obtenidas recientemente por los autores.

En general, la literatura indica que las enfermedades de yuca son de menor importancia. Aunque existe poca información sobre las pérdidas reales causadas por estas, la simple observación de un cultivo de yuca demostrará que sí son de gran importancia económica.

En general, las publicaciones mencionan solamente la existencia de diferentes patógenos pero no ofrecen información sobre su importancia, epidemiología o control; sirven más bien para ilustrar la deficiencia de nuestros conocimientos al respecto.

---

* Fitopatólogo Programa de Yuca, CIAT.

** Científico Visitante Fitopatología, Yuca CIAT.

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, 1974a; 1974b 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, 1974a). Lozano y Sequira 1974a; 1974b) 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 sitema vascular. Los síntomas primarios, que resultan de la siembra de material infectado, consisten en la marchitez de las hojas tiernas seguida por muerte descendente (Fig.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 (Fig.2.) Estas hojas necrosadas se secan y permanecen adheridas al tallo por un tiempo corto, pero más tarde se caen. La exudación de goma se presenta en los tallos jóvenes infectados, en los pecíolos y en las manchas foliares. También, los haces vasculares de los pecíolos y de los tallos infectados se necrosan, tomando la apariencia de bandas de color marrón. Esta decoloración vascular puede extenderse también a la raíz, pero ello está relacionado con la susceptibilidad del cultivar afectado (Lozano, 1972a; 1973). Esta enfermedad se ha encontrado sólo en especies o variedades del género Manihot (Amaral, 1942b; Bondar, 1915; Burkholder, 1942).

El organismo causal fue llamado primero Bacillus manihotis Arthaud-Berthet (Bondar,1912) pero más tarde se le llamó Phytomonas manihotis Arthaud-Berthet y Bondar Viegas (Viegas,1940). Drummond Hipólito (1941) encontraron que algunas de las características de sus aislamientos eran diferentes de aquellas de la especie originalmente descrita por Bondar (1912). Burkholder (1942) concluyó que el organismo debería clasificarse en el género Phytomonas y entonces se incluyó con el nombre de Ph.manihotis en el Manual de Bergey (Bergey, 1948). Amaral y Vancocellos (1945) hicieron estudios comparativos entre las cepas de Burkholder y de Drummond e Hipólito y concluyeron que estas cepas pertenecían a Ph.manihotis. Más tarde, Starr (1946) cambió el nombre de la especie por el de Xanthomonas manihotis (Arthaud-Berthet) Starr. Sin embargo, Lozano y Sequeira (1974a), 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. Estos investigadores encontraron 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, 1974a).

Lozano y Sequeira (1974a) describen al agente causal del añublo bacterial como un bastón fino, Gram-negativo, móti1 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 (1974a) 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, 1974a; Pereira y Zagatto, 1967). Invade los tejidos vasculares necrosando los tejidos parenquimatosos de las hojas y de los cogollos. El movimiento hacia los pecíolos y el tallo se hace principalmente a través de los vasos del xilema (Amaral, 1942b; 1945; Drummond e Hipólito, 1941) y posiblemente, del floema (Amaral, 1942b; Pereira y Zagatto, 1967). Aunque se ha informado sobre su desplazamiento a través de los tejidos medulares (drummond e Hipólito, 1941), no existe evidencia al respecto. En los tejidos maduros y altamente lignificados del tallo, el patógeno está circunscrito a los tejidos vasculares. Los síntomas típicos de la enfermedad se presentan después de 11 a 13 días de la infección (Amaral, 1942b; Lozano 1972a; Lozano y Sequeira, 1974b; 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; Goncalces, 1939; 1948; 1953; Lozano, 1972a; 1973; Lozano y Sequeira, 1973b) han sugerido o demostrado que patógeno puede diseminarse también por el movimiento del suelo durante las operaciones culturales y por el empleo de herramientas infestadas. La diseminación por salpicaduras de agua-lluvia fue sugerida por Drummond e Hipólito (1941) y demostrada por Lozano y Sequeira (1974b). Esta forma de dispersión constituye el medio más importante de diseminación de la enfermedad en una plantación; la diseminación de la enfermedad en una plantanción; la diseminación entre diferentes áreas o ciclos ecológicos ocurre por medio de material de propagación infectado (Lozano y Sequeira, 1974b).

Se ha registrado demora en la diseminación de la enfermedad (CIAT, 1971; 1972; Lozano y Sequeira, 1974b) al podar al mayor parte del epigeo de plantas infestadas. Sin embargo, el éxito de este método depende de la susceptibilidad del cultivar y del intervalo entre la infección inicial y la poda. Lozano y Wholey (1974) han desarrollado un eficiente método de control de la enfermedad que consiste en el enraizamiento de cogollos sanos tomados de plantas infectadas. Este método se puede emplear para limpiar cultivares o colecciones infectadas y proporcionar así 'semilla' certificada de yuca, libre de bacteriosis. La existencia de resistencia varietal a esta enfermedad se registró previamente por observaciones de campo (Carneiro, 1940; Drummond y Goncalves, 1953; Goncalves, 1939,1948). Lozano y Sequeira (1974b) comprobaron estas observaciones por inoculaciones controladas y registraron tipos de resistencia debidos a reacciones hipersensitivas, a restricción a la penetración y a la invasión sistémica del patógeno en el hospedero. Pareciera que una combinación del empleo de variedades resistentes y de material de propagación libre del patógeno sea el método más eficaz para controlar la enfermedad.



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

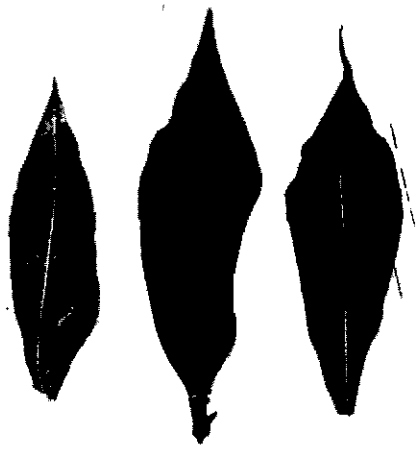


Fig.2. Añublo bacterial de la yuca. Lóbulos de hojas de yuca mostrando manchas angulares y añublo foliar.

Otras enfermedades bacteriales.

En Uganda (Hansford, 1938) se encontró otra enfermedad bacterial de la yuca que parece caracterizarse por manchas foliares y necrosis de los pecíolos, con subsiguiente defoliación. El patógeno parece también efectuar 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 móti1 por medio de unos pocos flagelos perítricos; licúa la gelatina, alcaliniza la leche y acidifica glucosa, sucrosa, maltosa y glicerol, pero no acidifica lactosa, ni reduce nitratos. En cultivo de agar forma colonias suaves, enteras y brillantes, de color amarillo.

Wiehe y Dowson (1953) informaron sobre otra enfermedad bacterial de la yuca en Malawi (Africa). La enfermedad se caracteriza por manchas foliares que al principio son amarillas y circulares, pero que, a medida que crecen, se vuelven angulares con un centro de color marrón y un amplio halo amarillo. Las venas foliares que salen de los márgenes de estas manchas se vuelven también de color marrón oscuro; las hojas se caen antes de que el patógeno invada los pecíolos previniendo así la infección del tallo. Bajo condiciones húmedas, hay exudación de un líquido pegajoso sobre el envés. Esta exudación es la causa de la diseminación de la enfermedad debido a salpicaduras por agua-lluvia. El agente causal llamado Xanthomonas cassavae sp. n., consiste de un bastón Gram-negativo, móti1 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 nítritos 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 determinada 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 masaico característico. En plantas jóvenes se observan áreas cloróticas y frecuente deformación foliar (Fig.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 (Fig.4).(Jennings, 1960a). La enfermedad parece ocurrir sólo en Manihot spp., aunque se le han atribuído otros hospederos, sin existir estudios concluyentes. Algunas especies del género Bemisia spp., (mosca blanca) se han mencionado como vectores de la enfermedad. Para que el vector adquiera virulencia parece necesario que se alimente, por lo menos durante cuatro horas, de hojas jóvenes enfermas y que haya un período subsiguiente de incubación de otras cuatro horas (Chant, 1958; Jennings, 1960a; Storey y Nichols, 1938).

Se han hecho varios intentos para purificar el agente infeccioso pero hasta ahora no se ha tenido éxito. Galvez y Kitajima (comunicación personal) no encontraron ninguna partícula de tipo viral después de observar preparaciones por inmersión foliar (leaf dip) o secciones ultrafinas. Sus ensayos sobre purificación del agente infeccioso tampoco tuvieron éxito. Barbee (comunicación personal) informa sobre la posible presencia de dos componentes infecciosos extraídos de muestras de plantas enfermas después de varios intentos de purificación. Como el agente(s) infeccioso de la enfermedad aún es desconocido, ésta no debe clasificarse dentro de las causadas por agentes virales hasta tanto se defina la identidad del agente (s) causal.

El único método de control efectivo de esta enfermedad parece ser el empleo de variedades resistentes (Beck, 1971; Doku, 1965; Dubern, 1972; Hahn, 1972; Jennings, 1960a; Storey, 1936).

En Kerala, India, (Menon y Raychaudhuri, 1970), se ha observado un mosaico similar al descrito anteriormente. Los síntomas de esta enfermedad son casi idénticos al Mosaico Africano y sus vectores son también moscas blancas. Sin embargo, se ha registrado que el pepino cohombro (Cucunis sativus) (Menon y Raychaudhuri, 1970) es un hospedero del Mosaico Asiático. La confirmación de este hecho no se ha constatado, ni tampoco se ha demostrado en los estudios comparativos que se han hecho con los dos mosaicos (Africano y Asiáticos) que ambos tengan o no alguna correlación.



Fig.3 Mosaico Africano de la yuca. Clorosis y deformación foliar característicos del Mosaico Africano de la yuca.



Fig.4 Mosaico Africano de la yuca. La clorosis, la reducción del desarrollo de la lámina foliar y la deformación de las hojas son síntomas severos del Mosaico Africano.

El mosaico común de la yuca de América.

Se ha presentado en varias partes del Brasil (Costa, 1940a; Costa et al., 1970) y también en Colombia (Kitajima y Lozano, comunicación personal). A pesar de que las pérdidad pueden oscilar entre el 10 y el 20 por ciento, por ser fácil su control se le considera de poca importancia (Costa et al., 1970).

Los síntomas son característicos de todo mosaico, consistiendo principalmente en clorosis de la lámina foliar. En general, estas áreas cloróticas no están bien demarcadas, como en el caso del mosaico africano de la yuca, pero, por lo demás, los síntomas generales son muy similares a éste (Fig.5). El virus tiene un número de hospederos relativamente amplio, pudiendo atacar Manihot spp., Euphorbia prunifolia, Chenopodium amaranticolor, C. guinoa, Malva parviflora y Gossypium hirsutum (Costa et al., 1970).

La enfermedad ha sido transmitida mecánicamente y por injertos, pero, hasta ahora, no se le conoce ningún vector natural (Costa et al., 1970). La infectabilidad del virus se pierde por tratamientos al calor a 65-70°C por 10 minutos. El zumo de tejido infectado permanece infeccioso durante 24 horas a 20°C (Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966a).

Las partículas virales consisten de bastones elongados y flexuosos que miden 15 mμ de diámetro con longitud normal de aproximadamente 500 mμ (Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966a; Kitajima et al., 1965), con buenas propiedades serológicas (Costa y Kitajima, 1972 a; Silva, 1962).

La enfermedad ha sido relativamente fácil de controlar por medio del empleo de material de propagación sano y de la eliminación de plantas enfermas de las plantaciones afectadas (Costa et al., 1970; Costa y Normanha, 1939).

La enfermedad del estriado marrón de la yuca.

Esta enfermedad se registró y describió por primera vez en 1936 (Nichols,1950; Jennings,1960b). Es difícil calcular las pérdidas causadas por la enfermedad debido a que generalmente las plantas enfermas se encuentran también afectadas por el Mosaico Africano. Sin embargo, si se considera que las raíces de las plantas enfermas no sirven para el consumo humano, las pérdidas pueden llegar a ser considerables (Lozano, 1972b; Jennings, 1972).

Las plantas infectadas presentan clorosis y cicatrices foliares que duran hasta después de la caída normal de las hojas. Algunas veces, los tallos jóvenes (verdes) presentan lesiones de color marrón y las raíces gruesas (de almacenamiento) muestran necrosis cortical (Jennings, 1960b; Nichols, 1950). El agente causal puede infectar a Manihot spp., Petunia hybrida, Datura stramonium, Nicotiana tabacum, N. glutinosa (Jennings, 1960b; Kitajima y Costa, 1964; Lister, 1959). Puede ser transmitida mecánicamente o por injerto. (Lister, 1959; Nichols, 1950; Storey, 1936) pero, aunque se sospecha transmisión por insectos vectores, no se ha registrado

ningún vector (Lister, 1959; Nichols, 1950). La infectabilidad del virus se destruye por tratamiento al calor de 50°C por 10 minutos; el zumo de plantas enfermas pierde su poder infeccioso en menos de 24 horas a 20°C (Kitajima y Costa, 1964). Según Kitajima y Costa (1964), el punto final de dilución del virus es de 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., Kitajima y Costa, 1966b). Los síntomas de la enfermedad se caracterizan por clorosis de las venas y encartuchamiento foliar. La enfermedad parece transmitirse mecánicamente o por injertos. Hasta ahora, los únicos hospederos conocidos son Manihot spp. y Datura stramonium. El examen de material infectado practicado en el microscopio electrónico ha revelado la existencia de partículas poliédricas de aproximadamente 50-60 mμ in vivo (Costa, 1940a; Costa et al., 1970; Kitajima y Costa, 1966b).

La enfermedad del superbrotamiento de la yuca.

Se ha encontrado en Brasil, Venezuela (Costa et al., 1970; Goncalves et al., 1942; Kitajima y Costa, 1971; Normanha et al., 1946) y México (costa y Kitajima, 1972a; 1972b; Kitajima, Normanha y Costa, 1972), causando reducción en el rendimiento, la que puede ser alta y exceder algunas veces del 80 por ciento (Goncalves et al., 1942; Normanha et al.,1946; Silberschmidt y Campos, 1944). Las plantas enfermas se pueden reconocer por su enanismo, por el acortamiento de los entrenudos y por la excesiva proliferación de los retoños. Sin embargo, se debe tener cuidado al diagnosticar esta enfermedad ya que se ha demostrado que la infestación severa de thrips puede ocasionar síntomas similares (Shoonhoven y Lozano, comunicación personal). Aunque se sabe muy poco sobre esta enfermedad, Costa et al., (1970), Kitajima y Costa (1971) y Costa y Kitajima (1972b) han concluído que se debe a un organismo de tipo micoplasma.

Virus latentes en yuca.

Finalmente, Costa et al., (1970) han encontrado un virus latente, el cual no causa síntomas en la yuca pero que se considera ampliamente diseminado en otras plantas. Este es un rabdovirus de 280-300 mμ (Costa et al., 1970).

Enfermedades fungosas.

En la yuca se ha encontrado muchas enfermedades fungosas cuya distribución e importancia económica varían considerablemente. Las enfermedades

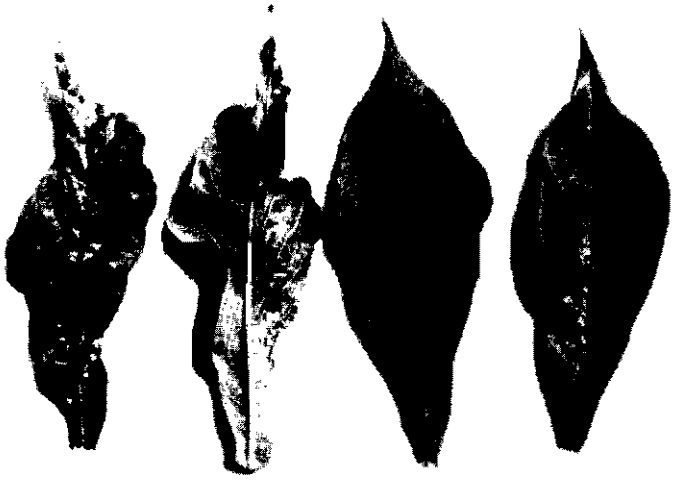


Fig. 5 Mosaico común de la yuca (Mosaico Americano). Lóbulos de hojas de yuca con síntomas moderados y severos del mosaico común de la yuca.



Fig. 6 La mancha parda de las hojas (Cercospora henningsii). Lesiones angulares con borde definidos en lóbulos de una hoja de yuca.

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:

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 la hoja (C. henningsii). Probablemente es la más importante de todas las enfermedades foliares de la yuca. Tiene una amplia distribución geográfica ya que se ha encontrado en Asia y en América del Norte, además de Africa y América Latina. De todos los Cercospora spp. patogénicos a la yuca, éste parece tener el mayor rango de hospederos pues ataca naturalmente M.esculenta,M. glaziovii, M. piauhynsis y, por inoculación artificial, a la batata Ipomea (remolacha). (Ferdinando et al., 1968; Golato, 1963; Golato y Meossi, 1971; Powell, 1968; 1972; Viegas, 1941).

C. henningsii, el agente causal, crece en los espacios intercelulares de las hojas y produce estromas de 2-6 células de espesor y de 20-45μ de diámetro. De estos estromas se producen conidióforos en fascículas densas. Los conidióforos son marrones oliváceos pálidos (semioscuros), de color y anchura uniformes, no ramificados, 0-2 medio geniculados, de punta redondeada, con pequeña o mediana cicatriz esporal, derechos o semi curvos y de 3-5 x 10-50μ de tamaño; muy rara vez alcanzan a medir 100μ de largo, pero los más largos,son poco septados. Las conidias son anfigíneas, producidas individualmente sobre el ápice de cada conidióforo, cilíndricas, derechas o ligeramente curvas, con ambas puntas redondas o con una base corta abcónica; con 2-8 septas, oliváceas pálidas, midiendo de 4-6 (7) x 30-60 (85)μ Chupp, 1953; Powell, 1968; 1972).

De vez en cuando, aparecen negros peritecios (100μ diámetro) diseminados en el tejido necrótico de las manchas foliares, hacia el haz de la hoja. Las ascas son elongo-clavadas, con ocho esporas, subsésiles y que miden 55-72 x 10-13μ. Las ascosporas son ovoides, uniseptadas, contraídas en el septum y de 17-22 x 5.2-6.8μ 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.; Helminthosporum manihotis Rangel, H. hispanilae Cif.; y Septogloerum manihotis Zinn, se consideran sinónimas de C. henningsii (Ciferri, 1933; Chupp, 1953; Powell, 1972).

Los síntomas en hojas de yuca se caracterizan por manchas foliares visibles a ambos lados de las hojas. En el haz, las manchas de color marrón aparecen de manera uniforme, con borde definido y oscuro (Fig.6). En el envés, las lesiones tienen márgenes menos definidas y hacia el centro, las manchas marrones tienen un fondo gris-oliváceo debido a la presencia de los conidióforos y de las conidias del hongo. A medida que crecen estas lesiones circulares, de 3-12 mm de diámetro, toman una forma irregular y angular, debido a que su expansión es limitada por las venas principales de la hoja. Las veinillas que se encuentran dentro del área necrótica presentan un color negro. Algunas veces, según la susceptibilidad de la variedad, aparece un halo amarillento indefinido o un área decolorada alrededor de las lesiones. A medida que la enfermedad progresa, las hojas infectadas se vuelven amarillas, se secan y después se caen, quizás debido a sustancias tóxicas secretadas por el patógeno. Las variedades susceptibles pueden sufrir defoliación severa y a veces total durante la estación lluviosa y calurosa.

Cuando el viento o la lluvia transportan conidias de las lesiones de tejidos caídos infectados a nuevos sitios susceptibles de la planta (hojas), se presentan las infecciones primarias en una plantación nueva. Si hay suficiente humedad ambiental las conidias germinan, produciendo tubos germinales ramificados que con frecuencia se anastomizan. La penetración se efectúa a través de las cavidades estomatales y la invasión de los tejidos, a través de los espacios intercelulares. En condiciones húmedas y cálidas, la penetración e infección ocurre en general dentro de un lapso de doce horas, pero los primeros síntomas sólo aparecen después de 12 días de iniciada la infección (Chevaugeon, 1956; Viegas, 1941; 1943a; 1943b; Wallace, 1931; Ciferri, 1933).

Cuando las lesiones maduran, aparecen los estromas de donde emergen conidióforos. Los ciclos secundarios de la enfermedad se repiten durante toda la estación lluviosa, cuando el viento o la lluvia transportan las conidias a nuevos tejidos susceptibles de la planta. El hongo sobrevive durante la estación seca en lesiones viejas, con frecuencia en las hojas caídas; renueva su activida con el advenimiento de la estación lluviosa y el crecimiento de nuevas hojas en el hospedero.



Fig.7 La mancha blanca de las hojas (Cercospora caribaea). Lesiones medianas, angulares u ovaladas, blancas, con bordes definidos y de color marrón-violeta, y halos difusos amarillos.

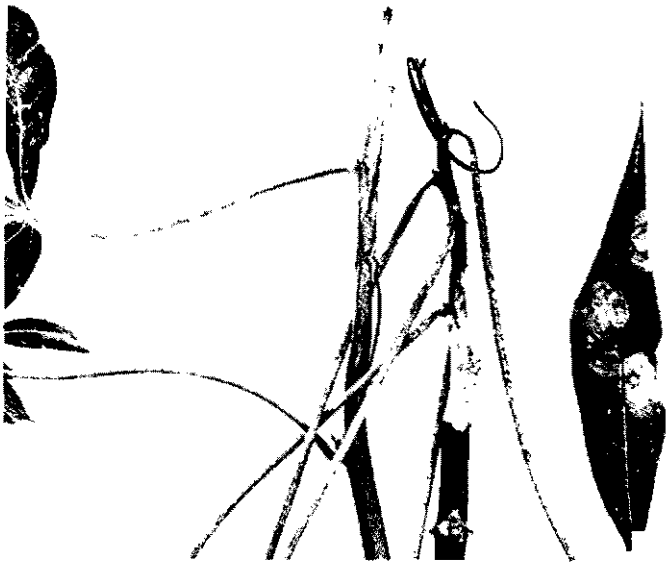


Fig.8 Manchas foliares inducidas por Phyllosticta (Phoma sp). Lóbulos con lesiones grandes, marrones, con anillo concéntricos. Muerte descendente en el cogollo; la parte necrosada muestra picnidios.

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, pecíolo y aún en frutos de M carthagenensis. Además, se ha encontrado que las plantas que han "endurecido" por condiciones desfavorables parecen ser más resistentes (Viennot-Bourgin y Grimaldi, 1950); sin embargo, no se encontraron diferencias en susceptibilidad entre plantas que crecen en suelos ricos y aquellas que crecen en suelos pobres (Chevaugeon, 1956).

Para disminuir la severidad de la infección se recomiendan prácticas culturales que reduzcan el exceso de humedad en la plantación (Golato, 1963; Golato y Meossi, 1966; Springensguth, 1940). Se ha encontrado que los fungicidas a base de óxido de cobre y oxicloruro de cobre, suspendidos en aceite mineral y aplicados a una dosis de 12 litros/ha. proporcionan un buen control químico (Golato 1963; Golato y Meosi, 1971). El mejor control de la enfermedad puede 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 remificados, pero sí 1-15 geniculados, sub-truncados en la punta, con cicatriz esporal larga, de 3-5 x 50-200μ de tamaño. Las conidias hipófilas son hialinas y subhialinas, obclavadas-cilíndricas, con puntas claramente redeondeadas, septadas 1-6, derechas o semicurvas y de 4-8 x 20-90μ de tamaño (Chupp, 1953; Powell, 1968; 1972).

Aunque el nombre C. caribaea Chupp y Ciferri es ampliamente aceptado para este hongo, Powell (1972) indica que este nombre no es válido actualmente y que sólo podrá serlo cuando se publique una descripción completa en latín. Esta especie puede distinguirse fácilmente de otras especies de Cercospora en M. esculenta por los síntomas foliares y por la producción de conidias hialinas (Chupp, 1953; Powell, 1968).

Las lesiones causadas por C. Caribaea son más pequeñas y diferentes en color a las inducidas por C. henningsii. Varian de circulares a angulares, por lo general de 1-7 mm de diámetro; son blancas y a veces marrón amarillentas (Fig.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 alcazan 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 la conidias por el viento o por salpicaduras del agua-lluvia. El hongo sobrevive la estación seca en los tejidos viejos infectados y renueva su actividad con el advenimiento de la estación lluviosa y el nuevo crecimiento del hospedero.

Las medidas de control recomendada para esta enfermedad son similares a las de la "mancha parda". No se conocen variedades resistentes específicas, pero las observaciones de campo sugieren su existencia (Lozano, inédito).

La mancha parda es muy similar a la mancha blanca de la yuca; sin embargo, la mancha parda ocurre comúnmente en zonas cálidad 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 caudal de una mancha foliar parda, grande y sin bordes definidos que ocurre en áreas yuqueras cálidad de Brasil y Colombia (CIAT, 1972; Viegas, 1941). Cada mancha cubre frecuentemente una quinta parte o más del lóbulo foliar; la mancha tiene un color marrón uniforme en el haz, mientras que en el envés, el color es también marrón pero con centro de fondo grisáceo debido a la presencia de conidias y conidióforos del hongo. La apariencia general

de las manchas es similar a la de las inducidas por Phyllosticta sp., sin embargo, las lesiones inducidas por Phyllosticta sp. tienen anillos concéntricos en el haz foliar.

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

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

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

Manchas foliares inducidas por Phyllosticta sp.

Esta enfermedad aparece comúnmente en las 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-frijol lima (Lozano y Sarrazín, inédito).

La enfermedad se caracteriza por la presencia de grandes manchas foliares de color marrón, generalmente con márgenes indefinidos. Estas lesiones se encuentran comúnmente en las puntas o en los bordes de los lóbulos foliares o a lo largo de la vena central o de otras venas secundarias. Inicialmente, las lesiones presentan anillos concéntricos hacia el haz de la hoja, los cuales están formados por picnidios de color marrón (Fig.8). Estos anillos no están presentes en las lesiones viejas porque la lluvia arrastra los picnidios maduros. En estos casos, las manchas son de color marrón uniforme, muy parecidas a las causadas por C. viscosae. Hacia el envés, se producen muy pocos picnidios y por lo tanto las lesiones presentan un color marrón uniforme. Bajo condiciones de alta humedad relativa, las lesiones pueden estar cubiertas por una trenza hifal de color marrón grisáceo. En el envés de las hojas, las venas y venillas dentro de las lesiones se necrosan formando bandas negras que emergen de las manchas. Estas manchas crecen, causando añublo foliar; el hongo invade la hoja infectada y luego el pecíolo, los cuales toman una coloración marrón oscura al necrosarse. Las hojas se marchitan y luego caen, produciéndose severa defoliación cuando la variedad o cultivar es susceptible. Estos cultivares pueden presentar muerte descendente durante epifitotias (Fig.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 resitentes 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 pe - ríodos 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 resitencia de campo en planta-



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



Fig.10 El superalargamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior). Los síntomas generales son: Alargamiento de los cogollos y pecíolos, deformación foliar y presencia de chancros.



Fig.11 El superalargamiento de la yuca (inducido por un Ascomiceto inferior) Hoja de yuca mostrando encartuchamiento, lesiones blancas irregulares y chancros sobre las venas principales y pecíolo.

ciones infectadas naturalmente. Los tratamientos químicos durante la estación lluviosa podrían ser igualmente efectivos en aquellas áreas en donde la enfermedad es endémica, pero se desconocen los fungicidas que podrían ser específicos al patógeno.

La ceniza de la yuca. Esta enfermedad fue registrada por primera vez en Africa en 1913 (Saccardo, 1913) y desde entonces, se ha encontrado en América Latina (CIAT, 1972; Viegas, 1943a) y en Asia (park,1934). La enfermedad se caracteriza por la presencia de manchas foliares amarillentas e indefinidas en M. esculenta. Aunque se encuentra ampliamente diseminada y ocurre frecuentemente durante la estación seca, la enfermedad es considerada de menor importancia debido a que generalmente sólo ataca las hojas bajeras en las que induce poca necrosis.

El agente causal ha sido llamado Oidium manihotis P. Henn., cuyo estado sexual es Erysiphe manihotis (Ferdinando et al., 1968). El micelio del hongo es blanco y produce numerosos haustorios sobre la epidermis del hospedero. Los conidióforos están en posición erecta; son sencillos y su parte superior aumenta tanto en longitud como en anchura, a medida que se forman las conidias. Las conidias son ovales o cilíndricas, unicelulares, hialinas, miden 12-20 x 20-40 y se producen en cadenas basipetales (Ferdinando et al., 1968; Saccardo, 1913; Viegas, 1943b).

Los primeros síntomas de la enfermedad se caracterizan por la aparición de un micelio blanco que crece sobre la superficie foliar. El hongo penetra en las células del hospedero por medio de haustorios; las células infectadas se vuelven cloróticas formando lesiones amarillentas indefinidas (Fig.9). Dentro de estas zonas amarillentas aparecen con frecuencia áreas necróticas, angulares, de color marrón pálido y de diferentes tamaños. En algunas variedades, la enfermedad se detiene en el estado de lesión amarillenta-indefinida. Estos síntomas se pueden confundir con aquellos inducidos por insectos y ácaros.

Las hojas maduras, plenamente desarrolladas, parecen ser las más susceptibles al ataque del patógeno aunque las hojas jóvenes de algunas variedades también presentan con frecuencia síntomas de la enfermedad. La enfermedad cómunmente aparece durante la estación seca y en las zonas cálidas.

Aunque un control específico de la enfermedad se considera innecesario, observaciones hechas indican que parecen existir variedades resistentes (CIAT, 1972; Lozano y Sarrazín, inédito). Se ha sugerido (Ferdinando et al., 1968) que la aspersión con compuestos a base de azufre pueden controlar la enfermedad.

El superalargamiento 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 Mycological Institute, comunicación privada), es el agente causal de la enfermedad. Este organismo crece bien en un medio artificial que contenga peptona y azúcares, formando colonias tipo levadura. Cada colonia es circular, corrugada, ligeramente hundida en el medio y de consistencia dura. Inicialmente, las colonias son amarillentas pero después de quince días de incubación toman un color marrón oscuro. Estas colonias se forman a partir de una estructura de tipo pro-micelial. Hacia el margen de las colonias es visible un delicado micelio, septado y compuesto por células binucleadas, elongadas o vasiculares. En medio artificial el hongo produce esporas pequeñas binucleadas después de 10 días de incubación a 28°C. Observaciones preliminares sugieren que éstas son blastosporas que pueden multiplicarse por el proceso de gemación (Lozano y Booth, 1973).

Estudios histológicos muestran que, inicialmente el hongo crece sobre la epidermis del hospedero y que después de la penetración crece por entre los espacios intercelulares de la epidermis y de la corteza. No se ha observado infección en los tejidos vasculares o medulares. Después de la infección se forman agregados miceliales en la corteza los cuales presionan y rompen las células epidermales que los rodean, formando un chancro. Las células del hospedero que se encuentran alrededor de estos chancros son en su mayoría anormalmente grandes (Lozano y Booth, 1973).

La enfermedad se reconoce por el elongamiento exagerado de los entrenudos de los tallos jóvenes, los cuales tienen apariencia débil y delgada (Fig.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 (Fig.11). A veces ocurre una necrosis parcial o total en las láminas de las hojas enfermas, lo cual resulta en defoliación considerable. Normalmente, los chancros son de diferente tamaño y tienen forma de lente pero, en los tallos, éstos pueden ser más difusos y tomar la apariencia del daño causado por thrips.

Durante la estación lluviosa la diseminación de la enfermedad es rápida. Parece que esta diseminación ocurre por acción de la lluvia y el viento sobre las esporas del hongo, las cuales son transportadas a partes sanas y susceptibles del hospedero. Parece, igualmente, que una alta humedad relativa es necesaria para la germinación de las esporas y para la infección del susceptivo. Los primeros síntomas, que se caracterizan por la presencia de marcas foliares amarillas, aparecen a los seis u ocho días de la inoculación; los chancros se forman un poco después (2-5 días), pero la elongación sólo ocurre después de los 15-20 días de la inoculación.

Observaciones de campo hechas en más de 200 cultivares de M.esculenta indican que existen muy buenas fuentes de resistencia a esta enfermedad.

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

La antracnosis de la yuca (Wither-tip). Aunque se le conoce desde hace mucho tiempo en muchos países (Affran, 1968; Bouriquet, 1946; CIAT, 1972; Doku, 1969; Venderweyen, 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.

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 diferencia 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 (Fig.12).

El organismo causal parece pertenecer a Glomerella cingulata (Stonem.) Spaud. Schrenk (Commonwealth Mycological Institute, comunicación privada). Las ascosporas son hialinas, unicelulares y ligeramente curvas. Se cree que la infección ocurre a través de heridas y es favorecida por una alta humedad relativa ambiental.

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 este enfermedad ataca el material de propagación de yuca durante el almacenamiento y desechos de tallos que se dejan en el campo; su ocurrencia no es tan común como los ataques de Glomerella sp. La enfermedad se caracteriza por una decoloración negra y por necrosis de los haces vasculares que se extiende desde las heridas del tallo, sitio de infección. En la epidermis aparecen ampollas, bajo las cuales los tejidos internos del tallo se decoloran presentando apariencia negra o marrón oscuro. Las ampollas se rompen mostrando masas de picnidios negros, confluentes.

El agente causal de la enfermedad ha sido identificado como Botryodiplodia theobromae Pat. (Commonwealth Mycological Institute, comunicación privada). Tanto en el hospedero como en cultivo artificial, este organismo produce picnidios erupentes, confluentes, estromáticos y ostiolados. Los conidióforos son cortos y simples que producen conidias oscuras de dos celdas y ligeramente elongadas al alcanzar la madurez. Se cree que la infección ocurre a través de heridas y es favorecida por alta humedad relativa ambiental.



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



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

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 (Fig.13).

La falta casi absoluta de información sobre enfermedades en los tallos de yuca hace imperativa la necesidad de investigaciones relacionadas con aspectos etiológicos de los organismos causales, al igual que estudios epidemiológicos y de control de estas enfermedades. En la sección relacionada con las pudriciones radicales se mencionan otros patógenos que atacan el sistema leñoso de la planta. Estos infectan comúnmente la base del tallo pudiendo causar muerte de la planta o pérdidas durante el almacenamiento de cangres.

En general, la presencia de las pudriciones en el tallo parece ser favorecida por una alta humedad relativa y la infección probablemente ocurre a través de heridas en el tallo. Se sugiere que el material de propagación sea manejado y seleccionado cuidadosamente antes y después del almacenamiento. Se deben sembrar sólo aquellos cangres con yemas viables. Aunque no existe información sobre el uso de fungicidas, actualmente en el CIAT se está investigando sobre este aspecto con el fin de minizar la incidencia de estas enfermedades.

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.



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



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



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

Las medidas de control para estas enfermedades son similares, siendo las mejores por medio de prácticas culturales tales como buen drenaje, selección de suelos contextura suelta, rotación, cosecha precoz y la no utilización de suelos que se inunden. Los tratamientos con fungicidas pueden ayudar al establecimiento de la plantación para evitar pudriciones radicales durante los primeros meses del cultivo. En unos pocos casos se ha informado sobre la existencia de variedades resistentes (Castaño, 1953; Drummond y Goncalvo, 1946; 1957; Fassi, 1957; Muller y Carneiro, 1970).

Pudrición radical inducida por Phytophthora sp. Esta enfermedad se ha encontrado en Africa (Fassi, 1957) y en América tropical (Muller y Carneiro, 1970; Venderweyen, 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 (Fig.14). Las raíces infectadas frecuentemente exudan un líquido de olor repugnante y luego se deterioran completamente en el suelo (Fig.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 erythoseptica Pethyb. y P cryptogea Pethyb. y Laff. en Africa tropical (Fassi, 1957; Vanderweyen, 1962). Estos hongos son bien conocidos pues causan también pudriciones radicales en otras especies de plantas cultivadas.

La pudrición algodonosa de la yuca. Es al enfermedad radical más seria del cultivo y la más prevalente en Africa, en donde su aparición se toma como indicio de la madurez del cultivo. Aunque esta enfermedad es conocida en la América Latina, en la actualidad no tiene mayor importancia. La enfermedad se reconoce por la presencia de una masa del micelio blanco bajo la corteza de las raíces gruesas y por la presencia de hilos miceliales blancos, como fibras de algodón, que cubren parte o toda la epidermis de las raíces infectadas, hasta la base del tallo. Internamente, los tejidos infectados parecen deshidratados y emiten un olor característico a madera en descomposición. Las plantas jóvenes pueden llegar a infectarse y a veces sufren marchitez repentina, defoliación y necrosamiento radical.

El organismo causal de la enfermedad es Fomes lignosus (Klot.) Bres. (Affran, 1968; Doku, 1969; Jennings, 1970; IITA, 1972; Vanderweyen, 1962).

Pudrición radical inducida por Rosellinia sp. Se ha registrado en muchas regiones yuqueras con suelos pesados, mal drenados, con un alto contenido de materia orgánica, y en plantaciones de yuca posteriores a cultivos forestales o especies leñosoperennes (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 (Fig.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 radiculares

Existen otras especies fungosas que pueden inducir pudriciones radicales en plantas de yuca a diferentes estado de crecimiento, pero hay muy poca información disponible sobre estas enfermedades y su importancia. Se ha informado que el hongo Armillariella mellea Vahl. está asociado con la pudrición de la base del tallo y de la raíz de plantas maduras (Arraudeau, 1967; CIAT,1972; Vanderweyen, 1962). Otros hongos que pueden causar pudriciones radicales en la yuca son Pheolus manihotis (Heim, 1931), Lasiodiplodia theobromae Griff. et Mubl. (Vanderweyen, 1962), Pythium sp., Fusarium sp. (CIAT,1972), Clitocybe tabescens (Arraudau, 1967) y Sphaceloma manihoticola B. et Jenkins (Bitancourt y Jenkins, 1950), Rhizopus spp. (Majumder et al., 1956). Rhizoctonia sp. (Goncalves y Franco, 1941) y Aspergillus spp. (Clerk y Caurie, 1968).

Algunas especies bacteriales pertenecientes a Bacillus, Erwinia y Corynebacterium se consideran también como causantes de pudriciones suaves y/o fermentaciones en raíces gruesas de yuca (Akinrele, 1964; Averre, 1967; Collard, 1963). Los síntomas de estas pudriciones suaves son similares y frecuentemente van acompañadas de fermentaciones. Se cree que estos

organismos penetran dentro de las raíces a través de heridas producidas por el hombre durante las operaciones de cultivo, por animales, por insectos o por hongos y están, con frecuencia, acompañados de otros microorganismos saprofíticos que pueden ayudar al deterioro.

Las especies bacteriales patógenas pertenecientes al género (Bacillus forman esporas en la mayoría de los medios de cultivo que contienen azúcar. Las especies pertenecientes a Erwinia pueden aislarse y distinguirse empleando el medio de Kado y Heskett (1970), o bien por la capacidad para producir pectinasas lo cual se determina por el uso de un medio con polipectato de sodio y por la presencia de flagelos perítricos. Corynebacterium spp. puede también ser aislado y distinguido empleando medios selectivos (Kado y Heskett, 1970), por el pleomorfismo celular y por su reacción Grampositiva.

El agente causal del añublo bacterial también puede inducir necrosamiento, decoloración y pudrición seca en los tejidos vasculares de las raíces infectadas (Lozano, 1973; Lozano y Sequeira, 1973b).

La pudrición del "corazón" de la yuca. Es un trastorno fisiológico que causa daños en las raíces gruesas en Africa Tropical (Averre, 1967, Barat et al., 1959). Ocurre en suelos húmedos y mal drenados en los que presenta una necrosis interna seca que se extiende irregularmente del centro a los tejidos corticales. Este trastorno se observa sólo en un 10-20 por ciento de las raíces de una planta infectada y se cree que las raíces de mayor tamaño y espesor son las susceptibles.

Aunque se desconoce si el rápido deterioro de las raíces de yuca después de la cosecha es el resultado de efectos fisiológicos o patológicos, o de una combinación de los dos, se han aislado numeros microorganismos de las raíces deterioradas. Además, se sabe que varios de estos organismos causan decoloración y pudrición. La literatura relacionada con el deterioro de las raíces de yuca durante el almacenamiento ha sido revisada por Ingram y Humphries (1972). Booth (1972; 1973a; 1973b) describe la importancia del daño mecánico en el deterioro de las raíces, el cual puede ser controlado por medio del curado en silos subterráneos.

Resumen

En general, existe un conocimiento limitado sobre las muchas enfermedades que atacan a la yuca y que reducen los rendimientos, aunque se sabe que sí producen pérdidas considerables. Todo intento de máxima utilización de este importante cultivo alimenticio hace necesario el conocimiento del mismo por la intensificación de la investigación, en todos los aspectos relacionados con producción y utilización de la yuca. El énfasis que se dé a la importancia en la reducción de las pérdidas causadas por patógenos fungosos, bacteriales y virales, nunca puede ser excesivo debido a que éstas alcanzan siempre a ser considerables. Sin embargo, exceptuando la literatura existente sobre el control de 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 promisorios. Para ello se requiere una investigación extensa con el fin de evaluar las reacciones del hospedero y del respectivo patógeno, para determinar en esa forma las fuentes de resistencia.

Esta información valiosa la pueden emplear los fitomejoradores y agrónomos al hacer la selección de cultivares y de material genético para producir clones, híbridos o variedades mejoradas. Se deben investigar otros sistemas de control de enfermedades en yuca, específicamente en aquellos casos en que la resistencia varietal no es aplicable o que su intento no resultare económicamente factible.

BIBLIOGRAFIA

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 Biologico 8:148.

Amaral, J. F. do 1942b. Estudo do organismo causador de bacteriose da mandioca. Arquivos do Instituto Biologico, Sao Paulo. 13:129-126.

Amaral, J. F. do 1945. Doencas vasculares das plantas causadas por bacterias. O Biologico, Sao Paulo 11:250-53.

Amaral, J. F. do y Vasconcellos, L.G. 1945. Novos estudos do agentes etiológico da bacteriose da mandioca, Arquivos do Instituto Biológico, Sao 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 coerur 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 Biologico, Sao Paulo 20:15-16.

Bondar, G. 1912. Una nova molestia bacteriana das hastes da mandioca. Chacaras e quintaes 5:15-18.

Bondar, G. 1915. Molestia bacteriana da mandioca. Boletin de Agricultura, Sao 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 mandioca. Notas e Informacoes. P. Portaria do Ministerio da Agricultura, Sao Paulo, 573:447.

Castaño, J. J. 1953. La Llaga Negra o Podredumbre Negra Radicular de la Yuca Agricultura Tropical, Bogotá. 8:21-9.

Castaño, J. J. 1969. Mancha Foliar de Cercospora caribae en yuca (Manihot utilissima Pohl.) en la región de Barbosa (Antioquia). Agricultura Tropical, Bogotá 25:327-9.

Chant, S.R. 1958. Studies on the Transmission of Cassava Mosaic Virus by Bemisia sp. (Aleyrodidae). Annals of Applied Biology 46:210-15.

Chant, S. R. 1959. A Note on the Inactivitation of Mosaic Virus in Cassava (Manihot utilissima pohl.) by Heat Treatment. Empire Journal of Experimental Agriculture 27:55-8.

Chevaugeon, J. 1956. Les Maladies Cryptogamique du Mandioc en Afrique Occidentale. Encyclopédie mycologique 28:1-205.

Chupp, C. 1953. A Monograph of Cercospora. Cornell University. Ithaca, N.Y., pp. 667.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1971. CIAT Informe Anual 1971. CIAT, Cali, 120 pp.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 1972. CIAT Informe Anual 1972. CIAT, Cali, 192 pp.

Ciferri, R. 1933. Le malattie della manioca (Manihot esculenta Crantz) in Santo Domingo. II. La malattia della machie 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 nervaduras da mandioca (Manihot utilissima Pohl.). Journal de Agronomía, Piracicaba. 3:239-248.

Costa, A.S. 1940b. Regioes Infestadas pela Bacteriose da Mandioca, Notas e Informacoes. O. Biologico, Sao Paulo. 6:322.

Costa, A.S. y Kitajima, E.W. 1972a. Cassava common mosaic virus. Commonwealth Mycological Institute/Annals of Applied Biology Descriptions of Plant Viruses No. 90.

Costa, A.S. y Kitajima, E.W. 1972b. Studies on Virus and Mycoplasma Diseases of the Cassava Plant in Brazil. En Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Costa, A.S., Kitajima, E.W., Pereira, S.A., Silva J. R. y Carvalho Díaz, C.A. 1970. Molestias de Virus de Micoplasma da Mandioca no Estado de Sao Paulo. Boletim Secretaria de Agricultura, Industria e Comercio, Sao Paulo. 18pp.

Costa, A.S., y Normanha, E. 1939. Nota sobre o tratamento de manivas de mandioca (Manihot utilissima Pohl.) em agua aquecida a diversas temperaturas. Revista de Agricultura, Piracicaba 14:227-30.

Deslandes, J.A. 1941. Doencas da mandioca no Nordeste. Boletim do Ministerio de Agricultura. Rio de Janeiro. 30:23-41.

Doku, E.V. 1965. Breeding for Yield in Cassava. I. Indices of Yield, Ghana Journal of Science 5:42-59.

Doku, E.V. 1969. Cassava in Ghana. Faculty of Agriculture, Department of Crop Science, Ghana Universities Press, Ghana University.

Dowson, W.J. 1957. Plant Diseases due to Bacteria. Cambridge University Press. Cambridge, England 2nd ed., 232 pp.

Drummond, O.A. 1946. Doencas da Mandioca. Ceres, Minas Gerais 7:24-33.

Drummond, O.A. y Concalves, R.D. 1946. Podridao das Raizes. O Biologico 16:17-18.

Drummond, O.A. y Goncalves, R.D. 1953. A bacteriose da Mandioca Guaxupe. O. Biologico, Sao Paulo 19:114-17.

Drummond, O.A. y Goncalves, R.D. 1957. Apodrecimiento das hastes e raizes da mandioca. O. Biológico 23:244-5.

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

Dubern, J. 1972. A contribution to the Study of African Cassava Mosaic Disease. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria, 1972. 48p.

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 Fitopatología, Doencas das plantas e seu control. Biblioteca Agronomica, Ceres, Sao Paulo. 640 pp.

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

Ghesquiere, J. y Henrard, J. 1924. Sphaeriacae Nouvelle de Feuilles du Manioc au Congo Belge. Revue Zoologique Africaine: Supplement Botanique 12:530-31.

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

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

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

Goncalves, R. D. 1939. A bacteriose da mandioca no vale do Paraiba. Notas e Informacoes. O Biológico, Sao Paulo 5:117-118.

Goncalves, R.D. 1948. A bacteriose da mandioca. Notas e Informacoes. O Biológico, Sao Paulo 14:145-146.

Goncalves, R.D. 1953. A bacteriose da mandioca guaxupe. Notas e Informacoes, O Biológico, Sao Paulo 19:114-117.

Goncalves, R.D. y Franco, J. 1941. Rhizotoniose em mandioca e podridao 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, Sao Paulo, 8pp.

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. 48pp.

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. Empire Journal of Experimental Agriculture 28:261-70.

Jennings, D.L. 1970. Cassava in Africa. Field Crop Abstracts 23:271-7.

Jennings, D.L. 1972. Breeding for Resistance to Cassava Virus in East Africa. En: Proceedings IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 1972. 48 pp.

Kado, C.I., y Heskett, M.G. 1970. Selective Media for Isolation of 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 Comum da Mandioca. Bragantia 25:23-8.

Kitajima, E.W. y Costa, A.S. 1966b. Particulas Esferoidais Associadas do Virus do Mosaico das Nervaduras da Mandioca. Bragantia 25:211-22.

Kitajima, E.W. y Costa, A.S. 1971. Corpúsculos do tipo Micoplasma Associados a diversas Molestias das Plantas, do grupo amarelo, no Estado de Sao Paulo, Ciencia e Cultura 23:285-91.

Kitajima, E.W. Normanha, E.S., y Costa, O.S. 1972. Corpúsculos do tipo Micoplasma Associados a un Forma de Superbrotamento de Mandioca, na regiao de Tapachula, Chiapas, Mexico. Ciencia e Cultura 24:852-4.

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

Lefevre, P. 1935. Quelques considerations sur le mosaique du Manioc. Bulletin Agricola du Congo Belge 26:442-7.

Lister, R.M. 1959. Mechanical transmission of Cassava brown-streak virus. Nature, London, England 183:1588-9.

Lozano, J.C. 1972a. Bacterial Blight of Cassava (Manihot esculenta Crantz) in Colombia: Etiology, Epidemiology and Control. Ph.D. Thesis, University of Winsconsin, Madison. 114 pp.

Lozano, J.C. 1972b. Status of Virus and Mycoplasma-like Disease of Cassava. En: Proceedings of the IDRC/IITA Cassava Mosaic Workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Nigeria, 1972. 48pp.

Lozano, J.C. 1973. Bacterial Blight of Cassava in Central and South America: Etiology Epidemiology and Control. En: Proceedings of the 3rd. Int. Symp. of Trop. Root and Tuber Crops. Ibadan, Nigeria, 1973 (en prensa).

Lozano, J.C. y Booth, R.H. 1973. The Superelongation Disease of Cassava. En: Proceedings of the Third International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops, Ibadan, Nigeria, 1972 (en prensa).

Lozano, J. C., y Sequeira, L. 1974a. Bacterial Blight of Cassava in Colombia: I. Etiology. Phytopathology 64:74-82 (en prensa).

Lozano, J.C. y Sequeira, L. 1974b. Bacterial Blight of Cassava in Colombia: II. Epidemiology and Control. Phytopathology 64:83-88.

Lozano, J.C. y Wholey, D. 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. Podridao mole das raizes da mandioca (Manihot esculenta). Boletin Técnico do Instituto de Pesquisas Agropecuarias Brasileiras 5:389-93.

Nichols, R.F.W. 1950. The brown-streak Disease of Cassava. Distribution, Climatic effects and Diagnostic Symptoms. East African Agricultural Journal 15:154-60.

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. Observacoes de campo como contribuicao 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, Sao Paulo, Brasil 34:153-50.

Powell, P. W. 1968. The Cercospora 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, Sao Paulo, Brasil 15:1-26.

Silva, D.M. 1962. Obtencao de antissoro contra o virus do mosaico da mandioca. Bragantia 21:49-52.

Spegazzini, C. 1913. Mycetes argentinences. Annales del Museo Nacional de Buenos Aires 24:167-86.

Springensguth, W. 1940. Die Kultur des manioks, seine brankheiten und schadlinge im litoral des Staates Sta. Catharina (Brasilien). Tropenpflanzer 43:286-306.

Starr, M.P. 1946. The nutrition of phytopathogenic bacteria. I. Minimal nutritive requirements of the genus Xanthomonas. Journal of Bacteriology 51:131-43.

Storey, H.H. 1936. Virus Diseases of East African Plants. VI. East African Agricultural Journal 2:34.

Storey, H.H. y Nichols, R. F.W. 1938. Studies on the Mosaic Disease of Cassava. Annals of Applied Biology 25:790-806.

Sydow, H.P. 1901. Mycosphaerella manihotis Syd. n. sp. Fungi novi brasilienses. Bulletin de l'Herbier Boissier 1:78.

Sydow, H.P. 1913. Enumeration of Philippine fungi, with notes and description of new species. I. Micromycetes. Philippines Journal of Science 8:165-85.

Umanah, E.E. 1970. Identification and Cultivation of Currently Recommended Improved Cassava Varieties. Memo of the Federal Department of Agricultural Research. Ibadan, Nigeria 93:1-18.

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

Viegas, A.P. 1940. Mofo dos afideos a alerirodideos. Revista de Agricultura, Piracicaba 15:475-85.

Viegas, A.P. 1941. Manchas das folhas da mandioca producidas por cercosporas. Bragantia 1:233-48.

Viegas, A.P. 1943a. Alguns fungos da mandioca. I. Bragantia 3:1-19.

Viegas, A.P. 1943b. Alguns fungos da mandioca. II. Bragantia 3:20-9.

Viegas, A.P. 1955. A podridao 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.

IO 1033

CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PESTES EN LA YUCA

(Manihot esculenta Crantz)

J.C. Lozano
A. Bellotti *

Introducción

La investigación agrícola generalmente se dirige a estudiar uno o varios casos específicos que se relacionan con el sistema de producción de diferentes especies de cultivo. Los resultados de tales investigaciones pocas veces se integran en un paquete lógico de producción. Recientemente, sin embargo, la investigación se ha orientado hacia el estudio de cultivos específicos, no por disciplinas, logrando que sea posible la integración de equipos de científicos estudiando un cultivo dado, lo cual parece más razonable; estos científicos pueden desarrollar un concepto amplísimo sobre el cultivo y sus problemas, lo cual conlleva a resultados más aplicados.

Son varias las razones que soportan la necesidad de llevar a cabo un control integrado en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz), como requisito indispensable para la estabilización en los rendimientos con producciones satisfactorias. Algunas de ellas son las siguientes:

1. La yuca es un cultivo perenne, con indeterminada madurez biológica (Jennings, 1976). Consecuentemente, un problema biótico establecido en una región dada (ecosistema) puede perpetuarse.

2. El ciclo vegetativo del cultivo es considerablemente largo (entre 8 a 24 meses, según la variedad y/o el ecosistema). En un mismo ciclo la planta sufre presiones climáticas (sequía, bajas o altas temperaturas, etc.), edáficas (deficiencias o toxicidades nutricionales, etc.) y ataques de patógenos, insectos y ácaros. Estas presiones y/o ataques varían en intensidad y magnitud entre un ciclo a otro, lo cual generalmente depende de las condiciones ecológicas imperantes en cada ciclo del cultivo y de que exista material genético susceptible.

3. La yuca se propaga comercialmente en forma vegetativa, sembrando trozos de tallos lignificados. La calidad del material de siembra, determinada por las presiones climáticas y edáficas y el ataque de patógenos y pestes (factores negativos a la producción, FNP), además de la tolerancia de los genotipos a los FNP del ecosistema, influye en un alto porcentaje sobre el éxito del cultivo en cada ciclo (CIAT, 1979 y 1980).

Además, la diseminación de enfermedades y pestes por el uso de material de siembra infectado y/o infestado es mucho más probable que en cultivos comercialmente propagados por semilla botánica, sobre todo entre distintos ecosistemas (Lozano, 1977).

---

* Fitopatólogo y Entomólogo, Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical - "CIAT" - Cali, Colombia.

4. Manihot esculenta está formada de clones domesticados que por milenios han sido seleccionados por poseer características deseables de cada ecosistema, sobre todo por su resistencia a los factores negativos a la producción (FNP) existentes en un ecosistema específico. La introducción de FNP procedentes de otros ecosistemas y/o la siembra de tales clones en otros ecosistemas diferentes de donde fueron desarrollados, puede causar serios daños a los clones existentes en el ecosistema o a aquellos clones que fueron distribuídos a otros sitios diferentes (Lozano, Byrne y Bellotti, 1980).

5. Varios clones de yuca se siembran durante todo el año en algunos ecosistemas y durante períodos largos en otros. Consecuentemente, es común que exista en la mayoría de los ecosistemas tejido de diferentes clones a diferentes edades y susceptible a agentes bióticos durante varios meses o todo el año. La ausencia general de epifitotias en los cultivos tradicionales, o la presencia de problemas bióticos a niveles de poca a ninguna importancia económica, es debida al equilibrio biológico existente en los ecosistemas, el cual en lo posible se debe mantener.

6. El ciclo genético de la yuca es largo (3 años, generalmente) (Kawano, et al, 1978); esto demora el mejoramiento varietal a problemas específicos e induce a que se prefiera el mejoramiento genético con caracteres estables.

7. Los cultivadores de yuca necesitan producir su propio material de siembra para evitar problemas sanitarios, agronómicos y económicos, debido a:

a) la baja rata de multiplicación del cultivo (5-10 estacas/planta) (Lozano, et al, 1977);
b) la gran fragilidad de las estacas y su sensibilidad al almacenamiento tradicional (las yemas pierden cerca del 40% de su germinación después de sólo 2 semanas de almacenamiento) (Lozano, et al, 1977); y
c) su dificultad para empacar y transportar por su peso y volumen (10,000 estacas que se necesitan para sembrar 1 ha pesan aproximadamente 1 ton y tienen un volumen de $2m^3$).

8. Los yuqueros son en un alto porcentaje cultivadores tradicionales (Phillips, 1974), de bajo poder adquisitivo y cultural. Los problemas en el cultivo deben de solucionarse con simplicidad pero con eficiencia, sólo posible mediante la integración de todas las alternativas tendientes a aumentar la producción por el uso de prácticas culturales adecuadas, el equilibrio biológico y la siembra de genotipos apropiados por el ecosistema.

Prácticas Culturales

Las prácticas culturales que se deben aplicar al cultivo de la yuca no son todas universales, pues algunas son específicas a ecosistemas con características peculiares. Igualmente, algunas de ellas pueden aparecer costosas o inoperantes, pero debe tenerse como principio general que para el productor de la yuca es más económico "prevenir que curar" y que la estabilidad de la producción aceptable debe ser su meta a través del tiempo. Las raíces, que son el producto económico de mayor valor, sólo se ven a la cosecha, al final de cada ciclo (8-24 meses).

Las siguientes son algunas prácticas culturales que, aplicadas integralmente, pueden reducir los problemas debidos a los FNP existentes en un ecosistema dado y conllevar a altos rendimientos en forma estable.

1. Cuando se siembra la yuca inmediatamente después de la eliminación de bosques, cultivos perennes o transitorios-leñosos, pueden ocurrir pudriciones radicales severas causadas por patógenos y/o plagas comunes en estas especies de plantas (Booth, 1977; Bellotti y Schoonhoven, 1978b). El inóculo potencial presente en estos suelos puede disminuírse sembrando cereales (sorgo y maíz, por ejemplo) antes de la yuca y eliminando al fuego el máximo posible de sus residuos (Booth, 1977; Lozano y Terry, 1977).

2. La preparación del suelo para el cultivo de la yuca debe hacerse con el mismo esmero que el puesto en otros cultivos tradicionales. Como la yuca es muy susceptible a los excesos de humedad y a los patógenos que por ello son favorecidos (por ejemplo, Phytophthora y Pythium spp), el drenaje del terreno debe hacerse eficientemente y de acuerdo con la precipitación pluvial y distribución de las lluvias en el ecosistema. Por ejemplo, se recomienda sembrar sobre caballones cuando la precipitación pluvial es mayor de 1200 mm/año; el tamaño y la profundidad de tales caballones deben ser determinados de acuerdo a la textura del suelo y a la frecuencia de las lluvias (Booth, 1977; Lozano y Terry, 1977; y Oliveros, Lozano y Booth, 1974).

3. Es ampliamente conocido que la calidad del material de siembra es en gran parte el responsable del éxito en cultivos multiplicados vegetativamente. En la yuca, este factor es de los más importantes en la producción, responsable no sólo del buen establecimiento del cultivo (enraizamiento de las estacas y germinación de las yemas), sino de su sanidad y producción (número de raíces comerciales/planta) por unidad de superficie en cada ciclo (CIAT, 1979-1980; Lozano et al, 1977).

La calidad de las estacas para siembra en yuca depende de ciertas características agronómicas (lignificación, pleno grosor según el clon, tamaño, número de nudos/estaca, corte de los extremos, ausencia de heridas); de su estado sanitario (libres de patógenos sistématicos o localizados e insectos y ácaros que se diseminan por estacas) y de la desinfestación y protección que se le suministre a las estacas con fungicidas protectantes antes de la siembra o almacenamiento (Lozano et al, 1977).

En general, el material de siembra debe tomarse de plantaciones que presenten el máximo de sanidad posible dentro del cultivo o de la región; de plantas vigorosas de 8-15 meses de edad, tomando la zona más lignificada del tallo y preparando estacas de 20-30 cm por medio de cortes transversales directos. Se debe desechar todo trozo de tallo que presente necrosis (decoraciones), chancros, tumores, agallas, galerías y/o presencia de insectos (escamas, barrenadores, etc). Las estacas infectadas o infestadas pueden contaminar las ramas durante el período de almacenamiento (Vargas, 1977). El material debe ser tratado luego con fungicidas e insecticidas para su desinfestación y protección (captan y benomil, 3.000 ppm de cada producto; y aldrín al 2.5% por espolvoreo de 1 gr/estaca). Debe en lo posible evitarse el almacenamiento de las estacas o, si es necesario, éste debe hacerse adecuadamente (CIAT, 1979-1980; Lozano et al, 1977).

4. La siembra de la estaca debe ser hecha en forma apropiada, pues de su posición puede depender un enraizamiento satisfactorio, con buena distribución de raíces (Toro, Castro y Celis, 1976). Esto puede conllevar a un buen desarrollo radical, a obtener plantas vigorosas que resisten más a los problemas bióticos y a que en la cosecha se facilite el arranque. Cuando ésto se relaciona con el daño mecánico que pueda causarse a las raíces al arranque, la aparición de deterioraciones fisiológicas y microbiales obviamente se restringe (Booth, 1976; Lozano, Cock y Castaño, 1977).

Cuando se siembra en áreas con altas temperaturas o durante los períodos más secos del año, pueden ocurrir pérdidas considerables por el efecto del calor del suelo sobre la estaca si ésta es colocada horizontalmente. Si la estaca se coloca en forma oblicua o vertical, la acción del aire sobre el extremo superior de la estaca plantada reduce el efecto del calor del suelo sobre la estaca y la mantiene a temperaturas tolerables.

Se debe tener en cuenta que el punto térmico de inactivación de las yemas de las estacas de yuca es de aproximadamente 52.5°C/10 min (CIAT, 1974); además, el calor excesivo puede herir la estaca plantada, dejando puertas de entrada a patógenos del suelo.

5. La eliminación de las malezas en toda plantación de yuca constituye una labor esencial para el cultivo, debido a que ésta es un especie poco competitiva (Doll, 1978). Además, el buen control de malezas restringe la multipliación de patógenos y pestes en los hospederos que crecen dentro de la plantación, permite una buena circulación de aire entre surcos y plantas y facilita la evaporación del agua lluvia por acción de la energía solar; ésto indudablemente restringe las humedades relativas altas (cercanas a la saturación), que favorecen generalmente el establecimiento de patógenos en el hospedero y propenden a veces la multiplicación de algunas especies de insectos y ácaros. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que algunas mezclas pueden ser plantas nectíferas indispensables para la alimentación y albergue de algunos insectos benéficos. Como su eliminación podría disminuir las poblaciones de estos insectos, sería indispensable estudiar a las mezclas también bajo estos puntos de vista: quizás el dejar áreas o fajas con mezclas dentro de grandes extensiones de yuca (en Brasil, por ejemplo), podría traer muy buenos beneficios al equilibrio biológico.

6. Las inspecciones periódicas a los cultivos de yuca son altamente recomendables, no sólo para determinar labores culturales necesarias y oportunas (mejorar drenajes, hacer desyerbas, etc), sino para entresacar plantas o partes de plantas que muestren síntomas o ataques de enfermedades (virus, micoplasmas, etc.) y de insectos (escamas, mosca del cogollo) que afecten en forma localizada o individualmente a un bajo porcentaje de las plantas presentes dentro de una plantación. Estas plantas deben sacarse de la plantación, preferiblemente en bolsas de polietileno, para evitar la diseminación del problema biótico; ellas deben eliminarse por acción del fuego. Además, por las inspecciones periódicas se pueden predecir epifitoties, causadas por patógenos e insectos; esto permite planificar las medidas, adecuadas y oportunas, de control. Una extensión de 15 ha de yuca justificaría la labor de un obrero permanente para que ejecute muestreo de plagas y enfermedades y vigilancia agro-fitosanitaria.

7. La cosecha debe planificarse teniendo en cuenta su utilización inmediata de acuerdo a la demanda, pues las raíces de la yuca sufren deterioraciones fisiológicas y/o microbiales al poco tiempo después de la cosecha (Lozano, Cock y Castaño, 1977). Igualmente, debido a que tales deterioraciones se incrementan en incidencia y severidad por los daños mecánicos que ocurren a la cosecha, empaque y transporte (Booth, 1977), estas operaciones deben estar dirigidas a minimizar tales daños.

Recientes investigaciones sobre el almacenamiento de raíces frescas de yuca sugieren que la deterioración fisiológica es un proceso bioquímico (Lozano, Cock y Castaño, 1977; CIAT, 1980), que puede controlarse mediante la poda de las plantas tres semanas antes de la cosecha, o almacenando las raíces en bolsas plásticas selladas, para que mantengan una humedad ambiental saturada y evite la deshidratación. La deterioración microbial se ha prevenido tratando por inmersión las raíces frescas con soluciones de fungicidas protectantes (Maneb, 8.000 ppm, por ejemplo) (Lozano, Cock y Castaño, 1977).

8. Los residuos de cosecha dejados en el suelo pueden servir como medio para que se propaguen pestes y patógenos que causan daños severos en siembras sucesivas de yuca (larvas de Coleóptera; Rosellinia spp, Armillariella spp, etc.). Su eliminación, sobre todo en cuanto se refiere a socas, tallos y raíces de desecho, puede ayudar a mantener un nivel bajo de pudriciones radicales o de daños debidos a insectos por varias siembras consecutivas (CIAT, 1979; Lozano, 1977). La determinación del porcentaje de pudriciones radicales debidas a ataques de patógenos y/o pestes, sobre todo en suelos ricos en materia orgánica, ayuda a determinar la necesidad de una rotación del cultivo o el descanso del terreno. Generalmente, si las pudriciones radicales a la cosecha son mayores del 3%, es necesario hacer esta práctica cultural con el fin de disminuir la infestación del suelo. Al rotar con otros cultivos es preferible usar gramíneas, ya que otras plantas cultivadas (fríjol, algodón, etc.) pueden también ser hospedantes de pestes comunes a la yuca (Lozano, 1977; Lozano y Booth, 1974; Lozano y Terry, 1976). Sin embargo, los insectos trozadores del maíz y sorgo pueden también atacar a plantas jóvenes de yuca. En este caso lo conveniente sería usar cebos tóxicos o asperjar al suelo con patógenos de dichos insectos antes de la siembra (Bellotti y Schoonhoven, 1978b).

9. En muchas áreas con precipitaciones altas durante el período lluvioso y con períodos fríos debidos al invierno de las zonas semisubtropicales, la programación de la siembra es una práctica aconsejable para escapar al ataque de enfermedades y/o pestes durante los períodos más críticos de crecimiento en cada ciclo del cultivo (los primeros 6 meses después de la seimbra) y de la ocurrencia de estos problemas bióticos (Lozano, 1977; Lozano y Terry, 1976). Por siembras periódicas durante varios ciclos y a través de varios años, se puede determinar los períodos apropiados de siembra y ayudar en la planificación del programa de siembra para ecosistemas específicos.

10. Las siembras consecutivas durante períodos largos o durante todo el año, pueden inducir a que el inóculo potencial de los patógenos y de las pestes se incremente progresivamente y a que aparezcan ataques severos sobre todo en las siembras más recientes. La interrupción de las siembras del hospedero por algunos meses, sería lo más conveniente. También podrían reducirse los daños sembrando estacas largas más de 50 cm, pues al germinar varias de sus

yemas, algunas escaparán al ataque de las pestes; las plantas pronto lograrán un desarrollo similar al de las plantaciones vecinas, sembradas anteriormente, alcanzando una tolerancia mayor en un período relativamente corto.

11. La siembra intercalada con otras especies de cultivos se ha registrado como uno de los factores responsables de la baja presencia de problemas bióticos en los cultivos tradicionales del trópico. Esto, ayudado con el uso común de diferentes genotipos de yuca en el mismo sistema de cultivos asociados, lógicamente influye mucho a que los problemas bióticos sean relativamente de poca importancia económica en los cultivos más tradicionales de yuca del trópico. El sistema debe mantenerse en lo posible en aquellas áreas en donde la utilización de yuca sea tradicional; de "pan coger", para el sustento de las familias campesinas. Investigaciones al respecto podrían llevar a interesantísimas conclusiones sobre equilibrio biológico.

12. El esparcimiento apropiado del cultivo en una plantación dada, no sólo evita la formación de microclimas favorables a la propagación de patógenos y pestes sino que puede reducir su diseminación entre planta y planta (sobre todo en caso de insectos poco motiles, escamas). Un buen espaciamiento entre plantas puede lograrse disminuyendo el número de plantas/unidad de superficie sembrada o modificando el sistema de siembras en surcos (por ejemplo: surcos pares distanciados 0.5 m entre sí y 2.0 m entre pares). La conveniencia de ésto debe ser estudiada en cada ecosistema de acuerdo a la fertilidad del suelo, clon(es) usado(s), sistemas de cosecha, etc.

13. Al igual que en todo cultivo, la suplementación del mejor suministro nutricional (abonamientos) y el balance hídrico crítico al suelo, permiten un desarrollo vigoroso de las plantas que lógicamente conlleva a una tolerancia mayor a los problemas bióticos existentes en un ecosistema dado. Esto, debe estar determinado por estudios económicos que justifiquen el uso de tales prácticas y los niveles y frecuencias de su aplicación; en general, se recomienda que los lotes destinados para la obtención del material vegetativo para siembras posteriores reciban tratamientos preferenciales.

14. Debido a la gran posibilidad de que los problemas bióticos puedan perpetuarse en un ecosistema dado, el establecimiento y el cumplimiento de medidas cuarentenarias estrictas sobre la introducción de material de propagación (sexual o asexual), es de gran importancia (Lozano, 1977). En general, se recomienda que sólo instituciones oficiales sean autorizadas para la introducción de material de propagación de yuca; que el material provenga de cultivo de meristemas y el sexual, de plantaciones cuya sanidad ha sido observada por especialistas varias veces durante su ciclo vegetativo.

15. La utilización de trampas de luz sónica, cebos tóxicos, pheromonas, rayos gama y equis para esterilización, hormonas, etc., deben tenerse en cuenta en la programación del control cultural durante los diferentes ciclos de cultivo y de acuerdo al problema biótico a controlar durante los diferentes ciclos del cultivo y de acuerdo al problema biótico a controlar, el ecosistema y la factibilidad de su ejecución en la zona (Bellotti y Schoonhoven, 1979 y 1978b; Bellotti, Reyes y Arias, 1980).

Control Biológico

Debido a que la yuca tiene un ciclo de producción comercial tan largo (8 a 24 meses), reduce la posibilidad económica de todo control químico de enfermedades y pestes por medio de asperciones al cultivo con pesticidas. Sin embargo, esta característica y el hecho de que la planta de yuca tiene la capacidad de recuperarse de ataques de patógenos y pestes una vez cesa la presión biótica, hacen que el control biológico (sobre todo de pestes) en cultivo pueda funcionar extraordinariamente (Bellotti y Schoonhoven, 1978b; Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Igualmente, son muchos los agentes benéficos existentes en el cultivo de la yuca (se han encontrado alrededor de 30 agentes parásitos, predatores y patógenos del Erinnys ello, Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Estas ventajas deben ser aprovechadas por el cultivador de yuca. El control biológico debe constituír uno de los principales soportes del control integral de pestes y enfermedades.

Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a mantener el control biológico natural existente y a enriquecerlo, incrementando sus poblaciones benéficas nativas e introducidas.

1. Los insecticidas son componentes valiosos del control integrado; sólo deben aplicarse cuando los otros factores de control no sean suficientes y cuando se está seguro que el ataque de una plaga o enfermedad esté causando mermas en los rendimientos (Bellotti, Reyes y Arias, 1980; Lozano, 1978). Debe de reducirse la aplicación de pesticidas al máximo posible. Si por la aparición de una epifitotia ésto se hace indispensable, sólo se deben aplicar pesticidas específicos al problema biótico; deben preferirse aquellos productos selectivos, que tienen poco o ningún efecto letal sobre agentes benéficos (Bellotti y Schoonhoven, 1978; Bellotti, Reyes y Arias, 1980).

2. En el ecosistema se debe hacer un inventario detallado sobre los insectos, ácaros y microorganismos benéficos, al igual que sobre las pestes, enfermedades, hospederos y fuentes alimenticias de pestes y patógenos. Las evaluaciones sobre los daños causados por los diferentes problemas bióticos del ecosistema, suministrán información para establecer prioridades y desarrollar los programas respectivos de control biológico.

3. Los estudios ecológicos, que tiendan a explicar la relación parásito-plaga-medio ambiente, suministrarán información valiosa sobre las estrategías de control biológico en el ecosistema.

4. El control biológico nativo puede mejorarse favoreciendo el aumento poblacional de las especies nativas más benéficas mediante el sistema de cría masal, liberación y colonización (Bellotti, Reyes y Arias, 1980). Este control biológico nativo puede también ser ayudado por la introducción de nuevas especies benéficas, aún más eficientes que las nativas, que se adapten a las condiciones ecológicas de la región.

5. Aunque la agricultura moderna tiende a usar el sistema de monocultivo univarietal (clonal), nuestras experiencias con el cultivo de la yuca nos inducen a recomendar como de gran importancia para el control biológico la siembra multivarietal (clonal), ya sea en monocultivo o en asociación con otros. La variabilidad genética de los clones de yuca en una plantación,

definitivamente restringen la multiplicación asémica de las pestes y de los patógenos manteniendo su inóculo potencial a niveles bajos. Esto restringe toda posibilidad de epifitotias.

6. Se deben eliminar los hospederos alternantes de patógenos y pestes existentes en las plantaciones (Poinseta pulcherrima), hospedero del agente causal del superalargamiento, etc. al igual que toda fuente de alimento de pestes y patógenos (las hojas de caucho alimentan al gusano cachón; los frutos en descomposición alimentan a la mosca de la fruta; las raíces de desecho alimentan a patógenos del suelo, etc.). En el ecosistema se debe divulgar sobre las ventajas de estas labores, con el fin de restringir su existencia al mínimo posible. Si los hospederos no se pueden eliminar por ser de importancia económica en el ecosistema (el caucho en Malasia, por ejemplo), se debe procurar que en tales cultivos también se realicen programas integrados de control de enfermedades y pestes.

7. La liberación de insectos irradiados o de híbridos interespecíficos de plagas al cultivo no se ha intentado en yuca, pero podría ser un excelente control biológico para el futuro. La aspersión del suelo con bacterias, hongos, virus patógenos de insectos y de agentes patógenos que viven en el suelo, es otro excitante campo que debería investigarse.

Control Varietal

La estabilidad en los rendimientos a través del tiempo en un ecosistema dado, depende no sólo de las presiones a los diferentes FNP existentes en el ecosistema, sino también de la capacidad genética de los clones de yuca para resistir a estas presiones. Debido a la selección regional aplicada al cultivo de la yuca desde milenios y a que los clones han sido perpetuados vegetativamente, existe una gran interacción genotipo-ecosistema. Un clon que muestre buena adaptación y tolerancia en un ecosistema dado, puede ser severamente afectado por los FNP existentes en otro ecosistema diferente cuando es introducido. Consecuentemente, en un ecosistema dado se debe preferir la utilización de los mejores clones regionales sobre los introducidos; las introducciones deben hacerse específicamente para mejorar genéticamente los clones regionales más promisorios o porque proceden de ecosistemas similares, con iguales FNP. Los programas de mejoramiento deben descentralizarse y hacerse en base al concepto ecosistema-especifidad clonal, tratando de localizar estos programas en regiones seleccionadas después de amplios estudios agro-socio-económicos (Lozano, Byrne y Bellotti, 1980).

El concepto de selección y evaluación varietal debe ser múltiple, involucrando con igual nivel de importancia los siguientes parámetros generales de evaluación: 1) buen rendimiento (como raíces frescas o como follaje, según su utilización); 2) alta producción y calidad del material vegetativo (estacas) para siembra; y 3) calidad de las raíces aceptable de acuerdo a los requerimientos socio-económicos de la región. Los clones que mejor manifiestan estas tres cualidades serán los que posiblemente muestren una mayor estabilidad a través del tiempo, ya que podrán ser los que prefieran los agricultores de la región.

La evaluación clonal debe ser dirigida a identificar genotipos con resistencia amplia a un mayor número de los FNP existentes en el ecosistema,

mediante evaluaciones de campo en localidades en donde los FNP sean más frecuentes y severos. Estas evaluaciones deben ser integrales, involucrando todos los FNP que ocurran en el sitio de evaluación, y deben consistir de varios ciclos consecutivos (CIAT, 1979 y 1980; Lozano, Byrne y Bellotti, 1980). Lo anterior no elimina la conveniencia de evaluaciones sobre problemas específicos, con probada importancia en el ecosistema, ya que en esta forma se están también identificando genes de resistencia para solucionar deficiencias en clones con una amplia resistencia a varios FNP del ecosistema.

La resistencia varietal obviamente beneficia los programas de control biológico, ya que amplía el nivel de daño económico facilitando el incremento de agentes benéficos y reduce o elimina la necesidad de aplicar pesticidas. En yuca, el ataque de Erinnyis spp puede causar hasta un 40% de defoliación sin causar daños económicos; ésto permite retrasar la aplicación de insecticidas para su control o usar otros métodos de control compatibles con el equilibrio biológico.

Las anteriores recomendaciones generales para llevar un control integrado en el cultivo de la yuca, deben ser complementadas con el soporte científico que las entidades de investigación suministran al agricultor y al empresario, si el producto final es para procesar. De esta complementación y de la racional aplicación de las medidas aquí sugeridas, depende en gran aprte el éxito de la producción de yuca a través del tiempo en una región o en un país.

BIBLIOGRAFIA

1. Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1977. World Distribution, identification and control of cassava pests. In: Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. IDRC, Ottawa, Canada, pp. 188-193.

2. Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1978a. Mite and insect pests of cassava. Ann. Rev. Ent. 23: 39-67.

3. Bellotti, A. y A. van Schoonhoven. 1978b. Cassava pests and their control. CIAT Series 09EC-2. CIAT, Cali, Colombia pp 1-71.

4. Bellotti, A; J.A. Reyes y B. Arias. 1980. Manejo de plagas en yuca. In: Manual de Producción de Yuca. Programa de Yuca del CIAT. CIAT, Cali, Colombia pp. 23-33.

5. Booth, R.H. 1976. Storage of fresh cassava. I. Post-harvest deterioration and its Control. Experimental Agriculture, 12: 103-111.

6. Booth, R.H. 1977. A review of root rot diseases in cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 121-133 pp.

7. Castro, A.; J.C. Toro y E. Celis. 1976. Métodos de siembra y cuidado inicial de la yuca. In: Curso sobre Producción de Yuca. CIAT, Cali, Colombia, 123-128 pp.

8. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1974. Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 253 pp.

9. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1979. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1978. CIAT, Cali, Colombia. pp. AI-A100.

10. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Cassava Production System Program. In: CIAT Annual Report 1979. CIAT, Cali, Colombia (in press).

11. Doll, J.D. 1978. Weeds: an economic problem in cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia. pp.65-69.

12. Jennings, D.L. 1976. Cassava, Manihot esculenta (Euphorbiacea). In: Evolution of Crop Plants. Simmonds, N.W. ed. Longman, London, 81-84 pp.

13. Kawano, D., A. Amaya; P. Daza y M. Ríos. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Science 18: 383-376.

14. Lozano, J.C. 1977a. Cassava (Manihot esculenta Crantz). In: Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio, U.S.A., 346 pp.

15. Lozano, J.C. 1977b. General consideration on cassava pathology. In: Proceddings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia. pp. 17-27.

16. Lozano, J.C. 1978. An overview of cassava pathology. In: Proceedings of an International Symposium on Diseases of Tropical Food Crops. U.C.L., Louvain-la-Neuve, Belgium, pp 13-58.

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

18. Lozano, J.C. y E.R. Terry. 1976. Cassava diseases and their control. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, 135-141 pp.

19. Lozano, J.C.; D. Byrne y A. Bellotti. 1980. Cassava/Ecosystem relationship and their influence on breeding strategy. PANS 26 (in press).

20. Lozano, J.C.; J.C. Toro; A. Castro y A. Bellotti. 1977. Production of cassava planting material. CIAT, Series GE-17.

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

22. Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre (IDRC). Ottawa, Canada, IDRC- 020c, 182 pp.

23. Toro, J.C.; A. Castro y E. Celis. 1976. Selección y preparación de material para siembra de yuca. In: Curso sobre producción de yuca. CIAT, Cali, Colombia, 197-204 pp.

24. Vargas, O.H. 1977. The white scale (Aonidomytilus albue Ckll.) on cassava. In: Proceedings of the Cassava Protection Workshop. CIAT, Cali, Colombia, pp. 199-202.

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

J.C. Lozano *

Introducción

Manihot esculenta Crantz (cassava, manioc, mandioca, yuca o tapioca), probablemente es originaria de Sur América septentrional (Brasil, Guayana), con un centro secundario de origen en Mesoamérica (México, Guatemala, Honduras) (27). Su distribución geográfica presente es mundial: entre latitudes 30° norte y 30°sur, y un rango de altura de más de 2000 m (6.500 pies) sobre el nivel del mar (12.27). Esta zona ecológica, el "cinturón de la yuca", coincide aproximadamente con la clase económica 2 de la FAO, en la que se encuentran los países menos desarrollados. Este cinturón posee el 46% de la tierra arable del mundo, el 46% de la población mundial y sólo el 13% del producto doméstico bruto (9, 10). En 1971 (10), la producción mundial de yuca fué estimada en 92.2 millones de toneladas producidas en 9.8 millones de hectáreas, lo que 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 1980 el consumo podrá llegar a cerca de 71 millones de toneladas (26). Los productos comerciales obtenidos de la yuca incluyen tapioca, adhesivos y almidón, como fijadores en industrias textiles, y subproductos derivados de fermentaciones (alcoholes, ácidos, monosacáridos, etc.).

La yuca es importante como fuente de energía: la raíz contiene un 30 a 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). Sin embargo, el contenido proteíco de las hojas y tallos jóvenes es de alrededor del 20% (Cock, información personal). El contenido de amino-ácidos en las raíces es similar al del maíz, con baja methionina, alta threonina, y niveles intermedios de lisina y otros amino-ácidos (25).

Antes de 1971, los conocimientos disponibles en todos los aspectos de producción de yuca eran limitados. En general, la literatura daba 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 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,

* Fitopatólogo - Programa de Yuca, CIAT.

IIRA), 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 fin 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 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 Cercospora henningsii y a V. vicosae, que han sido observados en casi todas las áreas yuqueras del mundo, los patógenos de la yuca parecen estar confinados a zonas geográficas específicas; por ejemplo, continentes o regiones ecológicas especiales dentro de los continentes. Algunos patógenos, tales como C. caribaea y Phoma (Phyllosticta) sp., ocurren endémicamente 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 Américanos, tales como Sphaceloma manihoticola y Colletotrichum gloesporioides fs. manihotis, causan epifitotias en algunas áreas yuqueras durante la época lluviosa (15,17), o, como en el caso del Oidium manihotis, durante la época seca. Los hongos que causan pudriciones radicales pueden estar presentes en la mayoría de las zonas yuqueras del mundo, ya que ellos pueden ser patógenos de cultivos perennes o forestales, pero su incidencia parece estar además relacionada con las condiciones edáficas y culturales de la plantación.

En las Americas (Brasil, Venezuela, México), la incidencia de enfermedades debidas a virus y micoplasmas es poca; estas enfermedades parecen ocurrir independientemente de las condiciones ambientales y edáficas. En contraste, la enfermedad del Mosaico Africano de la yuca, es observada en casi todas las plantaciones del Africa Tropical; esto es debido a que su mayor diseminación ocurre por el uso de material de propagación enfermo y por medio de insectos (Bemisia spp.). Una enfermedad similar, también diseminada por Bemisia spp., ocurre endémicamente en la India (16).

Entre lo patógenos bacteriales, Xanthomonas cassavae parece estar restringida al Africa (7,30). El agente causal del añublo bacterial de la yuca, X. manihotis, fue registrado hace mucho tiempo en América; recientemente se le ha encontrado en Africa y Asia (Thailandia y Malasia), causando severas epifitotias (20). Aunque Pseudomonas solanacearum ha sido registrado como patógeno de la yuca (2,14) (y sus diferentes razas se encuentran en muchas áreas yuqueras del mundo), no hay evidencia concluyente acerca de que esta especie bacterial sea un patógeno de este cultivo. Una nueva especie bacterial, recientemente encontrada en asociación con insectos barrenadores de la yuca (5; Lozano y Bellotti, sin publicar), ocurre en las Américas; su distribución e importancia son aún desconocidas.

Los ácaros, parecen ser plagas universales de la yuca. La especie Tetranychus urticae causa daños económicos en Africa, Asia y América pero Mononychellus tanajoa, sólo ha sido registrado en América y Africa. Los thrips, moscas blancas, barrenadores, hormigas cortadoras de hojas y gusanos cortadores, atacan la yuca en Africa y las Américas. El gusano cachón de la yuca (Erinnys ello), moscas del cogollo (Silba pendula), moscas de la fruta (Anastrepha pickeli y A manihoti), y las moscas de las agallas (Cecidomya sp.), atacan la yuca solamente en América. Los saltamontes comedores de yuca están restringidos al Africa, mientras que los gorgojos, termitas y los insectos escamas han sidos registrados en Asia, Africa y las Américas (28).

Diseminación de las Enfermedades y de las Plagas de la Yuca

Basados en la anterior distribución geográfica general de los patógenos y de las plagas de la yuca, el intercambio de material de siembra representa un serio riesgo de diseminación de enfermedades y plagas. Los más importantes agentes 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 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 (18,20). Por lo tanto, la presencia de esta bacteria en tallos lignificados, que son los usados normalmente para siembra, es muy difícil de detectar. Además, la severidad de la enfermedad se reduce considerablemente durante los períodos secos del año; por lo tanto, la selección visual de material sano de propagación procedente de una plantación infectada, es a veces imposible. Considerando su capacidad diseminante debida al efecto del agua lluvia, herramientas, material de siembra enfermo (18), suelo infestado e insectos (3,4), la

dispersión del patógeno puede ocurrir en períodos relativamente cortos a partir de unas pocas plantas enfermas (18), causando pérdidas económicas de más del 50% (20). Si se considera: a) que la yuca es originaria de las Américas; b) que Xanthomonas Manihotis es específica a Manihot spp.; c) que estudios culturales, morfológicos, fisiológicos, y serológicos en aislamientos del Africa, Asia y América muestran características similares y específicas (4,20), se concluye que éste patógeno es originario de América y fué probablemente llevado al Africa y Asia por la introducción de material de propagación infectado de este Continente. Esta introducción ha causado serios daños en las áreas yuqueras de Nigeria y Zaire (21) y amenaza la producción de yuca de Thailandia y Malasia en un futuro cercano.

La extraordinaria severidad y la falta de medidas de control efectivo hacen del Mosaico Africano de la yuca una de las enfermedades más serias de este cultivo en el mundo. Aunque la enfermedad no se presenta en el continente Americano, el vector, Bemisia spp.; ha sido recientemente encontrado (Bellotti, comunicación personal). De ahí que su introducción en América u otras áreas no afectadas, representa una de las más serias amenazas para estas áreas productoras de yuca. Aunque las consecuencias de tal hecho son imprevisibles se sabe que la enfermedad es capaz de reducir la producción entre un 20 y 90% (16).

En general, todos los virus y micoplasmas de la yuca en las Américas invaden el sistema vascular (6) y son diseminados principalmente por material vegetativo de propagación. Su introducción dentro de áreas no infectadas de las Américas, o en otras áreas libres de tales enfermedades, representa un riesgo serio. Una enfermedad inducida por un micoplasma americano (el superbrotamiento de la yuca), ha sido recientemente reportada en Ivory Coast (Africa) (8); posiblemente esta enfermedad fue igualmente introducida al Africa por material de propagación enfermo. El virus del estriado marrón, es otra enfermedad originada en Africa, que puede ser introducida a las Américas a través de material vegetativo (16,17).

Se conoce poco acerca de la diseminación de agentes patógénicos fungosos en la yuca a través de las estacas, exceptuando al agente causal de la enfermedad del superalargamiento (Sphaceloma manihoticola). Este patógeno crece entre la corteza y la epidermis del tallo, produciendo esporas en chancros epidermales que son capaces de mantener suficiente inóculo para reinfecciones secundarias. Su habilidad para esporular y su facilidad de diseminación por el viento, durante la época lluviosa, parecen ser los responsables de que actualmente se le observe en muchas áreas yuqueras de América (Colombia, 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.Sclerotium rolfsii Botryodiplodia sp., etc.),la diseminación de estos patógenos a otras regiones puede ser probable cuando el material de propagación se transporta sin recibir ningún tratamiento desinfectante previo.

Exceptuando el añublo bacterial de la yuca (20), la enfermedad del Mosaico Africano (16) y el virus del mosaico común (6), los cuales parecen ser específicos a Manihot spp., no hay información disponible sobre el rango de hospederos

de otros patógenos y plagas de la yuca. Por tal causa, el movimiento de material de propagación de especies pertenecientes a la familia Euphorbiaceae (forestales u ornamentales), también representa un riesgo serio en la diseminación de enfermedades de la yuca. Esto ha sido corroborado recientemente al encontrar que un Sphaceloma sp. patógeno de Poinsettia sp. era también un patógeno de la yuca (5).

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

La disminución de huevos de insectos de ácaros es más probable que la de larvas y adultos en material vegetativo. Generalmente, los adultos y las larvas viven sobre la epidermis del tallo, lo cual hace que sean relativamente fáciles de detectar. Sin embargo, los barrenadores del tallo, los insectos escamas y los huevos de ácaros, pueden diseminarse fácilmente vía material de propagación de yuca. Un ejemplo reciente es el ocurrido en Uganda, en donde se introdujo una especie de ácaro por estacas importadas de América (Brasil). Esta peste se ha diseminado en Kenia y Tanzania, causando pérdidas considerables en los cultivos de yuca de estos países (23, 24).

Conclusiones y Recomendaciones Generales

Aunque los efectos ecónomicos 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 estacas de yuca están infectadas del añublo bacterial, y que las pérdidas en germinación de estacas atacadas por escamas (Aonydomitilus albus) son con frecuencia superiores al 80 por ciento (Schoonhoven, comunicación personal).

Basados 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 cuarentenales 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 pueden 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 alargamiento (3). Similarmente, las plagas y propágulas de patógenos que puedan encontrarse en la superficie del material de siembra, pueden también ser eliminados por medio del uso de productos químicos. El cultivo de tejidos procedentes de

plantas enfermas del mosaico Africano, parece regenerar plantas sin síntomas de la enfermedad (13); sin embargo, como aún se desconoce el agente causal de esta enfermedad, no se puede asegurar si estas plantas están o nó realmente sanas. No obstante, se sugiere el uso de esta técnica para la transferencia de material de yuca dentro del continente Africano.

Aplicando los principios generales de cuarentena específicamente a yuca, las siguientes recomendaciones, relacionadas al movimiento internacional de material de propagación de la yuca, fueron discutidas y sugeridas por representantes de 16 países diferentes en el taller de trabajo para el intercambio internacional y pruebas de germoplasma en yuca, realizado en el CIAT en Febrero, 1975 (11).

A. Recomendaciones generales:

1. La experiencia en el reconocimiento y estudio de plagas y enfermedades de que se dispone en el CIAT e IITA, debe ser utilizada para entrenar especialistas en protección del cultivo. Al regresar a sus respectivos países, los entrenados podrían conducir cursos sobre sintomatología de plagas y enfermedades y recomendar medidas cuarentenarias y de control erradicativo de estas pestes.

2. Se recomienda que sólo una mínima cantidad de material de siembra sea importado; entre más pequeña sea la muestra, es menor la oportunidad de introducir un patógeno o plaga. La inspección de este material, lo mismo que la cuarentena a seguir después de la entrada, será simplificada igualmente.

3. El uso correcto de las recomendaciones para minimizar el riesgo de la introducción de enfermedades y plagas, es de responsabilidad común del donador y del receptor.

4. Estas recomendaciones solamente suplementan a las reglas que sobre cuarentena existen en los países receptores.

B. Recomendaciones relacionadas al movimiento del material vegetativo de propagación.

1. El material nunca debe ser importado de países en donde la enfermedad del mosaico Africano y la enfermedad del virus del estriado marrón estén presentes.

2. Para importación desde otros países, se recomienda 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 fungicida e insecticida.

3. Plantar el material en un área aislada e inspeccionado 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 desinfectarse y esterilizarse los materiales de manejo, empaque y almacenamiento.

2. En los países receptores.

a. Quemar toda semilla que llegue infestada de plaga y/o enferma,
b. Plantar el material en un área aislada y hacer inspecciones regulares a las plantas obtenidas, por un período no inferior a un año.

c. Quemar cualquier planta con infestación de plaga (s) o síntomas de enfermedad (es) que no ocurran en el país receptor.

D. Consideración para el futuro

1. Se debería considerar el establecimiento de una estación intermedia de cuarentena, en un país no productor de yuca o en una isla.

2. Se debería investigar el posible uso de la técnica de cultivo de tejidos para propósitos cuarentenales. 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 mosaico Africano, ya que su agente causal es todavía desconocido.

El autor considera que al seguir estas recomendaciones se reduce el riesgo de introducir nuevos patógenos y plagas a otras áreas. Como en muchos países no existen aún medidas cuarentenales, estas deberían ser emitidas; en otros países las medidas cuarentenales existentes son a veces excesivamente estrictas, posiblemente porque han sido formuladas sin conocer los aspectos patológicos del cultivo.

Al presentar éstas consideraciones y formar recomendaciones, se sugiere la emisión o revisión de reglamentaciones que protejan al cultivo de la introducción de nuevas enfermedades y plagas, al igual que permita el intercambio de material genético mejorado.

Agradecimientos

El autor quiere agradecer al entomólogo Anthony C. Bellotti, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por los consejos en la sección de Entomología de este artículo. Se agradece igualmente la ayuda de James H. Cock (Coordinador del Programa de Yuca del CIAT), en la revisión del artículo.

Resumen

La yuca (Manihot esculenta Crantz), una de las principales fuentes energéticas en la alimentación, es atacada por muchos patógenos y pestes que causan pérdidas económicas. Comúnmente, los patógenos y las pestes de la yuca se encuentran localizados en áreas geográficas limitadas. Sin embargo, como la yuca es generalmente propagada vegetativamente, la distribución del material de siembra entre continentes, países y áreas de un mismo país, representa un peligro en la diseminación de enfermedades y plagas de la yuca. Al discutir los riegos relacionados con el movimiento de material vegetativo de yuca, se sugieren medidas para tratar de evitarlos.

BIBLIOGRAFIA

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 Disease due to bacteria. 2nd ed. Cambridge Univ. Press. Cambridge, England, 232 pp.

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

9. Food and Agriculture Organization, 1971. Agricultural Commodity Projections 1970. FAO, Rome.

10. Food and Agriculture Organization. 1972. Production yearbook 1971. FAO, Rome.

11. IDRC/CIAT. 1975. Workshop for International Exchange and Testing of Cassava Germplasm, CIAT, Colombia; IDRC - bulletin 049e, 74 pp.

12. Jones, W.O. 1959. Manioc in Afirca. Standford 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. Kalman, A. 1953. The bacterialwilt 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 Article 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 potencial markets IDRC (International Development Research Centre), Ottawa, Canada, 182 pp.

27. Rogers, D.J. 1963. Studies of Manihot esculenta Crantz and related species. Torrey Botanical Club Bull. 90: 1-43.

28. Schoonhoven, A. van., y A. Bellotti. 1976. Insects and mites attacking cassava, CIAT, Cali, Colombia, (in press).

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

30. Wiehe, P.O., y W.J. Dowson. 1953. A bacterial disease of cassava (Manihot utilissima) in Nyasaland, Emp. J. of Exp. Agr. 21: 141-143.

PROBLEMAS FITOPATOLOGICOS EN LA YUCA DISEMINADOS POR SEMILLA SEXUAL Y ASEXUAL

J. C. Lozano*
U. Jayasinghe*

El intercambio de material genético deseable entre centros e instituciones de investigación, es indispensable para el mejoramiento de las especies cultivadas. Sin embargo, tal acción conlleva riesgos relacionados con la diseminación de patógenos y pestes que pueden afectar al material de siembra que se intercambia. Aunque la magnitud de tales riesgos generalmente depende de la responsabilidad compartida del donante y del receptor, las probabilidades de diseminación de patógenos y pestes por el intercambio de material de cultivos propagados vegetativamente son muy altos.

La yuca (Manihot esculenta Crantz), especie que se propaga comercialmente en forma vegetativa, tiene importantes problemas patológicos que pueden ser diseminados por el intercambio de material de propagación sexual y asexual. Además, como hasta sólo recientemente se le ha dado importancia investigativa al cultivo, algunos problemas fitopatológicos pueden aún permanecer desconocidos ó pasar desapercibidos por falta de conocimientos etiológicos y sintomatológicos sobre los respectivos agentes y enfermedades que causan. El presente trabajo discute algunos problemas patológicos de la yuca que pueden ser diseminados por el intercambio de material de propagación sexual y asexual y sugiere algunas recomendaciones que puedan disminuir los riesgos de diseminación, dependiendo del cuidado que se tenga al respecto.

Patógenos Diseminados por Semilla Sexual

Los patógenos diseminados por semilla sexual se pueden considerar en dos grupos: aquellos que se encuentran infestando la semilla y los que la infectan.

Actualmente no existe información sobre patógenos en yuca que se diseminan por el uso de semilla sexual infestada; sin embargo, ésto no elimina tal posibilidad. Como la semilla de yuca se produce en cápsulas de frutos tricapsulares, la infestación sólo puede ocurrir después de la dehiscencia. Si la dehiscencia del fruto ocurre en el campo, las probabilidades de infestación serán más grandes que cuando ésta ocurre en un lugar controlado, al colectar/almacenar frutos maduros antes de la dehiscencia. Los patógenos que probablemente puedan sobrevivir una larga infestación serán aquellos que producen propagulas mucilaginosas abundantes, tales como Colletotrichum spp., Phoma spp. y Diplodia spp. y la bacteria causante del añublo bacterial (Xanthomonas campestris pv. manihotis). Sin embargo, a veces la infestación de los sacos y recipientes en donde se guardan las semillas puede traer mayores problemas diseminantes de enfermedades que la de la misma semilla per se.

---

* Fitopatólogos del Programa de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.

Respecto a patógenos que infectan la semilla sexual, sólo se ha registrado a X. campestris pv. manihotis (agente causal del añublo bacterial) (3.5) y a Colletotrichum spp., agentes causales de la anthracnosis (información sin publicar), infectando semillas de yuca. Aunque ningún otro agente causal, incluyendo a virus y hongos, ha sido registrado infectando la semilla, ésto no elimina tal posibilidad, más aún si se considera la información tan limitada que se tiene al respecto.

Un alto porcentaje de las semillas sexuales producidas en plantaciones con añublo bacterial está afectado de X. campestris pv. manihotis sin presentar ningún síntoma visible de afección. Sólo cuando la infección es severa muestra deformaciones en el fruto ó la semilla, zonas necróticas en los cotiledones y en el endospermo y corrugaciones en la testa; las semillas con estos síntomas, generalmente no germinan. Cuando la infección es leve, la bacteria generalmente se localiza dentro del embrión en estado de aparente dormancia, para iniciar su multiplicación al comenzar el proceso de germinación. En este caso, las semillas germinan bien y sólo presentan síntomas visibles en el tallo y hojas al estado de plántulas (3.5).

Patógenos Diseminados por Material Vegetativo

El material vegetativo, que es el comúnmente usado para la propagación de la yuca, tiene una mayor probabilidad de diseminar patógenos de la especie que el material sexual de propagación. Los tallos de las plantas al estar expuestos durante el largo ciclo del cultivo generalmente están infestados de propagulas y/o células de patógenos fungosos y bacteriales, especialmente cuando la plantación está afectada. Igualmente, el tallo puede ser invadido por la mayoría de los agentes causales registrados como patógenos del cultivo (6).

Teniendo en cuenta el daño y capacidad invasora de los patógenos de la yuca, éstos se pueden agrupar en localizados y sistemáticos.

Patógenos Localizados.

Son aquellos cuya capacidad invasora es no sistémica, restringiéndose sólo a zonas ó partes limitadas del tallo. Su presencia se caracteriza por la formación de chancros, agallas y áreas necróticas epidermales ó corticales, con coloraciones amarillentas a marrones, y degradación medular. Estos síntomas son a veces específicos al agente causal que los ocasiona ó comúnes (como en el caso de degradaciones medulares, corticales y epidermales) a varias especies de patógenos (9).

Entre los síntomas más comúnes tenemos: agallas, causadas por Agrobacterium tumefasciens; chancros, inducidos por Sphaceloma manihoticola; llagas epidermales y corticales, producidas por Colletotrichum spp. y Phoma sp.; estriado vascular, causado por Diplodia manihotis y X. campestris pv. manihotis; degradación de la médula y corteza, inducida por Erwinia carotovora pv. carotovora; muerte de las yemas germinales, producida por X. campestris pv. cassavae y manihotis (9).

Patógenos Sistémicos.

Son aquellos capaces de invadir sistémicamente a plantas de cultivares susceptibles. La invasión sistémica del patógeno generalmente no produce

síntomas en los tejidos lignificados y maduros del tallo invadido, lo cual dificulta la identificación del material enfermo. Generalmente los síntomas se desarrollan en el sistema foliar ó ramas jóvenes, poco lignificadas, ó aún en el sistema radical. Además, últimamente se ha encontrado que existen patógenos sistémicos latentes (virus), los cuáles no inducen síntomas visibles aparentes en algunos cultivares (portadoras), limitándose a reducir paulatina y levemente su vigor normal y producción. Estos tipos de patógenos son muy importantes, cuarentenariamente hablando, y merecen especial atención. Entre los patógenos sistémicos, diseminados por material vegetativo de propagación, actualmente registrados están:

Hongos.

El más importante es Diplodia manihotis, el cual produce estriados necróticos marrones a lo largo del sistema vascular afectado; sin embargo, la epidermis rara vez muestra síntomas, lo cual hace a veces inidentificable al material enfermo (4).

Sphaceloma manihotis (agente causal del superalargamiento), aunque no es propiamente un hongo sistémico, a veces produce una gran cantidad de chancros diminutos sobre los tejidos epidermales maduros del tallo. El tamaño de los chancros sobre los tallos maduros hace inidentificable al patógeno y el gran número de ellos lo hacen parecer sistémico.

Bacterias.

Xanthomonas campestris pv. manihotis, el causante del añublo bacterial, es la más importante enfermedad bacterial. El uso de material de siembra tomado de plantaciones enfermas ha sido el sistema más eficiente de diseminación de esta bacteria a largas distancias: en esta forma se ha introducido al Africa, Asia y en general, a muchas regiones en donde no existía. Esto se debe a que el patógeno generalmente no produce síntomas en los tejidos lignificados y maduros del tallo (aún de cultivares susceptibles) y a que puede sobrevivir por muchos meses dentro del sistema vascular (1, 2, 7). X. Campestris pv. cassavae, aunque no ha sido comprobado conclusivamente, también parece diseminarse por medio de estacas enfermas debido a la capacidad sistémica del patógeno (10).

Virus.

Su capacidad sistémica es tal, que cualquier parte de una planta afectada puede estar invadida del agente causal. Consecuentemente, toda planta procedente de tejido vegetativo de propagación, tiene un alto riesgo de estar contaminada. Como los síntomas son generalmente foliares, radicales (como en el caso del cuero de sapo de la yuca) ó no existir (virus latentes), la identificación sintomatológica del material vegetativo de siembra sano es muy difícil. Sólo podría lograrse por serología (lo cual aún no está desarrollado), bioensayos (injerto de cultivares sensibles sobre el material a probar) (4) ó análisis de proteínas (cuero de sapo de la yuca) (4). Estas técnicas están en desarrollo y su eficiencia relativa aún se desconoce. Consecuentemente, la introducción de material vegetativo debe de hacerse sólo cuando sea necesario, teniendo en cuenta los riesgos que ello acarrea y tomando las máximas precauciones posibles con el fín de evitar la diseminación de patógenos virales.

Medidas Sanitarias.

Las siguientes medidas sanitarias, independientes de las normalmente legales que se establecen en toda reglamentación cuarentenaria, pueden minimizar los riesgos de introducir patógenos por medio de material de propagación de yuca. Sin embargo, la eficiencia de ellas depende de su correcta aplicación tanto por parte de los donantes como de los receptores (8).

1. El país receptor debe de analizar y evaluar cuidadosamente la responsabilidad del país donante y de sus Instituciones, en cuanto se relaciona al cumplimiento de las medidas cuarentenarias establecidas. Toda introducción sólo debe hacerse después de un detenido análisis sobre la necesidad y ventajas genéticas que de ella provengan.

2. El país receptor debe prohibir la introducción de material de propagación vegetativa de yuca de países en donde existan enfermedades foráneas. Por ejemplo, no debe de aceptarse material vegetativo procedente del Africa debido a la presencia del virus Africano de la yuca. La introducción de material de propagación sexual podría considerarse, pero sólo bajo condiciones especiales determinadas al momento de establecerse la necesidad de hacer tal introducción.

3. El material de propagación de yuca debe colectarse de plantaciones aparentemente libres de patógenos sistémicos. Una o varias inspecciones, hechas en épocas apropiadas, deben realizarse para establecer la aparente sanidad del cultivo. Las inspecciones a las plantaciones deben efectuarse en épocas con condiciones climáticas favorables al desarrollo de las enfermedades: por ejemplo, de mitad hasta el final de la estación lluviosa, los síntomas de superalargamiento, añublo bacterial y mosaicos causados por virus son más notorios que durante la sequía. Antes de hacerse la colección respectiva, deben de identificarse las plantas más vigorosas y sanas de la plantación.

4. El material de propagación sexual debe colectarse de frutos sanos, maduros, antes de sufrir la dehiscencia. No deben colectarse semillas que aparezcan esparcidas sobre el suelo de la plantación. Los frutos deben empacarse en bolsas de papel y almacenarse en lugar fresco y seco hasta su dehiscencia. Después de la dehiscencia, las semillas se deben seleccionar según su tamaño, forma y sanidad aparentes (ausencia de manchas necróticas sobre la testa). Luego deben tratarse con un fungicida protectante (Arasan, por ejemplo) al espolvoreo. Las semillas tratadas deben empacarse en bolsas nuevas de papel y sellarse antes del transporte.

Al arribo de las semillas al país receptor, éstas deben tratarse al calor seco (55-60°C) por dos semanas. Este tratamiento rompe la dormancia y puede erradicar al agente causal del añublo bacterial (4). Posteriormente se pueden sembrar en semilleros en invernaderos apropiados, para suministrarles el tratamiento de postcuarentena que se establezca (observación y transplante al campo).

5. No se recomienda la introducción de estacas de yuca a ningún país o zona geográfica definida, debido a los grandes riesgos existentes en la introducción de patógenos sistémicos y localizados del cultivo. El material vegetativo que se recomienda introducir debe consistir de cultivo de meris-

temo, el cual debe ser probado por bioensayos, serológicamente ó por análisis de proteínas, sobre la real sanidad del material. Las muestras (meristemos) deben provenir de retoños procedentes de estacas tomadas de plantas aparentemente sanas y de plantaciones en donde no exista el cuero de sapo de la yuca, síntomas de mosaicos foliares, proliferación de yemas germinales ó retoños y plantas que muestren enanismo. Se sugiere no usar la termoterapia aplicada a plantas mantenidas para tomar meristemos, pues éste tratamiento puede conllevar selección y/o mutaciones de biotipos virales. Las plántulas procedentes de meristemos deben mostrar sanidad absoluta. Si en la región existe cuero de sapo, su sanidad aparente se debe probar por injerto con un cultivar sensible a esta enfermedad ó por medio de purificación parcial y fraccionamiento por electroforesis (4). Si en la región existen síntomas de mosaico, el material se debe probar por injerto con un cultivar sensible al virus. Cualquier muestra de infección debe ser indicativo para la eliminación del material por autoclave (12°C y 20 atmósferas de presión). Al arribo del material introducido al país receptor, éste debe mantenerse en postcuarentena por un ciclo vegetativo. Durante este período, se aconseja hacer pruebas de bioensayos y observar cuidadosamente sobre la aparición de síntomas de cualquier enfermedad sistémica. Se debe tener en cuenta que en yuca existen cultivares portadores de virus, los cuáles no muestran ningún síntoma; estas plantas al ser introducidas a una región pueden ser focos diseminantes de enfermedades altamente patogénicas a los cultivares nativos e inclusive a otras especies de cultivos.

BIBLIOGRAFIA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1974. CIAT Annual Report 1973. CIAT, Cali, Colombia, 254 pp.

2. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1975. CIAT Annual Report 1974. CIAT, Cali, Colombia, 260 pp.

3. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1981. Informe Anual 1980. CIAT, Cali, Colombia. 99pp.

4. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. CIAT Annual Report 1981. CIAT, Cali, Colombia (en prensa).

5. Elango, F. y J. C. Lozano. 1980. Transmission of Xanthomonas manihotis in Seed of Cassava (Manihot esculenta). Plant Disease 64:784-786.

6. Lozano, J.C. y R. H. Booth. 1974. Disease of Cassava (Manihot esculenta Crantz). PANS (Pest Articles and News Summaries), Centre for Overseas Pest Research, London, 20:30-54.

7. Lozano, J. C. y L. Sequeira. 1974. Bacterial Blight of Cassava in Colombia. II. Epidemiology and Control. Phytopathology. 64:83-88.

8. Lozano, J.C. 1976. The threat of introducing cassava diseases and pests on propagation material. In: Plant Health and Quarantine in International Transfer of Genetic Resources. FAO (Food and Agriculture Organization), CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio 44128 p. 347.

9. Lozano, J.C., A. Bellotti, J. A. Reyes, R. Howeler, D. Leihner y J. Doll. 1981. Problemas en el Cultivo de la Yuca. CIAT, Cali, Colombia; Serie CIAT 075SC-1 (2a. Ed.). 208p.

10. Maraite, H. 1978. Comparative Symptom Development in Cassava after Infection by Xanthomonas manihotis or X. cassavae under controlled environmental conditions. Proceedings of the IDRC/IITA Workshop on Cassava Bacterial Blight. IITA, Ibadan, Nigeria, p.18-25.

CAPITULO V

PROCESAMIENTO Y UTILIZACION

DETERIORACION POSTCOSECHA Y
ALMACENAMIENTO DE RAICES DE YUCA.

PROCESAMIENTO DE LAS RAICES DE YUCA
PARA ALIMENTACION ANIMAL.

UTILIZACION DE RAICES Y PRODUCTOS DE YUCA
EN ALIMENTACION ANIMAL.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIA
SECA Y ALMIDON EN YUCA POR EL SISTEMA
DE GRAVEDAD ESPECIFICA

DETERIORACION POSTCOSECHA Y ALMACENAMIENTO DE RAICES DE YUCA

Christopher Wheatley 1/
Carlos Lozano
Guillermo Gómez

Introducción

La yuca es uno de los cultivos básicos de las regiones tropicales y constituye más del 50% de la producción total de raíces y tubérculos de estas regiones (Booth, 1974). La producción mundial de yuca en 1980 alcanzó un total de 122 millones de toneladas (FAO, 1981). Se ha estimado (Phillips, 1974) que la yuca aporta el 39, 12 y 7% de los requerimientos calóricos en la alimentación de las poblaciones de Africa, América Latina y el Lejano Oriente, respectivamente. Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de la yuca en alimentación humana es el corto tiempo de conservación de las raíces después de la cosecha; las raíces se deterioran rápidamente, disminuyendo su calidad y por tanto se hacen inaceptables para el consumo humano y para otros usos.

Durante los últimos años varias entidades nacionales e internacionales han realizado investigaciones orientadas a determinar las causas del deterioro postcosecha de las raíces de yuca. Además se han efectuado trabajos destinados a disminuir la perecibilidad de las raíces mediante tratamientos pre- y postcosecha y a desarrollar sistemas o prácticas de almacenamiento de las raíces.

El presente trabajo revisará someramente los diferentes aspectos relacionados con la deterioración postcosecha de la yuca, los factores que afectan la deterioración, los tratamientos para extender la durabilidad de las raíces y las prácticas de almacenamiento de las mismas.

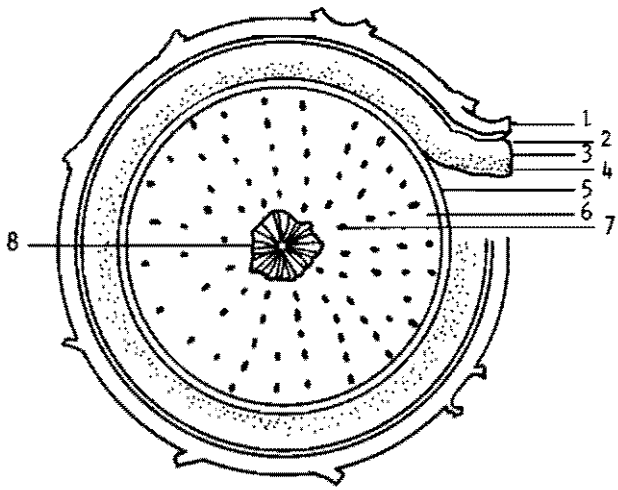
Deterioración postcosecha

La parte más importante de una raíz de yuca la constituye la pulpa o parénquima que está básicamente constituída de haces xilógenos (vasos de xilema) distribuidos en forma de estrías y en los cuales se concentra el almidón de la raíz. En el centro de la raíz se encuentra el xilógeno fibroso central mientras que en la periferia de la raíz se localiza la corteza o cáscara constituida de capas superpuestas de tejidos corchosos, fibras esclerenquimatosas, vasos con látex y cámbium (Figura 1).

Los síntomas de deterioración de las raíces de yuca aparecen durante los 3 primeros días después de la cosecha y se manifiestan por cambios de coloración en los tejidos parenquimáticos y los haces xilógenos. Estos úl-

---

1/ Postdoctoral Fellow, Wye College, London University. Tropical Products Institute (T.P.I.) - CIAT Proyecto Cooperativo de Almacenamiento de raíces de yuca, Fitopatólogo y Bioquímico/Nutricionista, respectivamente, del Programa de Yuca.



1 Periderma o cascarilla
2 Esclerénquima
3 Parénquima cortical
4 Floema
(1 a 4 = cáscara)
5 Cámbium
6 Parénquima (almacenamiento de almidón)
7 Vaso de xilema
8 Haces xilógenos y fibras

FIGURA 1. SECCION TRANSVERSAL DE UNA RAIZ DE YUCA (HUNT ET AL., 1977)

timos adquieren tonos azulados o azul-oscuro para luego pasar a coloración café o marrón, en forma de estrías vasculares que se pueden observar en secciones longitudinales de las raíces (Montaldo, 1973). Las estrías pueden llegar a tener un color negro, causado por el oscurecimiento de las paredes celulares de los haces xilógenos y por la aparición de oclusiones de origen parenquimático dentro de ellas mismas (Rickard, 1982). Los cambios de coloración pueden extenderse a las células parenquimáticas, las cuales presentan un tinte azulado (Averre, 1967) y también pueden mostrar síntomas de desecación.

El inicio y el grado posterior de la deterioración de las raíces está estrechamente relacionado con la presencia de daños mecánicos, los cuales son normalmente ocasionados al momento de la cosecha. Algunas características varietales (longitud de las raíces, presencia de pedúnculos largos, etc.), la textura y grado de compactación del suelo y las formas de cosecha (manual o mecánica) son algunos de los factores que afectan la incidencia de los daños mecánicos en las raíces (Cock et al., 1978). Las áreas distal y proximal de las raíces son las más propensas a sufrir daños mecánicos. La mayor o menor adherencia de la cáscara de la raíz al parénquima puede igualmente afectar la susceptibilidad a los daños mecánicos durante la cosecha y el transporte posterior de las raíces. Por estas razones, los primeros síntomas de deterioración de las raíces se presentan normalmente debajo de las áreas donde se ha dañado o perdido la cáscara, o en los extremos distal o proximal.

Además de los cambios en la coloración, las raíces pueden también ser atacadas por microorganismos que producen pudrición a los 5-7 días después de la cosecha (Booth, 1976; Lozano et al., 1978). En estos casos también se presenta el fenómeno del estriado azul/negro que se extiende desde el margen de las regiones podridas en forma similar al deterioro producido por daños mecánicos.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha han permitido definir dos clases de deterioración, las cuales han sido denominadas primaria y secundaria (Booth, 1974, 1976; Rickard and Coursey, 1981). La deterioración primaria o fisiológica se manifiesta normalmente con la presencia de las estrías azul-negras o marrones, con mayor intensidad alrededor de la periferia de la corteza. La deterioración secundaria o microbial ocurre después de la deterioración primaria e implica pudrición microbial causada por varios hongos y bacterias, los cuales actúan como patógenos de las heridas.

Las dos clases de deterioración son ilustradas en la Figura 2, en la cual puede observarse que en la deterioración primaria o fisiológica los tejidos afectados forman un anillo de estrías y células desecadas cerca de la periferia del parénquima, mientras que esta distribución de estrías no se observa en las raíces podridas y más bien se nota una maceración de los tejidos en las áreas afectadas por la deterioración microbiana (Lozano et al., 1978).



FIGURA 2. DETERIORACION FISIOLOGICA (PRIMARIA) Y MICROBIAL (SECUNDARIA) DE RAICES DE YUCA.

Ha sido ampliamente demostrado que las dos clases de deterioración son debidas a procesos distintos (Averre, 1967; Passan y Noon, 1977; Noon y Booth, 1977). No ha sido posible aislar microorganismos de los tejidos afectados por deterioración fisiológica mientras que en el caso de la deterioración microbial se han podido aislar hongos de los géneros Penicillium, Aspergillus, Rhizopus, Fusarium, etc.

Evaluación de la susceptibilidad a la deterioración fisiológica

La perecibilidad de las raíces de yuca es una de las limitantes más importantes en el mercadeo y comercialización de las raíces de yuca. Por lo tanto, es importante evaluar el grado de susceptibilidad de las raíces a la deterioración postcosecha y para ello es necesario estandarizar algunos factores tales como controlar el nivel de daño mecánico durante la cosecha y el posterior transporte, evitar la contaminación microbial y asegurar condiciones adecuadas de almacenamiento de las raíces.

Un método subjetivo, basado en los trabajos de Marriott y colaboradores (1978), para evaluar la susceptibilidad de las raíces de yuca a la deterioración fisiológica ha sido recientemente desarrollado por el Proyecto Cooperativo CIAT/TPI. El detalle de esta metodología se describe a continuación:

1) Seleccionar raíces comerciales de tamaño medio con un mínimo de 18 cm de longitud, sin daños mecánicos y sin pudrición precosecha.

2) Descartar los extremos distal y proximal cortándolos con un cuchillo, de forma de dejar la sección de la raíz de 15 cm de largo.

3) Cubrir el lado distal de la sección de 15 cm con una película de PVC (plástico de cloruro de polivinilo) para mantener la humedad y evitar que el deterioro fisiológico comience desde esta superficie (Fig. 3). De esta forma la deterioración se desarrollará solamente desde el extremo proximal.

4) Almacenar las raíces en un lugar protegido del sol y de la lluvia, pero expuesto al aire libre. No se recomienda almacenar en bolsas por los cambios de humedad ambiental que se producen y alteran la reacción postcosecha de las raíces.

5) Evaluar después de tres días de almacenamiento para evitar la contaminación microbial que podría presentarse si la evaluación se hiciera más tarde. La evaluación consiste en lo siguiente:

   a. Cortar transversalmente secciones a los 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 cm a partir del extremo proximal. Se obtendría un total de 7 secciones a evaluarse.

   b. Asignar valores numéricos de acuerdo a una escala de 0 a 10 a la superficie proximal de cada corte. Los valores de la escala corresponden 0 a 0% de la superficie deteriorada; 1 a 10%, 2 a

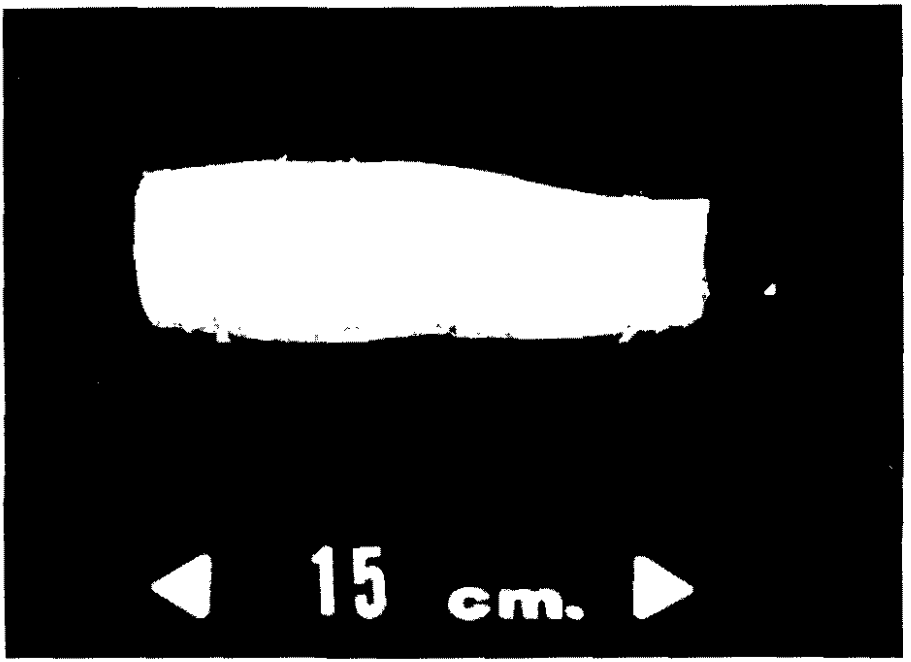


FIGURA 3. SECCION DE UNA RAIZ DE 15 CM DE LARGO, UTILIZADA EN LA EVALUACION DE LA DETERIORACION.

20% y así sucesivamente hasta 10 que corresponde a 100% de la superficie deteriorada. Normalmente se considera el área periférica de los cortes transversales ya que el centro de la raíz raramente se deteriora (Fig. 4 a, b).

La deterioración se inicia desde el extremo proximal de la sección de la raíz con 15 cm de longitud. Las raíces con mayor susceptibilidad al deterioro fisiológico mostrarán las estrías características de esta clase de deterioración hasta las secciones más alejadas del extremo proximal. Las raíces con menor susceptibilidad al deterioro fisiológico mostrarán los síntomas de la deterioración en las secciones cercanas al extremo proximal pero pocos o ningún síntoma en las secciones distantes de dicho extremo.

Es necesario evaluar entre 10 a 20 raíces de cada tratamiento o variedad y obtener el promedio de la suma total de los valores en las 7 secciones evaluadas. El deterioro máximo posible será de 70 (100% de superficie deteriorada o sea valor 10 de la escala para cada sección); el promedio de la suma total de valores puede por tanto expresarse como un porcentaje (70 = 100%) y esta expresión constituye el "Porcentaje de Deterioración" (Wheatley, 1982).

El Cuadro 1 muestra los resultados típicos obtenidos al aplicar esta metodología de evaluación de la deterioración fisiológica en raíces de dos variedades, MCol 22 y MCol 113. Puede observarse que las raíces de la variedad MCol 22 muestran mayor susceptibilidad a deterioración que las de la variedad MCol 113.

La evaluación de la deterioración tanto fisiológica como microbial requerirá de observaciones de raíces enteras por 1-2 semanas después de la cosecha y se deberá igualmente estandarizar las condiciones requeridas para extrapolar los resultados a situaciones reales.

Causas de la deterioración fisiológica

Los mecanismos responsables de la deterioración fisiológica de las raíces han sido poco estudiados, pero en los últimos años las investigaciones sobre este tópico han permitido aumentar los conocimientos que sugieren se trata de reacciones bioquímicas bastante complejas.

Tratamientos aplicados a las raíces después de la cosecha tales como inmersión en agua caliente (Averre, 1967), conservación a bajas temperaturas (Averre, 1967 ; Montaldo, 1973), almacenamiento en aire con bajo nivel de oxígeno o en un ambiente de gas carbónico (CO_2) (Noon y Booth, 1977) evitan el desarrollo de la deterioración de las raíces y sugieren la participación de enzimas como las peroxidasas (Czyhrinciw y Jaffe, 1951) en el proceso. La actividad total de las peroxidasas se incrementa después de la iniciación de la deterioración de las raíces de yuca (Marriott et al.,1980).

Algunas condiciones ambientales tales como la temperatura y la humedad relativa afectan la deterioración fisiológica, especialmente con la presencia de daños mecánicos (Marriott et al., 1978, 1979). Raíces de yuca con

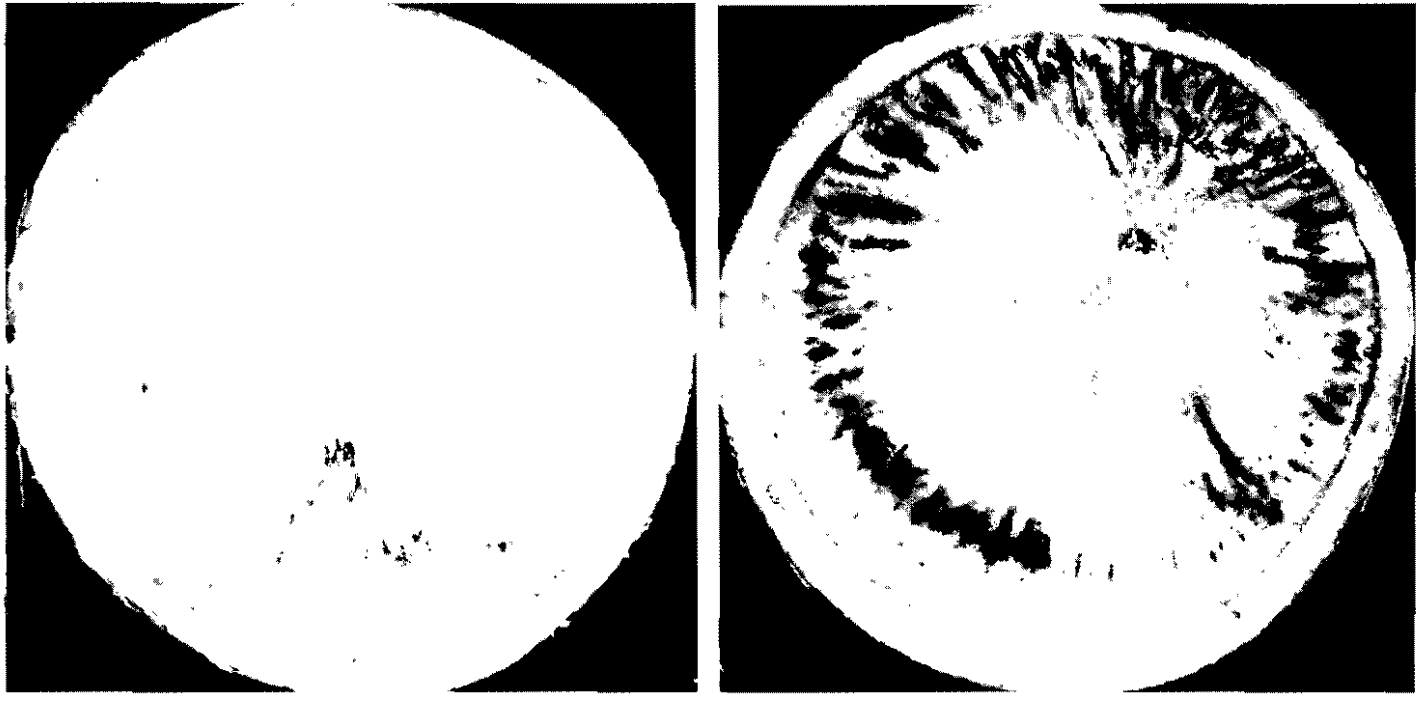


FIGURA 4. CORTES TRANSVERSALES DE RAICES DE YUCA MOSTRANDO GRADOS DE 2 (A) Y 10 (B) DE DETERIORACION FISIOLOGICA.

Cuadro 1. Comparación de la susceptibilidad a la deterioración fisiológica en raíces de dos variedades de yuca.

Cultivar	Días después de cosecha	Distancia del extremo proximal en cm							Porcentaje de deterioración
		2	4	6	8	10	12	14	
MCol 22	1	0[1/]	0	0	0	0	0	0	0
	2	9	9	8	7	6	3.5	1.75	63.2
	3	10	10	9.75	9.5	8.75	8	5.50	87.9
	4	9.75	9.75	7	6.75	5.75	4.75	2.25	62.5
MCol 113	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	4	3.5	2.25	0	0	0	0	13.9
	3	8	4.75	1.50	0.25	0	0	0	20.7
	4	7	3.75	2.50	1.75	1.75	1.75	0	28.9

[1/] Promedio de secciones de 4 raíces evaluadas sobre una escala de 0 a 10.

daños mecánicos mantenidas en un ambiente de baja humedad (65-80%) se deterioran más rápidamente que las mantenidas en un ambiente saturado de humedad (100% humedad relativa). La respiración de los tejidos se mantuvo a un nivel más alto en un ambiente de baja humedad. Estos resultados demuestran los efectos críticos de la pérdida de agua resultante de los daños mecánicos en las raíces.

Estudios citológicos y observaciones con el microscopio electrónico han demostrado que los cambios de coloración constituyen una respuesta de los tejidos de la raíz a daños o heridas que no quedan localizadas sino que se extienden rápidamente a lo largo de la raíz (Rickard, 1982). La respuesta inicial se manifiesta como una oclusión de los haces xilógenos y la producción de compuestos fluorescentes en el parénquima. Las oclusiones contienen carbohidratos, lípidos y compuestos parecidos a la lignina. En las etapas iniciales se encuentran además fenoles libres, leucoantocianinas y catequinas en los haces xilógenos del parénquima. Los pigmentos parecen ser taninos condensados derivados de estos compuestos (Rickard, 1982).

El compuesto con mayor fluorescencia ha sido identificado como escopoletina, una cumarina (Rickard, 1982; Wheatley, 1982), el cual se encuentra en muy bajas concentraciones en las raíces frescas pero aumenta considerablemente (de < 1.0 a > 250 µg/g de materia seca) a las 24 horas después de la cosecha (Wheatley, 1982). Este drástico incremento permite visualizar la escopoletina en los tejidos mismos bajo luz ultravioleta debido a su fluorescencia. La aplicación de la escopoletina en tejidos frescos induce rápidamente los síntomas de deterioración fisiológica. Las raíces resistentes a la deterioración fisiológica acumulan menos escopoletina que las raíces susceptibles (Wheatley, 1982).

A pesar del avance en el conocimiento de la deterioración postcosecha aún no se han podido identificar los mecanismos bioquímicos que conducen a la formación de escopoletina y la aparición de deterioración.

Factores que afectan la susceptibilidad a la deterioración fisiológica

a. Diferencias varietales

Evaluaciones de la susceptibilidad al deterioro fisiológico de distintas variedades de yuca han mostrado una amplia diferencia (Montaldo, 1973; Pereira, 1977; CIAT, 1976, 1977; Lozano et al., 1978). De 65 cultivares evaluados Montaldo (1973) encontró que 2 no mostraban deterioro a los 7 días después de la cosecha, 11 mostraron deterioro mínimo, 45 presentaron susceptibilidad intermedia y 7 fueron muy susceptibles. Las evaluaciones del banco de germoplasma del CIAT de la durabilidad de las raíces 7 días después de cosechadas han mostrado igualmente un amplio rango de valores para las dos clases de deterioración (CIAT, 1976, 1977). En estos estudios se ha encontrado una correlación positiva entre el contenido de materia seca de las raíces y el grado de deterioración, lo cual dificulta el mejoramiento genético de ambas características simultáneamente.

Además de la variación inter-varietal existen variaciones intra-varietales. La Figura 5 muestra los resultados de las evaluaciones de 4 variedades efectuadas en el CIAT en el período 1979-1980. Se observa que el porcentaje de deterioración en las raíces de la variedad MCol 22 varía desde menos de 20% hasta más de 90%, lo cual demuestra que esta variedad podría ser susceptible o resistente según las condiciones de cosecha. También las otras tres variedades, normalmente consideradas como resistentes, resultaron a veces susceptibles. Por lo tanto, mientras los factores genéticos no sean los únicos que determinen la susceptibilidad o resistencia de una variedad dada, es difícil expresar el grado de susceptibilidad absoluta de las variedades de yuca estudiadas.

b. Condiciones edafoclimáticas (ecosistemas)

Evaluaciones de deterioración postcosecha de varios cultivares en cinco lugares de Colombia con diferentes condiciones edafoclimáticas han demostrado el efecto de estas condiciones sobre la susceptibilidad a la deterioración (Cuadro 2). El porcentaje de deterioración de cada variedad fue significativamente diferente en los lugares estudiados. Mientras que en CIAT-Palmira y en Popayán se observó un amplio rango del grado de deterioración entre las variedades evaluadas, el nivel de deterioro de cada variedad fue considerablemente menor en la Costa Norte y todas las variedades se comportaron como resistentes al deterioro en Carimagua. Observaciones de las raíces aún a los 6 días después de la cosecha en Carimagua no variaron los resultados de las evaluaciones a los 3 días.

En este estudio se encontró una correlación positiva entre la materia seca de las raíces y la deterioración fisiológica solamente en CIAT y Popayán, los dos lugares en donde hubo alto grado de deterioración de las raíces (Cuadro 3). Sin embargo, la correlación no fue significativa en los otros tres lugares en donde el grado de deterioración fue mínimo.

Aunque un determinado cultivar o variedad puede considerarse susceptible o resistente a la deterioración de las raíces en un lugar determinado, su comportamiento puede variar en el transcurso del año posiblemente como consecuencia de los cambios de las condiciones climáticas. El Cuadro 4 muestra los resultados de las evaluaciones de 6 variedades (3 locales o nativas y 3 foráneas) en Popayán; las variedades locales mostraron mayor susceptibilidad a la deterioración postcosecha que las variedades foráneas y la deterioración fue mayor en Septiembre que en las otras épocas de cosecha.

Observaciones realizadas en el transcurso de estos estudios indicaban que las plantas de variedades más afectadas por los llamados factores negativos a la producción (FNP) (Lozano et al., 1980) tales como ataques de insectos, enfermedades, sequía, etc., presentaban un mayor nivel de defoliación pero eran más resistentes a la deterioración fisiológica de las raíces (Wheatley, 1982). Estas evidencias indirectas implican que los FNP que durante los períodos previos a la cosecha producen defoliación de las plantas y consecuentemente reducciones de la producción de raíces y del contenido de materia seca de las mismas, inducen por otro lado resistencia

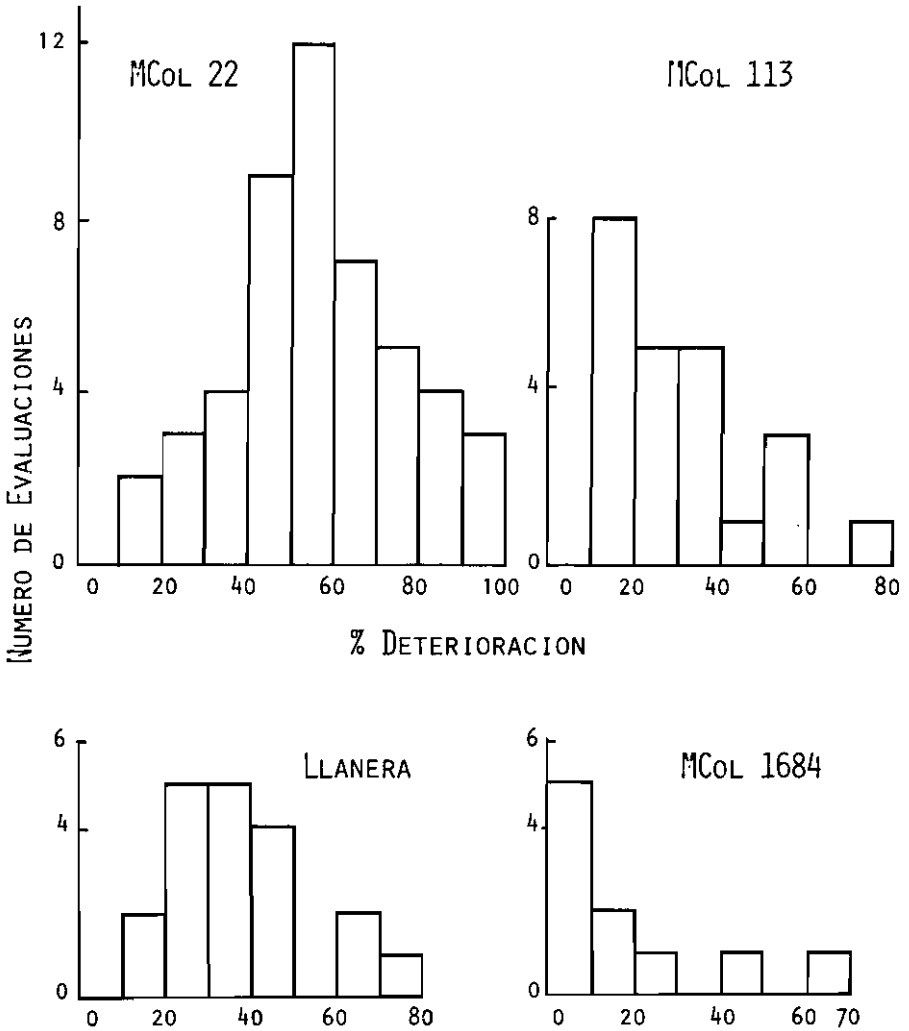


FIGURA 5. RESULTADOS DE EVALUACIONES DE DETERIORACION HECHAS EN EL CIAT ENTRE 1979 Y 1980 EN CUATRO VARIEDADES DE YUCA.

Cuadro 2. Resultados representativos de las evaluaciones de deterioración en cinco lugares de Colombia (1980).

Cultivar	CIAT-Palmira (Valle del Cauca)	Popayán (Cauca)	Media Luna (Costa Norte)	Caribia (Costa Norte)	Carimagua (Llanos Orientales)
			% de deterioración		
MCol 22	90.1	3.8	1.4	1.7	0.0
MCol 72	50.2	2.3	1.4	1.1	4.0
MCol 1684	12.7	3.6	1.3	6.5	1.6
MPan 19	5.7	30.9	2.5	26.9	0.1
CM 305-122	69.9	62.9	3.7	2.9	0.3
CM 305-120	32.4	9.3	1.8	1.7	0.0
MVen 77	3.0	24.7	1.6	6.9	0.3
MPan 114	2.1	5.9	0.4	1.0	0.0
Sata Dovio 1/	12.6	72.0	2.7	0.2	0.0
Secundina 2/	58.6	- 3/	1.9	24.0	- 3/

1/ Variedad local de Popayán.

2/ Variedad local de la Costa Norte.

3/ No produjo raíces.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre deterioración y contenido de materia seca en diferentes lugares.

Lugar	n	Coeficiente de correlación, r	Nivel de significancia
CIAT-Palmira	26	0.68	0.1%
Popayán	23	0.56	1.0%
Media Luna	26	0.34	ns
Caribia	25	0.37	10.0%
Carimagua	23	0.26	ns

Cuadro 4. Efecto de la época de cosecha de seis variedades de yuca sobre la deterioración de las raíces - Popayán, 1980.

Variedad	Mes de cosecha			
	Marzo	Abril	Julio	Septiembre
	% de deterioración			
Amarilla (local)	7.7	10.1	82.6	84.1
Negrita (local)	1.9	31.9	34.3	80.7
CMC-92 (local)	3.6	11.1	33.3	78.6
MMex 59	- 1/	6.3	2.1	6.0
MCol 22	-	-	4.0	0.0
MCol 1684	-	-	3.9	2.9

1/ Raíces insuficientes para realizar la evaluación.

a la deterioración fisiológica de las raíces. Ensayos con plantas defoliadas manualmente han ratificado esta teoría.

c. Efecto de la poda de la parte aérea

En muchas zonas productoras de yuca de América Latina las raíces de yuca se suelen vender en los mercados adheridas aún a la parte inferior del tallo de las plantas como una práctica que ayuda a conservar las raíces por más tiempo. Ensayos realizados en el CIAT han demostrado que la poda de la parte aérea de la planta antes de la cosecha reduce el nivel de deterioración fisiológica después de la cosecha. Cuando el período entre la poda y la cosecha fue solo de una o dos semanas, las raíces cosechadas y mantenidas adheridas al tallo se deterioraron menos que las raíces sueltas, pero cuando el período fue de tres semanas las raíces mantenidas en una u otra forma fueron muy resistentes a la deterioración. Estos cambios se observaron en cinco variedades y la susceptibilidad a la deterioración de las raíces procedentes de plantas sin podar no tuvo relación con la de las raíces de las plantas podadas. Las raíces de las variedades MCol 1807 y MCol 22 (Figura 6) fueron las más susceptibles al deterioro antes y las más resistentes después de la poda (Lozano et al., 1978). Estos resultados se pueden relacionar con los de la sección (b), la poda siendo una defoliación severa y rápida.

Recientemente se ha demostrado que el efecto de la poda sobre la disminución a la deterioración fisiológica puede prolongarse hasta 9 semanas después de la poda, pero se reduce la cantidad de almidón de las raíces, debido a la utilización de las reservas radiculares para sostener el rebrote de las plantas (Wheatley, 1982). Es necesario por tanto complementar el proceso de la poda con la aplicación de inhibidores del rebrote vegetativo de las plantas. Además de la reducción del almidón, la textura y calidad culinaria de las raíces son inferiores al de las raíces de plantas sin podar. La poda de las plantas antes de la cosecha mejora la resistencia a la deterioración fisiológica pero afecta adversamente la calidad de las raíces. Se requieren, por tanto, más estudios para determinar las condiciones adecuadas para mantener la calidad de las raíces.

Técnicas de conservación y almacenamiento de las raíces de yuca

Hasta la fecha no existe una técnica universal para conservar y almacenar las raíces de yuca a un nivel comercial; las técnicas más sofisticadas de refrigeración tienen sus limitaciones debido a su alto costo; técnicas más sencillas y menos costosas han demostrado sus ventajas y resultados satisfactorios a escala experimental pero ninguna ha sido generalizada en la práctica. El siguiente es un resumen de algunas técnicas reportadas para conservar las raíces después de la cosecha.

a) Sistemas tradicionales de almacenamiento. A menudo el agricultor reduce los riesgos de deterioración de las raíces mediante la cosecha progresiva y escalonada según la demanda del mercado o de acuerdo a las necesidades de autoconsumo. Esta práctica se emplea generalmente a nivel de pequeñas areas ya que en extensiones mayo-

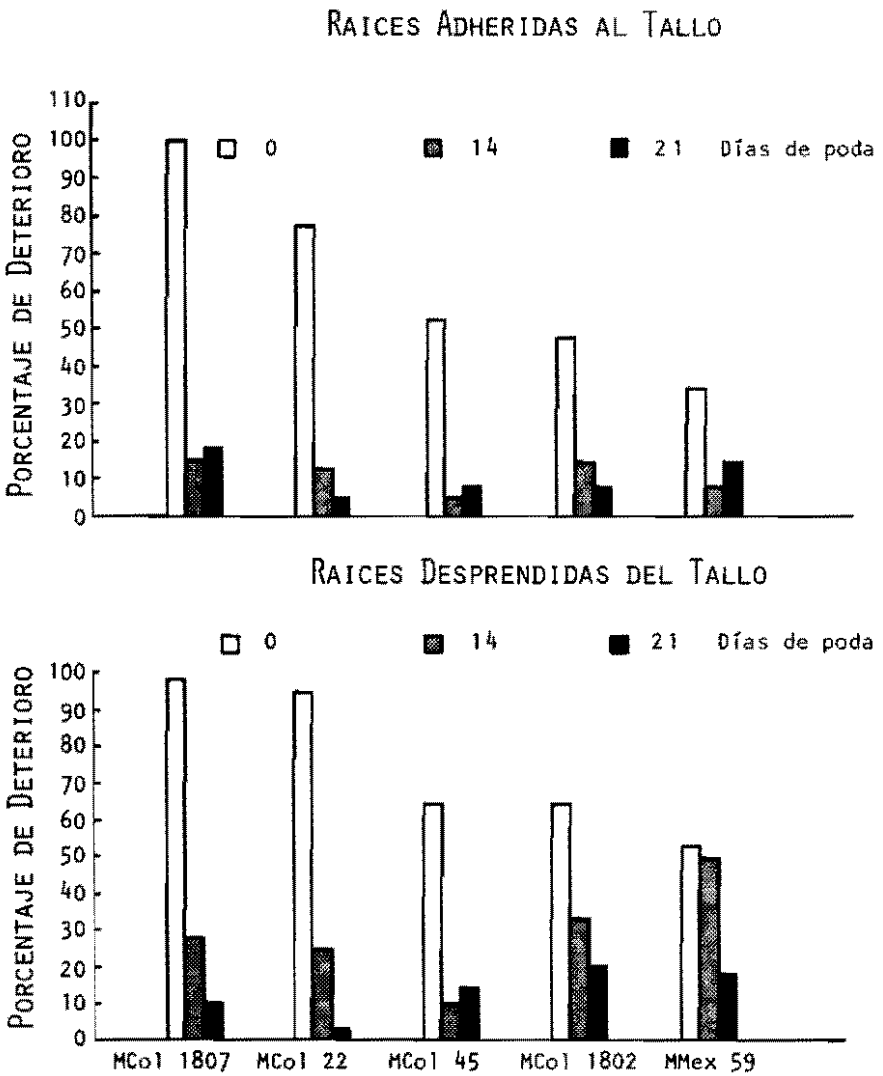


FIGURA 6. DETERIORACION DE RAICES DE 5 VARIEDADES DE YUCA PODADA 0, 14, 21 DIAS ANTES DE LA COSECHA Y ALMACENADA DURANTE 20 DIAS.

res implica la inadecuada utilización de la tierra (Ingram y Humphries, 1972; Rickard y Coursey, 1981). En algunos lugares las raíces son almacenadas en montones cubiertos de tierra y mantenidos húmedos.

b) Silos, cajas y envases. Silos de tierra y paja usados para conservación de papas han sido ensayados con raíces de yuca; 300-500 kg de raíces de yuca colocadas sobre una base de paja y cubiertas con paja y tierra con una adecuada ventilación y con una fosa de drenaje han sido conservadas satisfactoriamente hasta por ocho semanas. En condiciones adecuadas (temperatura menor de 40°C y buena ventilación) las raíces se curaron con la formación de suberina y las heridas o daños sobre la superficie se cicatrizaron (Booth, 1977). La calidad de las raíces se mantuvo cerca de la normal, observándose una ligera disminución del almidón y un aumento proporcional de azúcares. El método aunque eficiente experimentalmente no ha sido aplicado en la práctica.

El empleo de cajas de madera o de cartón es usado en varios lugares para transportar y conservar raíces de yuca, las cuales se mantienen en un ambiente húmedo utilizando aserrín o tierra humedecidos. Trabajos experimentales usando este tipo de envases han demostrado que aproximadamente un 75% de las raíces poseen una calidad aceptable después de 4 semanas de almacenamiento, pero la demora de un día entre la cosecha y el empaque redujo la cantidad de raíces con buena calidad a 49% (Booth, 1977). Actualmente este sistema, en combinación con temperaturas de almacenamiento menores de 15°C, es usado para exportar raíces de Costa Rica y República Dominicana para mercados de los EE.UU. y de Europa.

Se han reportado resultados satisfactorios al almacenar raíces de yuca en bolsas plásticas (Averre, 1967; Oudit, 1976) y en bolsas de papel con un revestimiento de polietileno después de tratar las raíces con fungicidas (Lozano et al., 1978). Tiempos de almacenamiento por algo más de un mes han sido conseguidos con tratamiento de las raíces con fungicidas; las raíces deben ser protegidas para inhibir el crecimiento de microorganismos que pueden ocasionar la deterioración microbial. Es necesario asegurarse que los productos químicos a usarse estén aprobados como inocuos para alimentación humana.

c) El proceso de parafinado. Raíces sumergidas por un minuto en parafina líquida con 2.2% de un fungicida, secadas y almacenadas a temperatura ambiente pueden ser conservadas por un mes, y talvez por más tiempo, sin observarse una notable reducción del peso de las raíces y conservando una calidad de raíces aceptable. El éxito experimental de este método desarrollado por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas en Bogotá permitió establecer los lineamientos de una planta piloto de parafinado (Zapata y Rivera, 1978), pero no ha tenido aún aplicación práctica.

d) Refrigeración y congelación. Como la deterioración fisiológica es producida por un proceso enzimático, es posible inhibirla mediante el almacenamiento de las raíces a temperaturas bajas.

Las pérdidas son muy bajas cuando las raíces se conservan a 3°C (Czyhrinciw y Jaffe, 1951). Almacenamiento a bajas temperaturas permite conservar las raíces en buenas condiciones, aunque en un caso se ha reportado el desarrollo de un moho azul (Singh y Mathur, 1953) cuando las raíces se conservaron a 0-2°C.

La congelación es un método bastante efectivo para almacenar yuca pues permite evitar ambas clases de deterioración, sin embargo, pueden observarse cambios en la textura y calidad culinaria de las raíces. El proceso de congelación de trozos de yuca en bolsas de plástico se emplea en algunos países para expendio de la yuca en supermercados que cuentan con facilidades para conservar yuca congelada. En general los sistemas de refrigeración y de congelación tienen un uso muy limitado debido a su alto costo.

Conclusiones

Las recientes investigaciones en la deterioración postcosecha de las raíces de yuca han permitido aumentar el conocimiento sobre la deterioración, la cual se trata primordialmente de un proceso enzimático relacionado con el metabolismo de los componentes de la raíz. En todo caso para prevenir o reducir la deterioración es necesario evitar los daños o heridas de las raíces que se pueden producir durante la cosecha o el transporte a los lugares de expendio. Es necesario intensificar los estudios orientados a profundizar en los diferentes aspectos o factores previos a la cosecha que puedan reducir la susceptibilidad de las raíces a la deterioración fisiológica.

En cuanto a los tratamientos postcosecha todos buscan impedir la pérdida de humedad de las raíces para mantener su calidad. El proceso de curación de las raíces requiere normalmente de un ambiente húmedo el cual también favorecería el crecimiento de microorganismos que podrían aumentar las posibilidades de deterioración microbial. Un sistema de conservación debe permitir el mantenimiento de la calidad de las raíces por períodos de relativamente larga duración (2 ó más semanas) y debe prevenir ambas clases de deterioración. Paralelamente y quizás el aspecto más importante es que los sistemas de conservación sean económicamente factibles y fáciles de aplicar.

BIBLIOGRAFIA

Averre, C.W. 1967. Vascular streaking of stored cassava roots. Proceedings of the First International Symposium of Root and Tuber Crops, Trinidad. 2:31-35.

Booth, R.H. 1974. Post-harvest deterioration of tropical root crops : losses and their control. Tropical Science.16:49-63.

Booth, R.H. 1976. Storage of fresh cassava. I - Post-harvest deterioration and its control. Experimental Agriculture. 12:103-111.

Booth, R.H. 1977. Storage of fresh cassava (Manihot esculenta) II - Simple storage techniques. Experimental Agriculture. 13:119-128.

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

CIAT. 1977. Annual Report. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Cock, J.H., A.M. Castro and J.C. Toro. 1978. Agronomic implications of mechanical harvesting. In Weber, E.J., J.H. Cock and A. Chouinard (Ed.) Cassava harvesting and processing : Proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 24-28 April 1978. Ottawa, International Development Research Centre, IDRC-114e, pp.60-65

Czyhrinciw, N. and W. Jaffe. 1951. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tubérculos. Archivos Venezolanos de Nutrición. 2:49-67.

F.A.O. 1981. 1980 Production Yearbook. Vol.34, FAO, Rome.

Hunt, L.A., D.W. Wholey and J.H. Cock. 1977. Growth Physiology of Cassava (Manihot esculenta Crantz). Field Crop Abstracts. 30:77-91.

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

Lozano, J.C., J.H. Cock and J. Castaño. 1978. New developments in cassava storage. In Brekelbaum, T., A. Bellotti and J.C. Lozano (Ed.) Proceedings of the cassava protection workshop held at CIAT, Cali, Colombia,7-12 November, 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Series CE-14. pp.135-142.

Lozano, J.C., D. Byrne and A. Bellotti. 1980. Cassava/Ecosystem relationships and their influence on breeding strategy. Tropical Pest Management, 26:180-187.

Marriott, J., B.O. Been and C. Perkins. 1978. The aetiology of vascular discolouration in cassava roots after harvesting : association with water loss from wounds. Physiologia Plantarum. 44:38-42.

Marriott, J., B.O. Been and C. Perkins. 1979. The aetiology of vascular deterioration in cassava roots after harvesting : development of endogenous resistance in stored roots. Physiologia Plantarum. 45:51-56.

Marriott, J., R.A. Plumbley and J.E Rickard. 1980. Physiological aspects of the storage of cassava and other tropical root crops. In Hurd, R.G., P.V. Biscoe and C. Dennis (Ed.) Opportunities for increasing crop yields. Pitman, London. pp.363-375.

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

Noon, R.A. and R.H. Booth. 1977. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. Transactions of the British Mycological Society. 69: 287-290.

Oudit, D.D. 1976. Polythene bags keep cassava tubers fresh for several weeks at ambient temperature. Journal of the Agricultural Society, Trinidad and Tobago. 76:63-66.

Passam, H.C. and R.A. Noon. 1977. Deterioration of yams and cassava during storage. Annals of Applied Biology. 85:436-440.

Pereira, J.F. 1977. Fisiología de la yuca. Universidad del Oriente, Jusepín, Monagas, Venezuela. 123 p.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-020e. 182 p.

Rickard, J.E. 1982. Investigation into post-harvest behaviour of cassava roots and their response to wounding. Ph.D. Thesis, University of London. 161 p.

Rickard, J.E. and D.G. Coursey. 1981. Cassava storage-Part 1, Storage of fresh cassava roots. Tropical Science. 23:1-32.

Sing, K.K. and D.B. Mathur. 1953. Cold Storage of tapioca roots. Bulletin of the Central Food Technological Research Institute, Mysore. 2:181-182.

Wheatley, C.C. 1982. Studies on Cassava (Manihot esculenta Crantz) root post-harvest phisiological deterioration. Ph.D. Thesis, University of London. 246 p.

Zapata, L.E. and H. Riveras. 1978. Preservación de la yuca fresca. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogotá, Colombia. Tecnología 115:9-20.

PROCESAMIENTO DE LAS RAICES DE YUCA PARA ALIMENTACION ANIMAL

Rupert Best *
Guillermo Gómez **

Introducción

La producción mundial de yuca asciende a 122 millones de toneladas de raíces frescas (FAO, 1981), que representa un aumento del 16 por ciento comparada con la producción estimada en 1975. La yuca es producida en las regiones tropicales de Africa, Asia y América Latina, las cuales contribuyen con 39, 36 y 25 %, respectivamente, de la producción mundial (FAO, 1981).

Las raíces de yuca constituyen una fuente alimenticia básica en la alimentación humana y son usadas en muy variadas formas (cocidas en agua, horneadas, fritas, etc.), o como pastas o harinas ("gari" y "fufu" en Africa y "farinha" en Brasil y otros países de América Latina). Se ha estimado (Phillips, 1974) que las raíces de yuca contribuyen en 39, 12 y 7% de los requerimientos o necesidades calóricas de las poblaciones en Africa, América Latina y el Lejano Oriente, respectivamente. Aunque estos datos pueden ser algo diferentes en el presente, sugieren sin embargo, que la yuca tiene una mayor importancia como alimento para humanos en Africa que en Asia y América Latina. En estas últimas regiones, otros usos alternativos de las raíces están adquiriendo una creciente importancia.

La extracción de almidón, la producción de alcohol carburante (especialmente en Brasil) y el mercado de alimentos para animales son los principales usos alternativos de las raíces de yuca, especialmente en América Latina y Asia (Weber, et al., 1978). El Mercado Común Europeo ha aumentado las importaciones de yuca, principalmente en la forma de pelets o granulados, de 2 millones de toneladas en 1975 a prácticamente 6 millones de toneladas en 1978 (Anonymous , 1977; Thanh et al., 1979).

El mercado de alimentos balanceados para animales del Mercado Común Europeo es el consumidor más importante de la yuca producida en Tailandia, y en menor grado en Indonesia. Los alimentos balanceados en Europa incluyen niveles de harina integral de yuca en rangos de 15-35, 15-25 y 10-12 % de las raciones para cerdos, vacunos y aves, respectivamente; la demanda total más importante es el sector de la producción porcina (Anonymous, 1977).

Las perspectivas de aumentar el uso de las raíces de yuca en alimentación animal en los países productores de yuca, especialmente en América Latina, son bastante halagadoras por las siguientes razones: La creciente demanda por carne de pollo, y en menor grado de cerdo, observada durante las últimas dos décadas; las perspectivas de crecimiento de la producción de estas especies para cubrir la demanda de sus productos; el consecuente desarrollo de la industria de alimentos balanceados; la insuficiente pro-

* Científico Visitante de la Sección de Utilización, Programa de Yuca.
** Jefe de la Sección de Utilización, Programa de Yuca.

ducción de granos de cereales, especialmente sorgo, para abastecer la demanda, lo cual conduce a continuas importaciones subsidiadas; y la factibilidad de reducir los costos de producción de yuca usando tecnología mejorada que podría colocar a la yuca a precios competitivos para la alimentación de aves y cerdos (Pachico, 1980).

La producción avícola representa la demanda más importante para alimentos balanceados en América Latina y en algunas regiones de varios países la producción intensiva o comercial de cerdos está tomando mucho auge. Para abastecer la demanda de estos mercados, las raíces de yuca deben de ser procesadas para ser secadas, reduciendo su contenido de humedad de alrededor del 65% a niveles inferiores al 14%, punto en el cual el producto seco es estable y de fácil manejo.

El proceso de secado de la yuca

Las operaciones requeridas para el secado de los trozos de yuca son esquemáticamente presentadas en la Figura 1, en la cual se incluyen además los pasos adicionales para la molienda y el peletizado de la yuca seca.

Las raíces de yuca cosechadas en épocas secas y/o de suelos arenosos tienen muy poca tierra adherida a su superficie y frecuentemente no requieren ser lavadas antes de ser picadas. Sin embargo, la cosecha en época de lluvias y/o de terrenos húmedos acarrea consigo gran cantidad de tierra que reduciría el valor nutritivo del producto seco, por su alto contenido de cenizas y especialmente de sílice; en estas circunstancias se hace necesario lavar las raíces antes de ser picadas y esta operación puede realizarse sumergiendo las raíces en un pozo o tanque con agua o, de ser posible, usando chorros de agua a presión. Para la alimentación animal no es necesario quitar la cascarilla, ni la cáscara de las raíces de la yuca.

Con el fin de acelerar la tasa de secamiento y así producir un producto de buena calidad, las raíces se deben cortar en trozos de tamaño uniforme para aumentar el área de la superficie expuesta al aire de secado. Existen varios modelos de picadoras de yuca y la selección del modelo más apropiado dependerá de la escala de operación de la planta de procesamiento.

Los métodos de secado de los trozos de yuca pueden clasificarse según el nivel de sofisticación tecnológica y costo, de la siguiente manera: 1. secado continuo artificial en secadores rotatorios o de transportador, 2. secado por tanda en secadores de cama estática usando aire forzado y 3. secado natural sobre pisos de cemento o bandejas. La elección del método dependerá, en gran parte, de la cantidad de yuca a secarse, la disponibilidad de capital y el costo de mano de obra, así como la disponibilidad o no de fuentes de energía relativamente baratas. Se presentarán más detalles sobre los métodos de secado antes mencionados en la siguiente Sección.

Una vez secos los trozos, existen tres alternativas para su manejo, éstas son: 1. Que simplemente se empaquen los trozos para luego almacenarlos; 2. que los trozos de yuca se muelan en un molino de martillos, con el fin de aumentar la densidad del producto y así reducir los costos de

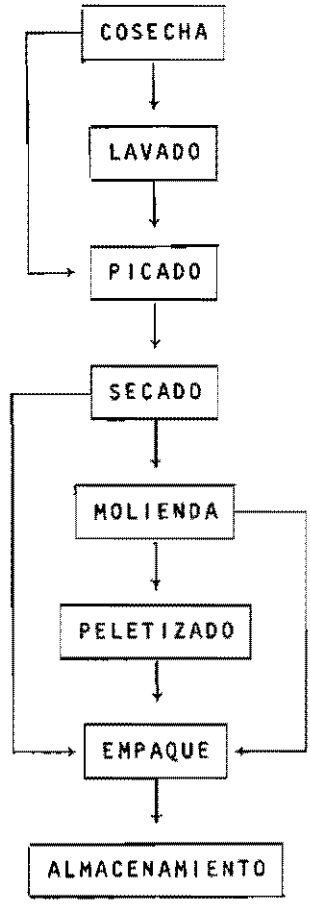


FIGURA 1. ESQUEMA DEL SECADO, MOLIENDA Y PELETIZADO DE LA YUCA

transporte; 3. en el caso que las plantaş de procesamiento estén muy alejadas de los centros de consumo del producto es recomendable considerar el proceso de peletización que aumenta aûn más la densidad del producto y facilita su manejo.

El empaque de los trozos de yuca seca y los pelets se hace en costales tejidos de yute o polietileno, mientras la harina de yuca requiere sacos de algodón o empaques multilaminares. Si es necesario almacenar los trozos durante un perîodo prolongado es aconsejable verificar el grado de absorción de humedad y la formación de moho. Además se deben tomar las precauciones del caso para evitar los daños causados por roedores e insectos, teniendo en cuenta el peligro de usar venenos e insecticidas con efectos residuales.

Los estándares de calidad para los pelets, los trozos secos o la harina de yuca están basados en sus contenidos de almidón, humedad, fibra, cenizas y cianuro. Las especificaciones para los productos de yuca secos de buena calidad son las siguientes:

Almidón (mînimo)	62%
Fibra cruda (máximo)	5%
Cenizas o arena (máximo)	3%
Humedad (máximo)	14%
Acido cianhîdrico (máximo)	100 ppm

Métodos de secado

a) Secado continuo artificial. Existen dos tipos principales de secado artificial que son apropiados para la yuca, secadores rotatorios y secadores de transportador. En el secador rotatorio el producto húmedo se hace girar en una câmara cilîndrica por la que pasa aire caliente mientras el producto se mantiene en agitación. La câmara cilîndrica de acero se monta sobre rodillos quedando ligeramente inclinada. La superficie interior de la câmara se halla provista de aletas batidoras que remueven el producto al girar la câmara, haciendo que el producto caiga a través de la corriente de aire caliente que pasa por el cilindro. El producto húmedo se introduce de manera continua por el extremo más levantado del cilindro y el producto seco se extrae por un rebosadero o tope dispuesto en el extremo más bajo del cilindro. El aire puede fluir concurrentemente o a contracorriente respecto a la dirección del movimiento de los sólidos. Debido al mezclado se consiguen altas velocidades de evaporación y un grado de desecación uniforme. El secador de transportador consiste en un tûnel que puede tener hasta unos 24 m de longitud. El producto húmedo es conducido a través del sistema sobre una cinta transportadora y el movimiento del aire puede ser concurrente o contracorriente a la dirección del movimiento del producto. El sistema más comûnmente usado en la práctica es el flujo vertical en el que el aire atraviesa la cinta transportadora y la capa del producto. Se consiguen altas velocidades de desecación debido a la superficie relativamente grande expuesta al aire de secado y al întimo contacto del aire y el producto.

Algunos fabricantes de secadores para yuca son los siguientes:

Secadores rotatorios

. Adolf Hubrich
Maschinenbau
2000 Hamburg 1
Kirchenallee 25
Alemania Occidental
Teléfono 249992

. Buell Limited
George Street Parade
Birmingham B3 1AA
Inglaterra
Teléfono 021 236 5391
Télex 338958

Secadores de transportador

. A.P.V. Mitchell (Dryers) Ltd.
Denton Holme
Carlisle CA2 5DU
Inglaterra
Teléfono 34433
Télex 64139

. Industrias Máquina D'Andrea S/A
Rua General Jardim 645
01223 Sao Paulo
Brasil
Teléfono 255-6177
Télex 1124499 CAMB BR.

b) Secado por tanda en secadores de cama estática. Este método de secado consiste básicamente en el paso de un flujo uniforme de aire a través de una capa de producto de 100 a 300 mm de espesor. El secador es un compartimiento de construcción simple de ladrillo o madera el cual tiene un piso falso de lámina perforada sobre el que descansa el producto. Para que el secado sea uniforme es preciso rastrillar o voltear el producto. Los principales inconvenientes de este tipo de secador son los largos tiempos de secado, aunque es el método más comúnmente utilizado a nivel de finca para secar granos y algunos forrajes. Debido a la elevada humedad inicial de ciertos cultivos como la yuca se puede aprovechar al máximo la capacidad secadora del aire usando un sistema en el cual la corriente de aire es reversible, es decir, el aire caliente se pasa primero por un compartimiento y luego por el segundo. La dirección de la corriente de aire se invierte al descargar y recargar el primer compartimiento para que el segundo reciba el aire seco y termine de secarse. El desarrollo del secado en camas estáticas para productos agrícolas se ha realizado principalmente en el Centro Nacional de Treinamento en Armazenagem, Brazil (Sinicio y Roa, 1980) y actualmente la aplicación del método, para el caso de la yuca, se está perfeccionando en el CIAT.

c) Secado natural sobre pisos de cemento y en bandejas. En el secado sobre pisos de cemento los trozos de yuca se esparcen uniformemente sobre la superficie, empleando un rastrillo de madera como el que aparece en la Figura 2. Para obtener un secamiento uniforme se voltean los trozos a intervalos de dos horas o menos, usando el rastrillo que aparece en la Figura 3. Por la noche o antes de que llueva se recogen los trozos de yuca con garlanchas de madera (Figura 4), y se cubren con plástico o lona. El secado en bandejas inclinadas permite acelerar el período de secado, logrado por la acción adicional de la circulación de aire a través de los trozos. Las bandejas están construidas con un marco de madera cuya base está formada por una malla de gallinero de 1" y una malla plástica fina (Figura 5).

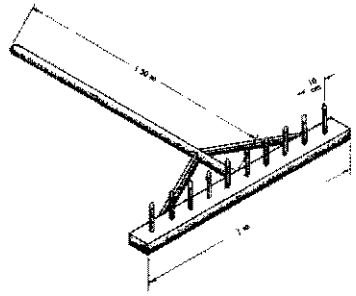


FIGURA 2. RASTRILLO DE MADERA PARA ESPARCIR LOS TROZOS DE YUCA SOBRE EL PISO DE CONCRETO.

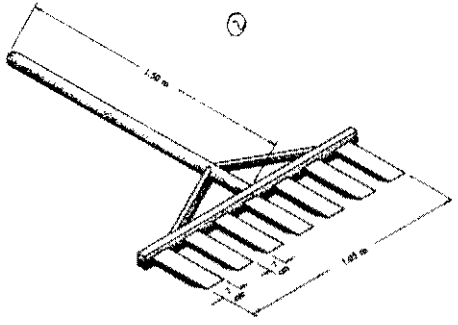


FIGURA 3. RASTRILLO DE MADERA PARA VOLTEAR LOS TROZOS DE YUCA SOBRE EL PISO DE CONCRETO.

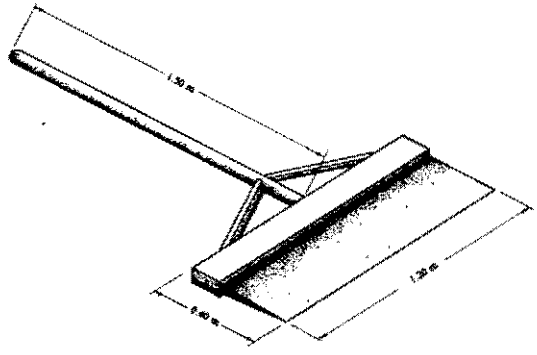


FIGURA 4. PALA DE MADERA PARA RECOGER LOS TROZOS DE YUCA.

Las bandejas se colocan en ángulo entre 25 y 30°, sobre dos hileras de postes y barandas de bambú a fin de aprovechar al máximo la dirección del viento (Figura 6). Antes de que llueva se apilan las bandejas horizontalmente, una encima de la otra y se cubre la bandeja superior con lona o con lámina de hierro corrugado (Figura 7). La bandeja inferior va colocada sobre dos postes de bambú que la mantienen por encima del nivel del terreno. Una de las ventajas del secado en bandejas sobre el secado en piso es la posibilidad de aprovechar las horas de la noche para iniciar el secado en las épocas en que no llueva.

Teoría de secado

En esta sección se pretende hacer algunas consideraciones sobre los aspectos teóricos del secado de productos agrícolas mediante el aire caliente, con énfasis en el secado de los trozos de yuca.

a. Terminología

1. Contenido de humedad. El contenido de humedad de un producto se expresa sobre la base del peso húmedo, es decir, masa de agua por unidad de masa de producto húmedo.

Ecuación A $$C = \frac{Ma}{Ma + Ms} \times 100$$

Donde,
C = Contenido de humedad, %.
Ma = Masa de agua, g.
Ms = Masa de componentes sólidos secos, g.
Ma + Ms = Masa total del producto, g.

Empleando la Ecuación A se puede determinar las siguientes variables:

1. El contenido de humedad de la yuca fresca.
Ejemplo. Una muestra de 110 g de yuca fresca se seca en un horno hasta que el peso se mantenga constante en 36 g (es decir, se elimine toda el agua, dejando solo los componentes sólidos). Cuál era el contenido de humedad de la yuca fresca ?.

En la Ecuación A, Ms = 36 g y Ma = 110 - 36 = 74 g.

$$C = \frac{74}{74 + 36} \times 100$$

$$= 67.3\%$$

2. El rendimiento de yuca, a secarse a un contenido de humedad determinado.
Ejemplo. Las raíces frescas de una variedad de yuca tienen un contenido de humedad de 65%. Cuánto pesarán 1000 kg de estas raíces al secarse a 14% de humedad ?.

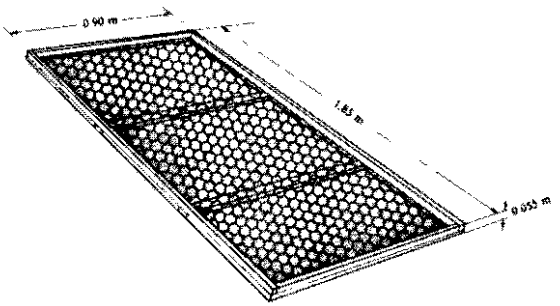


FIGURA 5. BANDEJA DE MARCO DE MADERA CON BASE DE MALLA DE GALLINERO Y ANJEO PLASTICO.

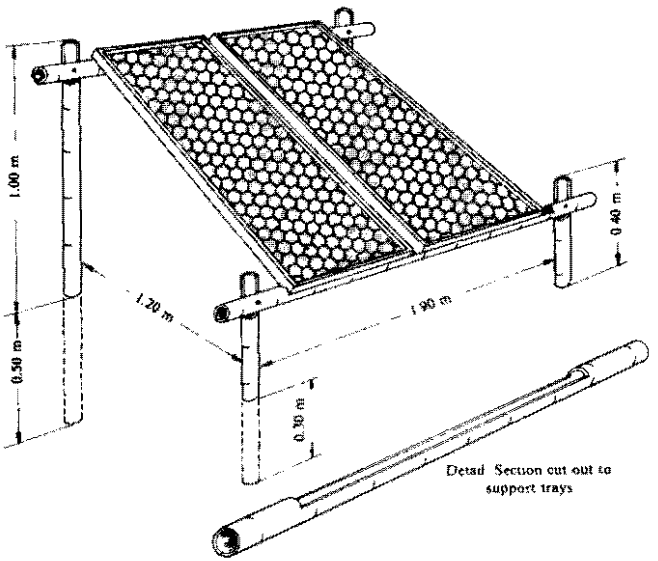


FIGURA 6. MARCO DE BAMBU QUE SIRVE DE SOPORTE A LAS BANDEJAS DE SECAMIENTO.

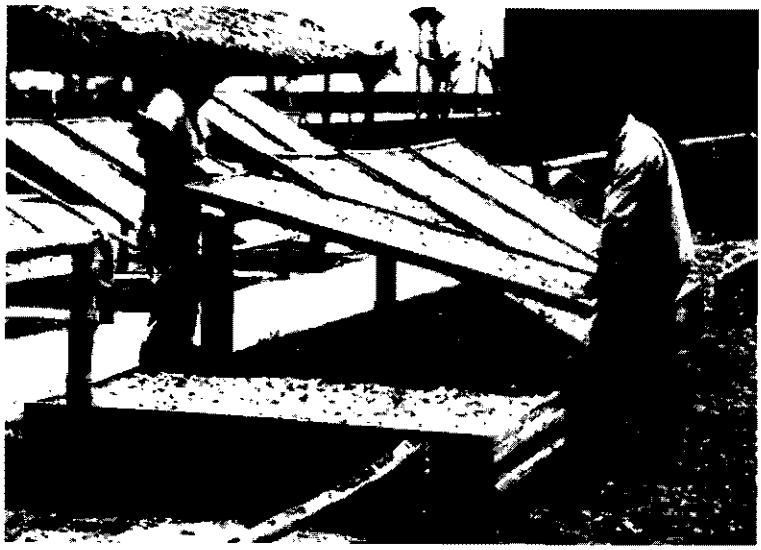


FIGURA 7. BANDEJAS DE SECAMIENTO INCLINADAS CON BASE DE MALLA, QUE SE PUEDEN APILAR EN LA NOCHE O ANTES DE QUE LLUEVA.

Hay que hacer el cálculo en dos etapas:

Etapa 1. Calcular el peso de los componentes sólidos secos en la cantidad original. En la Ecuación A, C = 65% y Ma + Ms = 1000 kg.

$$Ma = \frac{(Ma + Ms)(C)}{100} = \frac{1000}{100} \times 65$$

$$Ma = 650 \text{ kg}$$

$$y \; Ms = 1000 - 650$$

$$Ms = 350 \text{ kg}$$

Etapa 2. Substituir nuevamente en la Ecuación A para determinar la nueva masa de agua en la yuca seca, donde C = 14% y Ms = 350 kg.

$$C = \frac{Ma}{Ma + Ms} \times 100$$

$$14 = \frac{Ma}{Ma + 350} \times 100$$

$$14 \; (Ma + 350) = 100 \; Ma$$

$$Ma \; (100 - 14) = 14 \times 350$$

$$Ma = 57 \text{ kg}$$

Entonces el peso final de la yuca seca, con un contenido de humedad de 14%, será 407 kg.

2. Contenido de humedad de equilibrio. En general cuando un producto orgánico se mantiene en contacto con aire a temperatura y humedad constantes, hasta que se alcance el equilibrio, el producto adquiere un contenido de humedad definido. Este contenido de humedad se denomina contenido de humedad de equilibrio del producto bajo las condiciones especificadas. Es posible medir el contenido de humedad de equilibrio del producto bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad y de esta forma construir curvas que relacionen el contenido de humedad del producto y la humedad de la atmósfera con la que se encuentra en equilibrio, a diferentes temperaturas. Estas gráficas son denominadas esotermas de sorción y en la Figura 8 se presentan curvas características para el caso de la yuca. El conocimiento de las características de sorción de los productos que se van a secar es importante ya que, de hecho, el contenido de humedad de equilibrio es el contenido de humedad más bajo que puede alcanzarse en unas condiciones dadas de temperatura y humedad. También es importante comprender la conducta de la sorción al estudiar la estabilidad durante el almacena-

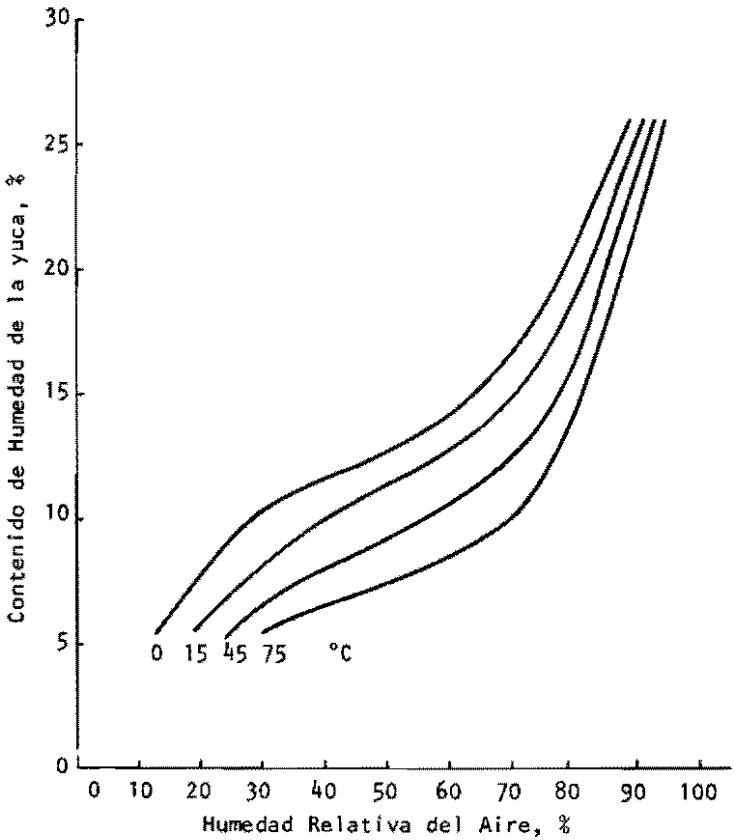


FIGURA 8. ISOTERMAS DE SORCION DE LA YUCA (ROA, 1974).

miento de los productos secos.

b. Factores que afectan el secado de la yuca

Los factores que pueden afectar el tiempo de secado de la yuca son: la geometría (forma y tamaño) de los trozos, la carga de los trozos por unidad de área, la velocidad, temperatura y humedad del aire, así como el contenido de materia seca de los trozos frescos. En secadores de calor artificial todos estos parámetros pueden ser optimizados para minimizar el tiempo de secado y garantizar un producto de buena calidad. En el secado natural donde la fuente de calor es la radiación solar, la velocidad, temperatura y humedad del aire dependen de las condiciones ambientales, sobre las cuales hay poco control. A continuación se examinan cada uno de estos parámetros.

1. Geometría de los trozos. La eliminación del agua en los trozos de yuca se produce por el movimiento del agua desde el interior del sólido a la superficie donde se evapora en la corriente principal del aire de secado. Por lo tanto, la velocidad del secado depende del área total de la superficie de los trozos y de la velocidad a la cual se elimina el aire saturado. El tiempo de secado puede disminuirse picando las raíces de forma que se obtengan trozos regulares y de un tamaño tal que permita mantener una uniformidad estructural y una circulación libre de aire entre los trozos.

La mayoría de las investigaciones que se han realizado acerca de la geometría de los trozos de yuca se relacionan con el secado natural sobre pisos de cemento o bandejas. Según Roa y Cock (1973), se obtienen características óptimas para el secado natural con trozos de yuca en la forma de barras rectangulares de dimensiones de 8 x 8 x 50 mm. Por otro lado, Thanh et al., (1978) secaron trozos de yuca de diferentes formas (circulares, bloques rectangulares, cubos, tiras o astillas y rodajas) y de diferentes dimensiones (espesor 1-5 mm, longitud 10-80 mm y ancho 5-25 mm) sobre piso de concreto o en bandejas y concluyeron que la forma y tamaño influyen mucho en la duración del secado. Ospina y Vasconcellos (1980) compararon tres diferentes formas de geometría, barras rectangulares 10 x 10 x 50 mm, rodajas 10 mm de espesor y cubos 10 x 10 x 10 mm, en pruebas de secado utilizando un secador de cama estática con capas de 100 mm y encontraron que la yuca cortada en forma de cubos presentó la mayor eficiencia de secado.

En la práctica, existen dos modelos de máquina picadora que se usan predominantemente en Malasia y Tailandia. Ambos modelos utilizan una armazón básica similar y la diferencia entre los dos reside en el disco giratorio; en el caso del modelo de Malasia, se requiere un mínimo de 4 cuchillas corrugadas, las cuales son intercambiables, montadas sobre un disco de 10 mm de espesor (Figura 9); en el modelo de Tailandia el disco giratorio de lámina de hierro de 2 mm de espesor es perforado con seis filas de agujeros de 25 mm de diámetro cuyos bordes cortantes permiten obtener trozos de yuca de 4-6 mm de espesor (Figura 10). Los detalles técnicos de los dos modelos están descritos por

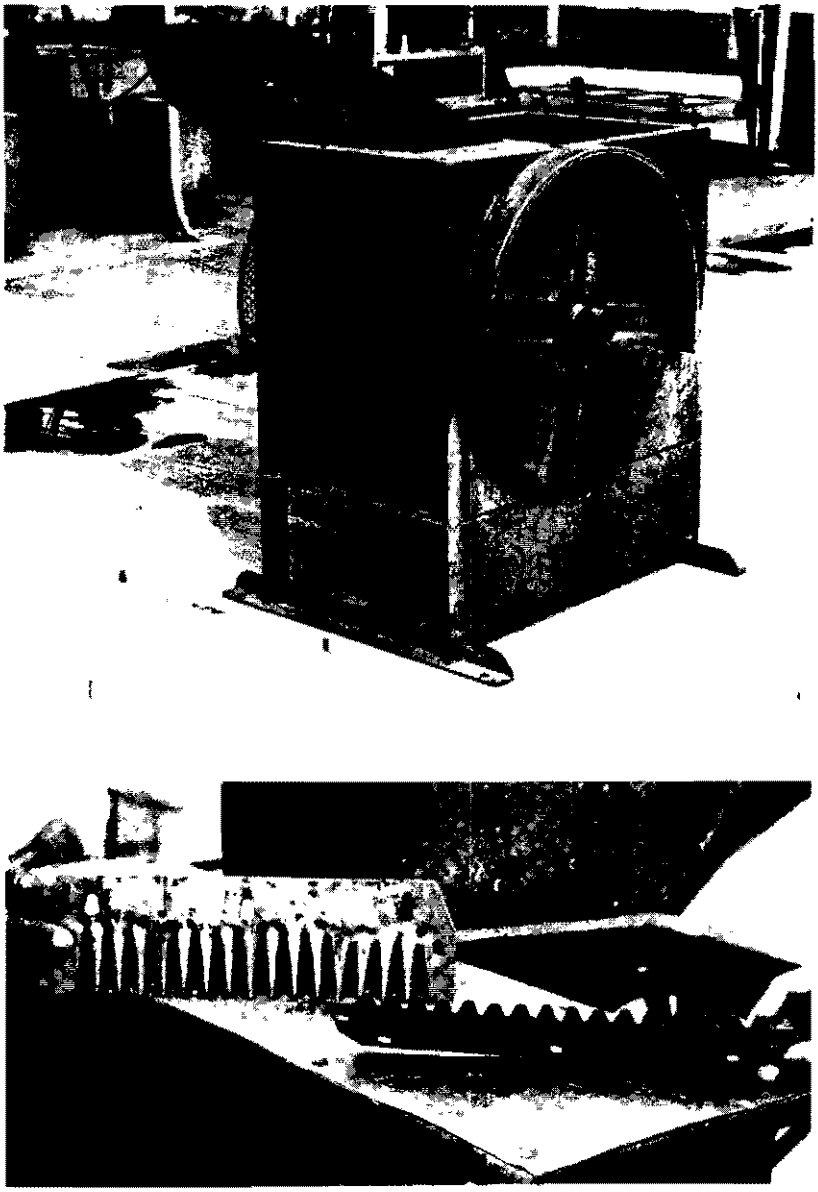


FIGURA 9. MAQUINA PICADORA DE YUCA TIPO MALASIA (A) Y DETALLE DE LAS CUCHILLAS INTERCAMBIABLES (B).

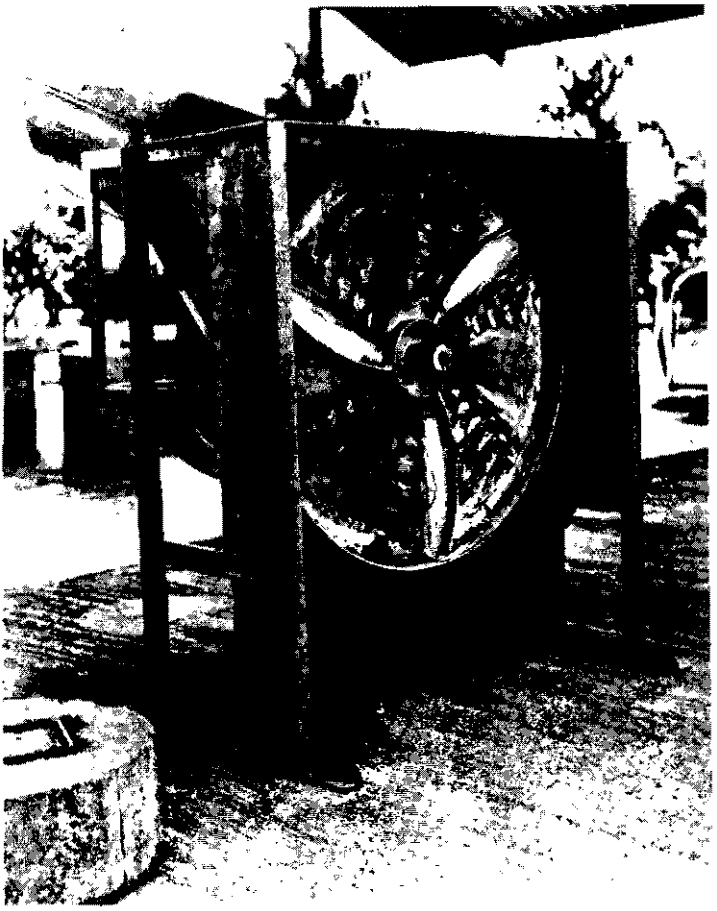


FIGURA 10. MAQUINA PICADORA DE YUCA TIPO TAILANDIA

Best (1979) y Thanh et al. (1979). En el Brasil se está desarrollando otro tipo de máquina que produce barras rectangulares de 10 mm cuadrados de sección (Sinicio y Roa, 1980).

2. Carga de trozos por unidad de área. La carga de trozos de yuca a esparcirse por unidad de superficie, medida en kilogramos de producto fresco por metro cuadrado, kg/m^2, es principalmente una función del flujo de aire a través de la capa de los trozos. En el secado natural sobre pisos de cemento, la densidad de carga se limita por el poco movimiento del aire a nivel del suelo y, de acuerdo a las condiciones climáticas, la carga óptima parece situarse entre 5-10 kg/m^2. Por otro lado, usando bandejas inclinadas la densidad de carga puede aumentarse según la velocidad del viento, como se puede apreciar en la siguiente información:

Características del viento		
Condiciones	Velocidad m/seg	Carga de las bandejas, kg/m^2
Calma, brisa suave	Hasta 1	10
Brisa constante	1-2	10-13
Viento constante	más de 2	13-16

En secadores de cama estática, en los cuales el secado de la capa de trozos progresa desde abajo hasta arriba en la dirección del flujo de aire, la profundidad de la capa parece estar controlada por la tasa de deterioración que se experimenta en las capas superiores de los trozos. En la práctica no se ha pasado de los 300 mm de espesor, que equivale a una carga de aproximadamente 165 kg/m^2, usando caudales de aire que varían entre 43 y 103 m^3/min/tonelada de yuca fresca, según la temperatura y humedad relativa que se empleen (Ospina, 1980).

3. Velocidad, temperatura y humedad del aire. Las características de secado de los trozos de yuca usando calor artificial han sido estudiadas con diferentes temperaturas (55, 66 y 77°C), velocidades de circulación de aire (31, 61 y 84 m/min) y con espesores variables (50, 80 y 100 mm) de las capas de trozos de yuca a secarse (Webb and Gill, 1974). Se encontró que el proceso de secado con calor artificial era de naturaleza difusional con una fase inicial de secado rápido, pero una segunda etapa de secado más lenta hacia el final. En esta segunda etapa, la resistencia interna para la movilización del agua más que los factores externos controlan la velocidad de secado. Por otro lado, Chirife y Cachero (1970) variando la profundidad de la capa de trozos (20-120 mm), la velocidad del aire (2300 - 5200 kg/h-m^2) y la temperatura del aire (55 - 100°C), concluyeron que para capas hasta 120 mm el período de secado no disminuye con velocidades de aire mayores de 4500 kg/h-m^2. Además, encontraron que a temperaturas mayores de 84°C el producto se tuesta.

En el secado natural, el clima es un fenómeno sobre el cual hay poco control. Sin embargo, una apreciación de las variaciones de la temperatura y humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar posibilita mejoras en el proceso de secado. Como se mencionó líneas arriba, el proceso de secado de la yuca se desdobla en dos fases y en el caso del secado natural esto significa lo siguiente:

i) En la primera fase durante la cual los trozos frescos pierden humedad rápidamente, la circulación del aire en forma de viento es más importante que la temperatura y la humedad del aire. Siempre y cuando la velocidad del viento sea suficiente, esta etapa se puede completar cuando el tiempo está nublado e incluso de noche. Por lo tanto, en las épocas de baja precipitación pluvial, la yuca puede perder una cantidad apreciable de humedad si se la deja toda la noche en las bandejas, sobre los soportes. En la Figura 11 se presenta una curva característica del secado en bandejas inclinadas, en un ensayo en el cual el secamiento comenzó a las 5 pm y continuó durante la noche. El Cuadro 1 ilustra el efecto de la velocidad del viento en cinco localidades diferentes, sobre la cantidad de agua eliminada de los trozos de yuca y demuestra que cuanto más alta sea la velocidad del viento más rápido es el proceso de secado. En comparación, los trozos frescos de yuca que se dejan esparcidos sobre patios de cemento durante la noche pierden tan solo una cantidad pequeña de humedad debido a la baja velocidad del viento a nivel del suelo y a que no se los puede voltear con la frecuencia necesaria.

Cuadro 1. Pérdida de la humedad entre las 5 pm y las 8 am en cinco localidades con diferentes condiciones climáticas[a/]

Parámetro	Lugar				
	1	2	3	4	5
Condiciones climáticas[b/]					
Temperatura, °C	19	20	22	27	27
Humedad relativa, %	87	87	79	71	84
Velocidad del viento, m/seg	.30	.45	.87	.35	.15
Contenido de humedad de la yuca					
A las 5 pm, %	59	60	63	61	64
A las 8 am, %	58	57	47	50	61
Pérdida de agua durante la noche, %	7	11	48	34	10

[a/] El secamiento se realizó en bandejas inclinadas con 10 kg de yuca fresca por m^2.

[b/] Promedio de las condiciones climáticas entre las 5 pm y las 8 am.

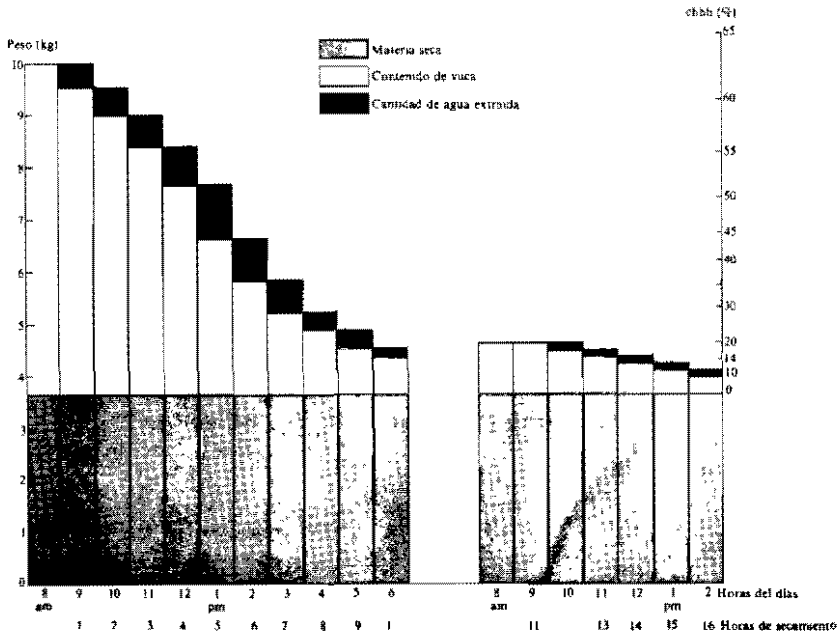


FIGURA 11. CURVA TIPICA DE SECAMIENTO DE LOS TROZOS DE YUCA EN BANDEJAS; PERDIDA DE HUMEDAD CON RELACION A LA HORA DEL DIA.

ii) En la segunda fase de secado, cuanto el contenido de humedad de la yuca ha alcanzado aproximadamente 30%, la eliminación de agua es muy lenta y se requiere una temperatura alta para completar el proceso de secamiento. Durante esta fase, el contenido de humedad relativa del aire debe ser inferior a 65% para que el contenido de humedad de la yuca pueda alcanzar el nivel apropiado para el almacenamiento (referirse a la figura 8). Algunas veces, particularmente durante la estación lluviosa, la humedad relativa del aire permanece por encima del 65% y el secamiento se prolonga hasta que el tiempo mejore. Para acelerar el secado sobre pisos de concreto especialmente en esta segunda fase, se ha investigado la factibilidad de pintar la superficie de negro o mezclando pigmento negro (polvo Bayer o humo de negro) en una relación de 5:1 (cemento : polvo negro) cuando se fragua la plataforma de secado. El aumento en la absorción de la radiación solar trae por consecuencia el incremento en la temperatura de la superficie de unos 6°C (Thanh et al., 1978). Sin embargo, la eficiencia del piso de color negro está ligada a la cantidad de trozos de yuca por unidad de superficie; la diferencia entre piso negro y de concreto común se reduce y elimina con cargas de 10 kg/m^2 de manera que no se justifica el gasto adicional para pintar o construir pisos de color negro.

En varias localidades se efectuaron una serie de ensayos con el objeto de determinar el tiempo de secamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los resultados se presentan en el Cuadro 2 e ilustran los siguientes puntos:

a. El secamiento casi siempre toma más de 10 horas pero menos de 20. Unicamente bajo condiciones ambientales excepcionales la yuca se secará en menos de un día. Sin embargo, en los lugares donde la velocidad del viento y la radiación solar son bajas, el secamiento puede prolongarse y tomar casi tres días como sucedió ocasionalmente en la localidad 2.

b. Se requiere aproximadamente el mismo número de horas para secar el doble de la cantidad de trozos por m^2 en las bandejas en comparación con el piso de cemento.

c. En áreas muy húmedas (localidades 1, 2 y 5), la yuca se seca más rápidamente si la velocidad del viento es alta.

4. Contenido inicial de materia seca de la yuca. El contenido de materia seca de la yuca fresca, es afectada por varios factores tales como la variedad, la edad de cosecha y las condiciones edafo-climáticas, pero en general se encuentra en el rango entre 30 y 40%. Esta variación representa un 30% de diferencia en la cantidad de yuca fresca requerida para producir una tonelada de yuca seca, como se ilustra en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Efecto de las condiciones climáticas de cinco lugares sobre el tiempo de secado de trozos de yuca en bandeja y sobre piso de cemento [a/].

Parámetro	Lugar 1	2	3	4	5
Condiciones climáticas					
Temperatura, °C	24	26	26	30	31
Humedad relativa, %	70	67	66	64	68
Velocidad del viento, m/seg	1.9	.8	1.2	.9	1.0
Radiación solar, cal/cm^2/seg	.73	.58	.61	.65	.71
Horas de secado [b/]					
En bandejas a 10 kg/m^2	12	19	13	12	13
Sobre piso cemento negro a 5 kg/m^2	11	17	15	10	13

[a/] Los ensayos de secamiento se realizaron entre 8 am y 6 pm.

[b/] Las pruebas de secado se iniciaron a las 8 am y a las 6 pm se tapaba la yuca toda la noche. Por lo tanto, cada día constó de 10 horas de secado. Por ejemplo, un tiempo de secado de 17 horas significa un día de 10 horas más 7 horas del día siguiente.

Cuadro 3. Variaciones en el rendimiento de la yuca con diferentes contenidos de materia seca.

Contenido de materia seca de la yuca fresca, %	Cantidad de yuca fresca requerida para producir 1 ton de yuca seca con 10% de contenido de humedad, t	Rendimiento %
30	3.0	33.3
35	2.6	38.5
40	2.3	43.5

La selección de variedades con un alto contenido de materia seca es, por lo tanto, importante por las siguientes razones: menores tiempos de secado, menor requerimiento de mano de obra por tonelada de yuca seca y, en el caso de secado artificial, se disminuye el costo de combustible. En el proceso de secado de la Compañía Brasilera Máquina D'Andrea se ha incorporado una operación de prensado de los trozos de yuca antes de pasar al secador, en la cual se elimina 25-30% del agua (Vitti, 1966). Se ha hecho

un intento por adoptar esta práctica en el secado natural (Best, 1978) empleando una prensa manual con una capacidad de 70 kg por tanda. La eliminación de agua era satisfactoria, pero el secado no se logró acelerar por el hecho de que el agua, que se había extraido con la prensa, se elimina rápidamente en el proceso natural.

Requerimientos para el establecimiento de una planta procesadora

Hay una serie de factores a considerarse para iniciar el establecimiento y luego el funcionamiento de una planta procesadora para secar trozos de raíces de yuca. Varios intentos se han realizado en algunos países de América Latina y la mayoría de ellos han fracasado o no están funcionando a la escala de producción proyectada. Una de las razones principales de estos fracasos ha sido la falta de integración de las etapas de producción y de procesamiento y la limitada o escasa información de estudios reales de factibilidad económica. Teniendo en cuenta que gran parte de la producción de yuca se usa para consumo fresco, es muy difícil competir con este mercado, a menos que se aumente la producción considerablemente y se reduzcan los costos de producción de forma que el precio de la materia prima sea competitivo para agregarle los costos de procesamiento y obtener un producto final que puesto en el mercado pueda ser rentable.

Además de los datos de costo de producción del cultivo, los estudios de mercados potenciales para utilizar los productos procesados son de vital importancia. Frecuentemente, las áreas o regiones productoras de yuca están bastante alejadas de los centros de producción avícola o porcina y los costos de transporte adquieren considerable importancia.

Aunque la lista de factores a considerarse puede ser muy extensa, a continuación se enumeran aquellos que parecerían más relevantes e importantes:

- Disponibilidad de materia prima.
- Requerimientos de cantidad,
- Requerimientos cualitativos.
- Infraestructura.
- Mercadeo.
- Costos de producción.

La economía del procesamiento de yuca es afectada principalmente por dos situaciones competitivas (Edwards, 1974) :

a) El suministro de yuca

   i) La empresa de procesamiento debe ser competitiva con los otros usos de las raíces, especialmente con las situaciones de la agricultura de subsistencia en las que el mercado fresco es el más importante.

   ii) La producción de yuca compite con otros cultivos en el uso de la tierra.

b) La demanda del producto procesado; existencia del mercado para el cual el producto será usado.

Referente al suministro y disponibilidad de las raíces de yuca dos aspectos deben ser considerados, aunque uno depende en parte del otro : 1) el precio que se tiene que pagar para obtener las raíces y 2) la continuidad del abastecimiento. Desde que las áreas sembradas son a menudo programadas para cubrir la demanda de consumo fresco, es necesario que haya exceso de la oferta para cubrir la demanda de dicho mercado y poder procesar el resto.

Aparentemente dos posibles formas de lograr un abastecimiento regular de las raíces pueden ser: 1) la creación de organizaciones cooperativas entre los productores de fincas pequeñas o medianas con asistencia técnica y facilidades crediticias de entidades oficiales, y 2) el establecimiento de grandes plantaciones para empresas de gran tamaño que procesen todas las raíces que ellas mismas producen.

La necesidad de buenas vías y carreteras en la región de producción es indispensable para justificar la inversión de una agro-industria de esta naturaleza. Gran parte del éxito de la industria tailandesa se debe a la excelente red vial en las zonas productoras de yuca. La infraestructura vial y disponibilidad de transporte son esenciales.

El mercado principal del producto procesado lo constituirán las plantas procesadoras de alimentos concentrados para animales, especialmente para aves y cerdos. Debido a que gran parte de los países productores de yuca de América Latina son importadores de granos de cereales para cubrir la demanda para alimentación animal, no existe la menor duda de la existencia potencial del mercado para los trozos de yuca secos o harina de yuca. El factor principal lo constituye el precio relativo que se puede pagar por el producto que normalmente es del orden del 80-85% del precio del sorgo.

El precio del producto procesado dependerá de una serie de factores inherentes al procesamiento, pero principalmente del precio de la materia prima. Por ejemplo, en Tailandia el 56% del precio de los pelets de yuca puestos en Rotterdam (Holanda) lo constituye el precio pagado por las raíces al agricultor (Anonymous, 1977). Análisis económicos bastante detallados con modelos de costos para la producción de trozos secos y de pelets de yuca han sido descritos por Edwards (1974).

Conclusiones - El caso colombiano

El proceso de secado de trozos de yuca para su uso en alimentación animal deberá de ser económicamente factible y rentable para que pueda constituirse en un renglón importante para los productores de yuca. Es indispensable considerar la integración de la producción con el procesamiento del cultivo para poder asegurar cierto grado de éxito.

Las características de las regiones productoras del cultivo en América Latina permiten predecir que en la mayoría de casos las asociaciones, coo-

perativas u otras formas asociativas pueden ser las encargadas de difundir el proceso de secado de yuca para alimentación animal. En estas condiciones el método de secado más apropiado es el de secado natural, por ser un proceso fácilmente manejado por los mismos agricultores que requiere de poca inversión de capital y que permite la creación de fuentes de trabajo, especialmente en las épocas del año en las cuales, por la poca precipitación, las actividades agrícolas son muy limitadas.

La experiencia adquirida en la Costa Norte de Colombia sugiere que, aunque el proceso es muy sencillo, es indispensable establecer Plantas Pilotos demostrativas de preferencia con los mismos agricultores productores de yuca para mostrar la factibilidad real del proceso y poder obtener información básica en los costos de producción y de procesamiento. La posibilidad de aumentar la productividad del cultivo es de vital importancia para poder obtener raíces a menor precio que permitan dar margen de utilidad al procesamiento.

Es probable que en la mayoría de regiones productoras de yuca sea más conveniente la instalación de varias plantas procesadoras a escala pequeña que de muy pocas a gran escala. El aumento de tamaño de las plantas requerirá casi obligatoriamente la mecanización de las diferentes etapas de operación y por tanto un incremento de los costos de procesamiento.

Los resultados obtenidos en la Costa Norte indican que una planta con 500-1000 m^2 de área de piso puede ser de un tamaño manejable por una asociación de aproximadamente 20 agricultores. En un período de 4 meses, que corresponde a la época seca del año, una planta de 500 m^2 procesaría alrededor de 60 toneladas de yuca fresca por mes (cargas de 10 kg/m^2, y dos días por cada tanda de secado, tres tandas por semana) ó 240 toneladas en los 4 meses. A un rendimiento del 38% daría un total de aproximadamente 90 toneladas de trozos secos.

En el Cuadro 4 se detallan las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas que se requerirían para montar una planta de este tamaño. Por otro lado, en el Cuadro 5 se presentan los costos de producción de una tonelada de yuca seca, referente al primer semestre del año 1982. Se puede apreciar que el costo de la materia prima representa alrededor del 83% del costo total de producción. La utilidad, que es de $1,175.00 por tonelada de yuca seca, podría aumentarse considerablemente rebajando el precio de compra de la materia prima, para lo cual va a ser indispensable aumentar la productividad del cultivo de la yuca.

Una de las limitantes del secado natural es el tiempo restringido de secado debido a las condiciones climáticas. Actualmente, se está viendo la factibilidad de prolongar el período de operación, mediante el perfeccionamiento del método de secado en camas estáticas y la incorporación de un sistema de calentamiento del aire. De acuerdo a la región donde se ubica la planta de secado, existen varios sistemas que podrían ofrecer alternativas viables, tales como la captación de la radiación solar mediante colectores solares y la quema de leña, carbón o residuos agrícolas.

Cuadro 4. Inversiones requeridas para instalar una planta de secado de yuca de 500 m^2 de piso de concreto, en pesos colombianos[1/]

Item	Valor Unitario $	Valor Parcial $	Valor Total $
a. Instalaciones			289,500
Patio de secado, 500 m^2	500/m^2	250,000	
Bodega de almacenamiento, 50 m^3	500/m^3	25,000	
Cerca de malla de alambre, 90 m	50/m	4,500	
Cobertizo para la máquina picadora	-	10,000	
b. Equipos			95,000
Máquina picadora		60,000	
Motor a gasolina, 3hp		20,000	
Báscula, 500 kg capacidad		15,000	
c. Herramientas			29,700
2 carretas	2,500	5,000	
4 palas	250	1,000	
4 rastrillos	100	400	
4 recogedores	200	800	
250 empaques	40	10,000	
1 carpa plástica	50/m^2	12,500	
Sub-total de Inversiones			414,200
Imprevistos, 5%			20,700
TOTAL			434,900

1/ US$1.00 = Col.$ 60.00 en Enero, 1982.

Cuadro 5. Costos de producción y precio de venta de una tonelada de yuca seca, en pesos colombianos 1/

Item	Costo $
Materia prima, 2,600 kg a $3.70/kg.	9,620
Mano de obra, 2.5 jornales a $250/jornal.	625
Combustibles, transporte y otros	1,380
TOTAL	11,625
Precio de venta de yuca seca puesta en la planta de concentrados $12.80/kg.	12,800
Utilidad por tonelada de yuca seca.	1,175

1/ US$1.00 = Col.$60.00 en Enero, 1982.

BIBLIOGRAFIA

Anonymous. 1977. Cassava export potential and market requirements. Geneva. Int. Tr. Centre, UNCTAD/GATT. 65 p.

Best, R. 1978. Cassava processing for animal feed. In Cassava Harvesting and Processing: Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ottawa IDRC-114e, p.12-20.

Best, R. 1979. Cassava Drying. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Series 05EC-4, March 1979. 24 p.

Chirife, J. y R.A. Cachero. 1970. Through circulation drying of tapioca root. J. Food Sci., 35:364-368.

Edwards, D. 1974. The industrial manufacture of cassava products: an economic study. Tropical Productos Institute. G88. 43 p.

F.A.O. 1981. 1980 Production Yearbook. Vol. 34. Rome, FAO.

Ospina, J.E. 1980. Quantifição da deterioração de mandioca durante a secagem em barcaca por convecção forcada de ar aquecido com coletor solar. Tesis de Maestría, Universidad Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. 100 p.

Ospina, J.E. e J.L. Vasconcellos. 1980. Comparação de tres formas de mandioca secadas en barcaca solar. Anais do Primer Congresso Brasileiro de Mandioca. Vol. I, p.483-497.

Pachico, D. 1980. Prospects for the feed concentrates industry in Latin America: Market potential for Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Internal Document March 1980. 24 p.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-020e. 182 p.

Roa, G. 1974. Natural Drying of Cassava. Ph.D. Thesis. East Lansing, Michigan State University. Department of Agricultural Engineering. 234 p

Roa, G. and J.H. Cock. 1973. Natural drying of cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Colombia. 11 p.

Sinicio, R. e G. Roa. 1980. Secador rural de café, cacau, mandioca é outros produtos agropecuários com uso de energia solar. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem. Serie CENTREINAR No.1. 22 p.

Thanh, N.C., S. Muttamara and B.N. Lohani. 1978. Drying techniques for improvement of tapioca chips in Thailand. Thai J. Agr. Sci. 11:45-55.

Thanh, N.C., S. Muttamara, B.N. Lohani, B.V.P.C. Rao and S. Burintratikul. 1979. Optimization of Drying and Pelleting Techniques for Tapioca Roots. International Development Research Centre - Asian Institute of Technology. Final Report No. III. Bangkok, Thailand. 119 p.

Vitti, P. 1966. Industrialização de mandioca, produção de amido, raspa e farinha de raspa. Bol. Cent. Trop. Pesq. Technol. Aliment. 6:26-33.

Webb, B.H. and K.S. Gill. 1974. Artificial heat drying of tapioca chips. Malaysia Agric. Res. 3:67-76.

UTILIZACION DE RAICES Y PRODUCTOS DE YUCA EN ALIMENTACION ANIMAL

Guillermo Gómez G. *
Jorge Santos N.
Mauricio Valdivieso G.

Introducción

Entre los cultivos de raíces y tuberosas, la yuca es el de mayor importancia en las regiones tropicales y constituye una apreciable fuente de calorías en la alimentación de los habitantes de estas regiones. Aproximadamente el 60% de la producción de yuca en América Latina es utilizada para consumo humano y el 40% restante es empleada en la producción de almidón, en alimentación animal y en la producción de alcohol carburante, especialmente en Brasil (Pachico y Lynam, 1981).

Aunque la mayoría de las raíces de yuca se destina para la alimentación humana, las perspectivas de su uso en alimentación animal han aumentado considerablemente durante los últimos años. Las políticas agrícolas de la Comunidad Económica Europea han demostrado la factibilidad económica de utilizar yuca seca peletizada, importada de Tailandia, para reemplazar los granos de cereales en programas de alimentación para porcinos, aves y vacunos (Coursey y Halliday, 1974; Phillips, 1974).

En muchas regiones tropicales del mundo, y especialmente en América Latina, la producción pecuaria en general y la avicultura en particular han aumentado ostensiblemente durante las dos últimas décadas. Consecuentemente, se ha incrementado la demanda de alimentos balanceados para satisfacer este continuo desarrollo pecuario. Desafortunadamente, en las regiones tropicales la producción de los granos de cereales utilizados comúnmente en la alimentación animal (sorgo y maíz) ha mostrado una tasa de incremento mucho menor que la demanda, obligando a una creciente importación de estos insumos.

Por otro lado, como resultado de las investigaciones en selección genética y en el desarrollo de eficientes métodos de cultivo y prácticas de producción, parece relativamente fácil aumentar el rendimiento y productividad de la yuca bajo condiciones de campo, como lo evidencian los resultados de ensayos regionales y de validación de tecnología a nivel de finca. En consecuencia, la utilización de la yuca para mercados alternativos como el de la alimentación animal sería económicamente factible.

El objetivo del presente trabajo es presentar una revisión de la información relacionada con la calidad nutricional de las raíces y de las hojas de yuca y con la utilización de estos productos en programas de alimentación para animales domésticos, especialmente para aves y cerdos.

---

* Ph.D., Nutricionista/Bioquímico; M.S., Nutricionista; y Zootecnista, respectivamente, de la Sección de Utilización, Programa de Yuca, CIAT.

Composición química de las raíces y productos de yuca

Las raíces de yuca contienen 60-65% de agua y 35-40% de materia seca; debido al elevado contenido de humedad, las raíces se deterioran rápidamente después de ser cosechadas y deben ser procesadas (ensiladas o secadas) para preservarlas por tiempo prolongado.

Para su uso en alimentación humana, las raíces son peladas, las cáscaras eliminadas y la pulpa (parénquima) es sometida a algún proceso térmico antes de ser consumida. Para su uso en alimentación animal, las raíces completas, incluyendo la cáscara, son picadas en trozos o astillas los cuales pueden ser suministrados como trozos frescos especialmente a cerdos y ganado o pueden ser sometidos al proceso de secado, para convertirlos en trozos secos y luego harina de yuca, o ensilados, para conservarlos por períodos prolongados.

El Cuadro 1 muestra la composición química de los trozos de yuca frescos,ensilados o secos (harina), de las hojas (follaje) y de forraje secos, así como la composición del sorgo y del heno de alfalfa. En general los trozos de raíces de yuca frescos o procesados se caracterizan por sus bajos contenidos de proteína, extracto etéreo (grasa), fibra cruda y cenizas, pero poseen niveles altos de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles constituidos principalmente por almidón y por una pequeña cantidad de azúcares. Por tanto, las raíces de yuca y los productos derivados de ellas aportan principalmente calorías en forma de almidón de excelente calidad, altamente digerible.

La comparación de las composiciones de las raíces de yuca y sus productos derivados con la del sorgo muestra claramente que los productos de yuca son deficientes principalmente en proteína y consecuentemente la substitución del sorgo (o del maíz) por los productos de raíces de yuca requerirá de una cantidad adicional de los ingredientes que aportan proteínas, tales como harina de pescado, torta de soya, torta de algodón y otros.

La mejor forma de conservar las raíces de yuca para ser utilizadas en alimentación animal es procesarlas a través de una máquina picadora para obtener trozos, pedazos o astillas, los cuales son luego secados al sol y convertidos en un producto estable con 10-14% de humedad. Los trozos secos pueden ser almacenados como tal o pueden ser peletizados (comprimidos) o molidos para transformarlos en harina. La yuca seca molida o harina es la que se emplea como ingrediente para la preparación de alimentos balanceados para animales domésticos. El proceso de secado permite concentrar los nutrientes presentes en las raíces de yuca frescas (Cuadro 1), especialmente el almidón y al mismo tiempo es uno de los métodos más eficaces para eliminar el cianuro presente en la yuca.

Las hojas y el follaje (hojas y tallos tiernos) de yuca secados al sol o con calor artificial constituyen un alimento proteico cuya composición química es similar o superior al heno de alfalfa secado al sol (Cuadro 1). Además,algunas variedades de yuca pueden sembrarse en mayor densidad (número de plantas por hectárea) a distanciamientos cortos para producir forraje

Cuadro 1. Composición química de productos de yuca, sorgo y heno de alfalfa

Componente	Productos de yuca[a/]					Sorgo[b/]	Heno de alfalfa[b/]
	Raíces frescas	Raíces ensiladas	Harina de yuca	Follaje seco[b/]	Forraje seco		
	% tal cual analizado						
Materia seca	40-35	45-40	90	90-89	91-92	89-88	90-89
Proteína (N x 6.25)	1-2	2-3	3.1	21	17-18	11	15
Extracto etéreo (grasa)	0.2-0.5	1-2	1.3	6-7	5-6	2.8	1.7
Fibra cruda	1.5-2.0	3-4	3.4	20-24	17-18	2.0	29
Cenizas	1-2	2-3	2.1	8-10	9-10	1.7	9
Extracto no-nitrogenado	30-36	30-32	80	27-35	39-44	70-71	34-35
Calcio	0.05	-	0.12	1.0-1.4	1.75	0.04	1.4
Fósforo	0.07	-	0.16	0.25-0.28	0.32	0.29	0.20

[a/] Datos obtenidos en el CIAT.

[b/] Incluye hojas y tallos tiernos.

[c/] Tomados de Feedstuffs, Vol.53, No.30. 1981. Ingredient Analysis Table.

de corte que puede ser utilizado especialmente para la alimentación de rumiantes. El follaje de yuca (hojas y tallos tiernos) contiene normalmente mayor cantidad de proteína que la yuca forrajera. El potencial de uso de las hojas y del follaje de yuca así como la producción de yuca forrajera representan áreas de investigación promisorias para lograr la utilización integral del cultivo, sobre las cuales existe relativamente poca información.

Contenido de cianuro en raíces y productos de yuca

En la revisión de la literatura sobre el uso de la yuca en alimentación animal se encuentran algunos datos de resultados inferiores a los que se obtienen con los granos de cereales y a menudo se aduce que cuando se obtienen estos rendimientos inferiores pueden ser ocasionados por la presencia del ácido cianhídrico en los productos de yuca. En la mayoría de los casos, sin embargo, ni siquiera se reportan los niveles de este compuesto tóxico.

Las variedades de yuca se clasifican en dulces o amargas según el bajo o alto contenido de cianuro de las raíces. El cianuro en las raíces y en los otros tejidos de la planta de yuca se encuentra en dos formas: cianuro libre y cianuro ligado o combinado constituido casi en su totalidad por un glucósido cianogénico conocido como "linamarina". Aproximadamente, el 85 a 90% del cianuro total de los tejidos en la yuca se encuentra como cianuro ligado y solo el 10 a 15% como cianuro libre (Gómez et al., 1981; Gómez, 1982).

La concentración del cianuro es mayor en la cáscara de las raíces que en la pulpa o parénquima (Wood, 1965; de Bruijn, 1973; Gómez et al., 1981; Gómez, 1982). La concentración de cianuro en las hojas varía, siendo mayor en hojas tiernas o jóvenes que en hojas adultas (Gómez y Hershey, resultados no publicados), pero en general las hojas poseen concentraciones similares a las encontradas en la cáscara de las raíces.

El cianuro ligado o linamarina libera ácido cianhídrico al tratarla con ácidos diluidos; en forma natural, la liberación del ácido cianhídrico se debe a la acción de la enzima linamarasa, la cual se encuentra normalmente en los tejidos de la planta de yuca, especialmente en la cáscara de las raíces y en las hojas. El contacto de la enzima con la linamarina ocurre cuando los tejidos sufren daños mecánicos o por trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos.

Al picarse las raíces, la proporción de cianuro libre aumenta rápidamente a rangos de 30 al 40% del cianuro total (Gómez et al., 1981) comparado con los niveles de 10 al 15% de cianuro libre observados en la cáscara o el parénquima cuando se analizan por separado.

Aunque no se ha determinado el nivel de cianuro que puede producir efectos tóxicos en animales domésticos, la Comunidad Económica Europea ha fijado como límite máximo para la yuca importada de Tailandia un contenido de 100 ppm o sea 100 mg de cianuro por kilogramo de harina de yuca. Salvo

en algunas excepciones, especialmente cuando los niveles de cianuro iniciales son bastante altos y el tiempo de secado es corto, algunas variedades pueden producir raíces que al secarlas en trozos, el cianuro residual en el producto seco puede ser superior a 100 ppm. Normalmente, sin embargo, los trozos de yuca secados al sol contienen niveles de cianuro menores a 100 ppm y la mayor parte de este cianuro se encuentra como cianuro libre, el cual suele volatilizarse fácilmente (Figura 1).

El secado en hornos con circulación forzada de aire caliente (60°C) produce también una eficiente eliminación del cianuro de los trozos frescos, pero la cantidad de cianuro residual tiende a ser ligeramente superior a la obtenida con secado natural al sol. Además, la mayor proporción del cianuro total en trozos secados en horno se encuentra aún como cianuro ligado o linamarina (Cuadro 2) (Gómez, resultados no publicados).

Igualmente el proceso de ensilaje de los trozos de yuca permite una rápida y total conversión del cianuro ligado a cianuro libre en prácticamente 4-7 días después del inicio del proceso y después de 4-6 meses la biomasa ensilada posee un 30% del cianuro total inicial (Gómez, resultados no publicados), presente como cianuro libre. Ensayos de alimentación con cerdos han demostrado que la biomasa ensilada de yuca es apetecida por estos animales y se obtienen rendimientos de producción satisfactorios.

En resumen, los procesos normales a los cuales son sometidas las raíces de yuca para alimentación animal, secado o ensilaje, constituyen medios eficientes para reducir la cantidad de cianuro a niveles inocuos para los animales. Debe anotarse, sin embargo, que los trozos de raíces frescas de variedades con altos contenidos de cianuro no son consumidos por los cerdos y por tanto retardan su crecimiento; en cambio, raíces frescas de variedades con bajo contenido de cianuro son ávidamente consumidas y constituyen una excelente fuente de carbohidratos (Gómez, et al., 1976, 1981). Por tanto, las raíces de variedades con altos contenidos de cianuro deben de ser procesadas para eliminar la mayor parte del cianuro y poder ser eficientemente utilizadas por los animales domésticos.

Utilización de la yuca en alimentación de aves

En la mayoría de los países tropicales de América Latina, la industria avícola es el sector pecuario que consume la mayor proporción (60-70%) de los alimentos balanceados (Pachico y Lynam, 1981), por tanto, constituye el sector potencial más importante para utilizar la yuca en alimentación animal.

Existe abundante información en la literatura sobre el uso de la harina de yuca en alimentación de aves, tanto para pollos de engorde como para gallinas ponedoras. La mayoría de la información se refiere al uso de harina de raíces de yuca y en menor proporción al empleo de harina de hojas de yuca.

Se puede observar una gran variabilidad y falta de consistencia en lo referente a los niveles de harina de yuca recomendados para pollos de en-

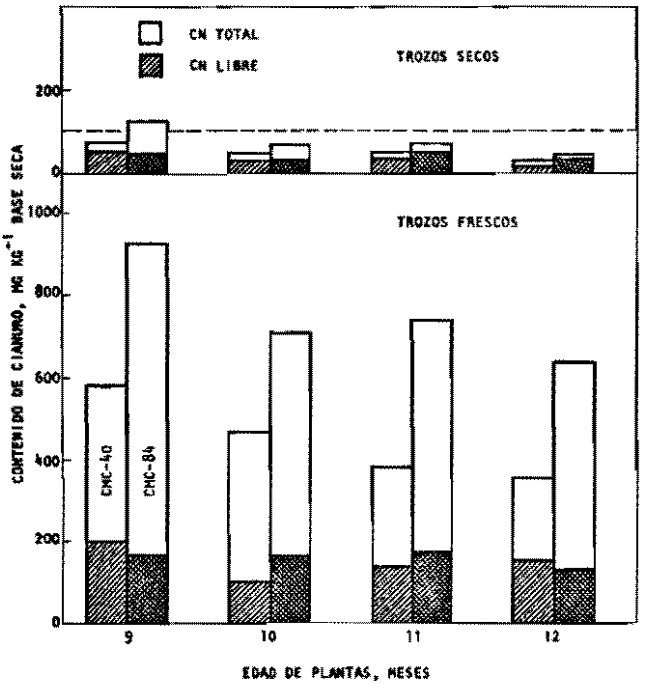


Fig. 1 Efecto del secado al sol (Pisos de concreto) sobre la reducción de cianuro en trozos de yuca.

Cuadro 2. Efecto del secado al sol o en horno sobre la eliminación del cianuro en trozos de yuca [a/].

Variedad	Cianuro en trozos frescos		Tipo de secado	Cianuro en trozos secos	
	Total	Libre		Total	Libre
	ppm MS	%		ppm MS	%
MCol 1684	955	37	Sol [b/]	114	79
			Horno [b/]	185	27
MCol 113	290	30	Sol	23	83
			Horno	51	31

a. Raíces de plantas con 6 meses de edad.
b. Secado al sol sobre el piso de cemento y secado en horno a 60°C por 24 horas.

gorde. Algunos trabajos sugieren 10% de harina de yuca para las dietas del período de iniciación (0-4 semanas) y 20% para las dietas del período de finalización (4-6 u 8 semanas) (Vogt, 1966), mientras que otras investigaciones reportan resultados satisfactorios con niveles del orden de 30% (Montilla et al., 1969, 1975; Armas y Chicco, 1973; Enríquez et al., 1977) y aún del 50% (Olson et al., 1969; Tejada y Brambila, 1969; Enríquez y Ross, 1967; Chou y Müller, 1972; Armas y Chicco, 1973). Parte de esta variabilidad se debe a las diferentes condiciones experimentales empleadas, especialmente en lo referente al tipo de procesamiento al que fueron sometidas las raíces de yuca.

En la avicultura moderna la formulación de dietas, en especial para pollos de engorde, se hace utilizando programas de computación de costos mínimos, los cuales se basan en el precio y calidad de los ingredientes disponibles al momento de la formulación. En Colombia, por ejemplo, si se dispone de harina de yuca con un precio equivalente al 80% del precio del sorgo, la computadora indica que los rangos de uso de la harina de yuca deberán ser de alrededor del 25% de la dieta, substituyendo al sorgo y utilizando harina de pescado, torta de soya y torta de algodón como los alimentos o ingredientes proteícos. Los Cuadros 1A y 2A del Apéndice muestran composiciones de dietas con niveles de harina de yuca del orden de 20 y 30% para los períodos de iniciación y finalización, respectivamente.

Investigaciones recientes (Santos y colaboradores; Gómez y colaboradores, resultados no publicados) realizadas por el CIAT y la Universidad Nacional (Departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Palmira) han permitido demostrar lo siguiente:

a. Las raíces de yuca con alto contenido de cianuro, como las variedades MCol 1684 y CMC-84, pueden ser procesadas y secadas al sol para producir trozos secos y luego harina de yuca con niveles de cianuro residual similares a los encontrados en los productos de raíces de variedades con bajos contenidos de cianuro.

b. No se ha encontrado, por tanto, diferencias en los rendimientos de pollos de engorde alimentados con raciones conteniendo niveles similares de harina de yuca procedente de raíces de variedades llamadas amargas o dulces.

c. Raciones con 20 y 30% de harina de yuca fueron consumidas en mayores cantidades y dieron mejores resultados en pollos de engorde, que las raciones con 10% de harina de yuca.

d. Los resultados de las raciones a base de harina de yuca fueron similares a los obtenidos con raciones comerciales a base de sorgo (Cuadro 3).

e. El incremento de un 5% de la energía metabolizable en raciones conteniendo 20 y 30% de harina de yuca mediante la adición de aceite vegetal produjo similares ganancias de peso y una ligera

Cuadro 3. Resultados de raciones conteniendo 20 y 30% de harina de yuca (HY) para pollos de engorde[a/].

Dietas experimentales	Peso promedio 8a.semana	Alimento	Alimento / Ganancia
	g	g	
Comercial, 0% HY	2088	4667	2.27
Testigo, 0% HY	2048	4611	2.29
20% HY			
Estandar	2153	4798	2.27
+ 5% EM [b/]	2167	4717	2.21
30% HY			
Estandar	2077	4638	2.27
+ 5% EM [b/]	2141	4657	2.21

[a/] Promedios de 144 pollos/grupo; cuatro replicaciones de 36 pollos c/u. Peso prom. inicial: 36 g.

[b/] Un incremento de 5% de energía metabolizable fue obtenido con la adición de aceite vegetal.

mejor conversión alimenticia (alimento/ganancia: 2.21 vs 2.27) que las dietas sin adición de aceite (Cuadro 3).

f. Los pollos de engorde consumieron alrededor de 4,600-4,700 g de raciones balanceadas conteniendo 20 ó 30% de harina de yuca en un período de 8 semanas, al cabo de las cuales alcanzaron pesos vivos promedios de alrededor de 2,100 g (Cuadro 3).

g. Los costos por concepto de ingredientes de las raciones a base de harina de yuca fueron ligeramente inferiores que los de raciones comerciales a base de sorgo, obteniéndose por tanto rendimientos económicos similares o algo mejores con las raciones conteniendo harina de yuca.

En base a estos datos, un lote o grupo de 1,000 pollos de engorde consumirían 4.7 toneladas de alimentos balanceados en un período de 8 semanas, de las cuales un 20 a 30% puede ser harina de yuca (940-1,400 kg). En caso de finalizar el engorde a las 6 semanas, el consumo de alimentos balanceados por cada 1,000 pollos se reduciría a 2.9 toneladas para obtener un peso promedio por pollo de alrededor de 1,500 g; en este caso la harina de yuca necesaria sería de 580-870 kg, para niveles de 20 y 30%, respectivamente.

Los niveles de harina de yuca para gallinas ponedoras son normalmente más altos que los empleados para pollos de engorde. La mayoría de experimentos han reportado niveles del orden del 40 al 60% e inclusive la substitución total de los granos de cereales (~ 75%) por harina de yuca. Aunque existen ligeras diferencias entre los trabajos publicados sobre el particular (Temperton and Dudley, 1941; Falanghe, 1949; Enriquez and Ross, 1972; Hamid y Jalaludin, 1972; Jalaludin y Leong, 1973; Enriquez et al., 1977; Phalaraksh et al., 1978), en general, puede concluirse lo siguiente:

a. Niveles de aproximadamente 50% de harina de yuca han dado resultados satisfactorios en raciones para gallinas, tanto en las etapas de iniciación y levante como en la etapa de postura.

b. A esos niveles no se han observado efectos adversos en la producción de huevos, en el peso de los huevos, el espesor de la cáscara, en la conversión alimenticia y el peso de las aves.

c. Con niveles de harina de yuca de hasta 25% de la ración de gallinas ponedoras no se observó un efecto notorio sobre el color de la yema de los huevos, pero niveles de inclusión más altos produjeron huevos con yemas pálidas o decoloradas.

d. La adición de 2-3% de harina de hojas de yuca o de pigmentantes (xantofilas) sintéticos permiten corregir la decoloración de las yemas cuando se emplean niveles altos de harina de yuca para gallinas ponedoras.

Los resultados experimentales indican claramente que la harina de yuca de buena calidad puede substituir los granos de cereales a niveles del orden del 20 ó 30% y del 50% de la ración, para pollos de engorde y gallinas ponedoras, respectivamente. Los datos recientes indican además que se puede utilizar raíces aún de variedades con altos contenidos de cianuro, a condición de que sean adecuadamente procesadas para asegurar la máxima eliminación de este compuesto tóxico. Los niveles óptimos de empleo de la harina de yuca estarán en función del precio de este producto y de su calidad

Utilización de la yuca en alimentación porcina

La industria porcina europea es el sector pecuario que utiliza el mayor volumen de la yuca importada de Tailandia debido a que los niveles de harina de yuca a usarse en las raciones son mayores que los de las aves y el volumen de demanda es considerable por el alto grado de tecnología existente en la explotación de esta especie animal en Europa. En América Latina, el grado de tecnificación de la explotación porcina es muy bajo, en términos generales, comparado con el de la avicultura y a menudo se trata de explotaciones a nivel de subsistencia, las cuales no emplean alimentos balanceados. Sin embargo, durante las dos últimas décadas se han apreciado tendencias y planes de producción porcina a nivel comercial en varios países latinoamericanos tales como Brasil, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. La carne de cerdo en muchos países de la región es la segunda en orden de importancia del consumo total de carne por habitante, después de la carne de res. Una creciente demanda de alimentos balanceados para cerdos implicaría una mayor importancia de la producción de yuca para fines de alimentación animal como un producto nativo de las regiones tropicales que puede satisfactoriamente substituir en gran parte los granos de cereales.

La mayor información sobre utilización de yuca en alimentación animal es la que se refiere a la producción porcina, debido principalmente a la versatilidad de esta especie para consumir raíces de yuca frescas, ensiladas, harina de yuca e inclusive hojas de yuca. Gran parte de esta información ha sido obtenida en el CIAT como parte de las actividades del Programa de Producción Porcina y de la Sección de Utilización del Programa de Yuca (Maner, 1972; Job, 1975; Gómez et al., 1976, 1977, 1981; Gómez, 1977, 1979, 1981, 1982).

Tanto las raíces de yuca fresca como ensiladas requieren de un suplemento que aporte las proteínas, los minerales y las vitaminas necesarios para obtener una ración balanceada; un inadecuado o deficiente aporte de estos nutrientes producirá rendimientos pobres y antieconómicos. Este tipo de suplemento puede suministrarse separado de las raíces frescas de yuca, o de las raíces ensiladas, o puede mezclarse con ellas; sin embargo, debido al alto contenido de humedad de las raíces hay que tener cuidado en obtener una mezcla uniforme del suplemento con los trozos de las raíces. En lo posible, para evitar este problema, se aconseja suministrar el suplemento por separado en forma restringida, pero en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos. Los Cuadros 3A y 4A del Apéndice presentan la composición de algunos suplementos que han dado buenos resultados a nivel experi-

mental y una escala de las cantidades del suplemento y de la yuca fresca o ensilada requeridas según la edad y peso de los cerdos.

El Cuadro 4 presenta un resumen de las cantidades de yuca fresca y de los suplementos proteicos requeridos para los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo, en programas de alimentación porcina. Este programa de alimentación está basado en datos experimentales utilizando raíces de yuca de bajo contenido de cianuro, suministradas en forma de trozos o astillas y puede servir de guía para el uso de raíces ensiladas. Un aspecto interesante del Cuadro 4 es la diferencia de consumos de las raíces de yuca picadas y del suplemento proteico por los cerdos en crecimiento y acabado, según el contenido de proteína del suplemento. El consumo de yuca es mayor cuando el suplemento proteico (suministrado por separado y a libre escogencia) aporta mayores cantidades de proteína; simultáneamente, el consumo del suplemento disminuye (Job, 1975).

En regiones tropicales con elevada precipitación y alta humedad relativa ambiental es difícil secar las raíces picadas para producir harina de yuca. A menudo se cosechan las raíces según las necesidades, pero ésto implica que el terreno no puede ser utilizado hasta haber cosechado todas las plantas. Una forma práctica para resolver estos problemas es conservar las raíces picadas en un silo. Los trozos de yuca pueden ser compactados en silos de trinchera cuando se requiera conservar cantidades considerables de yuca, o en bolsas de polietileno cuando se trata de cantidades pequeñas. Las experiencias en el CIAT con silos hechos de paredes de madera, revestidas de lámina metálica (2.3 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.2 m de altura, para dar un volumen total de 4.1 m^3) y montadas sobre piso de cemento han permitido conservar hasta cinco toneladas de trozos de yuca por un período de seis meses. La superficie de la masa ensilada fue cubierta con plástico sobre el cual se colocaron viruta y ladrillos para evitar la entrada de aire; la masa ensilada en esta forma ha sido evaluada con cerdos en crecimiento y acabado con resultados satisfactorios (Gómez et al., 1981).

La tendencia hacia las explotaciones comerciales de cerdos, aún a pequeña o mediana escala, resultará en una creciente demanda de alimentos balanceados y por tanto una mayor utilización de yuca en la forma de harina. La bibliografía existente sobre el uso de harina de yuca en alimentación porcina es muy extensa y por tanto se recomienda revisar algunas publicaciones que resumen datos experimentales de importancia práctica (Maner et al., 1967; Maner, 1972; Müller et al., 1972; Chou et al., 1973; Job, 1975; Gómez, 1977, 1979, 1981, 1982; Gómez et al., 1977, 1981; Khajarern, et al., 1977; Oke, 1978).

Algunos aspectos adicionales que merecen atención especial son los siguientes: la suplementación de metionina en raciones a base de harina de yuca; la preferencia de los animales, especialmente lechones, por las dietas con altos niveles de harina de yuca; la posibilidad de utilizar insumos de regiones tropicales como melaza de caña para combinarla con raciones a base de harina de yuca; y el empleo de formulación de dietas de costo mínimo.

Cuadro 4. Programas de alimentación porcina con raíces de yuca frescas[a/]

Período	Peso vivo (kg) Inicial	Final	Consumo total por animal, (kg) Yuca	SP	% Proteína en SP
Crecimiento y acabado	17	100	397	115[b]	43
(98 días)		96	381	72	43
	21	86	175	136[b]	20
			269	98[b]	30
			325	74[b]	40
Pre-gestación (60 días)	95	110-120	240[c]	36[c]	40
Gestación (114 días)	Monta	Parición	194[d]	46[d]	40
	110-120	150-160	353[e]	71[e]	40
Lactancia (56 días)	Parición	Destete	364	68	40
		140-150			

a. Valores obtenidos usando raíces frescas con bajo contenido de cianuro; los datos pueden servir de guía para el uso de raíces ensiladas.

b. Suplemento proteico (SP) fue suministrado por separado; en los otros casos el suplemento y los trozos de yuca fueron mezclados.

c. Valores estimados basados en consumos de 4.0 y 0.6 kg de yuca y del SP, respectivamente.

d. Cerdas en pastoreo alimentadas con 1.7 y 0.4 kg de yuca y del SP, respectivamente.

e. Cerdas en confinamiento alimentadas con 3.1 y 0.6 kg de yuca y de SP, respectivamente.

Cuadro 5. Comparación del consumo de raciones conteniendo diferentes niveles de harina de yuca por lechones. (a)

Nivel de Harina de yuca[b/]	Período, días 14-42	42-56	Consumo total 14-56 días
		kg/camada	
0	1.8	14.7	16.5
20	3.0	26.2	29.2
40	12.4	39.1	51.5
Totales	17.2	80.0	97.2

a. Promedios de 10 camadas de primer parto.

a. Suplementación de metionina

Por algún tiempo se ha venido especulando sobre la necesidad de suplementar metionina, en exceso a los requerimientos normales, en raciones con altos niveles de harina de yuca. Las razones de esta recomendación se basaban en los resultados de experimentos con ratas (Maner y Gómez, 1973) y en los bajos rendimientos reproductivos de cerdas gestantes alimentadas con raciones conteniendo harina de yuca (Gómez et al., 1976). Se asumía que la suplementación extra de metionina jugaba el doble papel de mejorar la calidad proteica de las raciones y ayudaba a detoxificar el cianuro residual presente en las harinas de yuca (Maner y Gómez, 1973).

Resultados recientes con raciones a base de harina de yuca para cerdas gestantes y lactantes (Gómez, 1977), y para cerdos en crecimiento (Gómez y colaboradores, resultados no publicados) indican claramente que en condiciones normales no se requiere adicionar más metionina que la necesaria para cubrir los requerimientos y que los resultados anteriores fueron debidos a la forma de manejo del sistema de suministro de las raciones (alimentación en grupo) durante el período de gestación. Suministrando las raciones en comederos individuales para cada cerda se ha demostrado que los rendimientos reproductivos fueron normales. La combinación de torta de soya, harina de pescado y torta de algodón cubre prácticamente las necesidades de metionina. Por otro lado, los resultados de secado de yuca al sol (Gómez, 1982) indican que el nivel de cianuro residual en las harinas de yuca es bastante bajo como para requerir la adición extra de compuestos, como la metionina, para detoxificarlo.

b. Preferencias alimenticias de los lechones por raciones con harina de yuca

La etapa más crítica de la crianza porcina es el período de lactancia y de los resultados al destete depende en gran parte el éxito o fracaso y la rentabilidad de los períodos posteriores. El objetivo principal en este período es lograr el mayor peso al destete y para ello se requiere que los lechones consuman cantidades apreciables del alimento balanceado suministrado durante este período.

Estudios recientes en CIAT (Gómez et al., 1981) indican claramente que los lechones prefieren y consumen mayores cantidades de las raciones que contienen harina de yuca. Una ración con 40% de harina de yuca fue preferida y consumida por los lechones en mayor cantidad que las raciones conteniendo 20% de harina de yuca o que la ración a base de sorgo y torta de soya (0% harina de yuca) (Cuadro 5). Las tres raciones con 0, 20 y 40% de harina de yuca, cada una en comedero separado, estaban continuamente a disposición de los lechones durante el período experimental. Estos datos indican que las raciones a base de harina de yuca son más apetecidas y preferidas por los lechones y permiten obtener muy buenos resultados de rendimientos de las camadas al destete.

c. Harina de yuca y melaza de caña

En los países tropicales en donde el cultivo de la caña de azúcar es ampliamente difundido, la posibilidad de utilizar niveles altos de melaza de caña para substituir parcial y progresivamente algunos ingredientes energéticos básicos, ofrece la ventaja de mejorar la gustosidad de las raciones en las cuales se incluye, promoviendo un mayor consumo de las mismas y esperándose, como consecuencia, ganancias de peso rápidas y económicas. Para raciones a base de harina de yuca, la melaza permite además mejorar la presentación física de la ración reduciendo su apariencia polvorienta.

Una ración con 18% de proteína constituida de los siguientes ingredientes, expresados en %: harina de yuca, 59.5; torta de soya, 34.3; harina de huesos, 5.0; premezcla de minerales y vitaminas, 0.3; sal yodada, 0.6 y metionina, 0.3, puede ser mezclada con niveles crecientes de melaza de caña en las proporciones que se muestran en el Cuadro 6, para alimentar a cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado (destete hasta peso de sacrificio). Con base en este programa de alimentación conforme se aumenta la cantidad de melaza se disminuye la cantidad de la ración con harina de yuca, de forma que el aporte de proteína se reduce progresivamente desde 17 hasta 12%, desde el inicio hasta el final del período de engorde, conforme los niveles de melaza se incrementan desde 5 hasta 35% de la ración total (Cuadro 6).

Los resultados de esta investigación se presentan en el Cuadro 7 y se compararon con los rendimientos de una ración testigo a base de maíz. Los cerdos alimentados con la ración a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza alcanzaron un peso vivo final más alto (97.6 vs 93.7 kg) y una semana antes que la ración testigo. Aunque con los precios actuales (1982) de los ingredientes básicos el costo de la alimentación es similar para ambos grupos, el grupo alimentado con el programa de alimentación a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza produciría mejores rendimientos en ganancia de peso y tiempo para alcanzar el peso de sacrificio y por tanto el beneficio económico sería mayor.

Estos resultados demuestran la factibilidad de utilizar eficientemente harina de yuca y melaza de caña como ingredientes básicos en alimentación porcina para substituir totalmente los granos de cereales; sin embargo, por el limitado aporte de proteínas por parte de ambos, la cantidad de torta de soya, o de otros alimentos proteicos, requerida será mayor que la que se necesita para complementar sorgo o maíz.

d. Harina de yuca y dietas de costo mínimo

La elaboración y formulación de alimentos balanceados para explotaciones porcinas comerciales se hace, al igual que para aves, en programas de computación de costo mínimo. Los cuadros 5A y 6A del Apéndice muestran la composición de dietas para cerdos obtenidas con harina de yuca, a un precio equivalente al 80% del precio del sorgo. En el caso de cerdos se puede apreciar que ingredientes como melaza de caña pueden ser incorporados en niveles mayores que los especificados para aves. Igualmente, los resulta-

Cuadro 6. Mezclas de una ración a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza de caña para engorde de cerdos.

Rango de peso vivo	Tiempo	Ración basal 18% Prot.	Melaza de caña	% Proteína en ración
kg	semanas	%	%	%
20-25	0-2	5	95	17.1
25-35	2-5	10	90	16.2
35-50	5-8	15	85	15.3
50-60	8-10	20	80	14.4
60-70	10-12	25	75	13.5
70-80	12-13	30	70	12.6
80-95	13-14	35	65	11.7

Cuadro 7. Utilización de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para engorde de cerdos.

Parámetro	Testigo Maíz	Harina de yuca + melaza
No. días de prueba	119	112
Peso promedio/cerdo, kg		
Inicial	17.3	16.9
Final	93.7	97.6
Ganancia diaria, kg	0.64	0.72
Consumo total/cerdo, kg		
Ración total	228	265
Maíz o harina de yuca	189	121
Melaza	-	62
Torta de soya	28	70

dos experimentales obtenidos con cerdos sugieren que las raciones para esta especie animal pueden incluir niveles de harina de yuca algo más altos que para aves.

Aunque en la práctica las raciones de costo mínimo para cerdos incluirían niveles de harina de yuca del orden de 30-40%, el Cuadro 8 presenta las cantidades de raciones requeridas para cada período del ciclo de vida del cerdo, utilizando harina de yuca como substituto total de los granos de cereales y torta de soya como la única fuente proteica. La diferencia entre la adición de las cantidades de harina de yuca y de torta de soya y la cantidad de dieta total, está representada por los suplementos de minerales y vitaminas requeridos para cubrir las necesidades de estos nutrientes.

Cuadro 8. Cantidad de ración total e ingredientes básicos para un programa de alimentación con harina de yuca y torta de soya, para el ciclo de vida del cerdo (en kilogramos).

Alimentos	Período			
	Crecimiento y acabado	Pregestación y gestación	Lactancia	
			Cerda	Lechones
Ración total	216	428	293	51
Harina de yuca	158	311	196	26
Torta de soya	48	97	83	18

Utilización de yuca en alimentación de rumiantes - Yuca forrajera

Debido a su composición química, el uso más adecuado de las raíces de yuca y de sus productos derivados es en la alimentación de no-rumiantes, especialmente aves y cerdos. Por otro lado, la disponibilidad de vastas extensiones para producción de pastos hace que la explotación de ganado lechero y de carne, en gran parte de las regiones de América Latina, se realice en un sistema extensivo de pastoreo. Sin embargo, la tendencia en ciertas áreas a los sistemas intensivos de producción, especialmente para ganado lechero, permite considerar el empleo de productos derivados de la yuca en la alimentación de rumiantes.

Aunque la harina de raíces de yuca podría emplearse en la alimentación de terneros y en los suplementos para vacas lecheras de alta producción, uno de los potenciales del cultivo de la yuca para alimentación de rumiantes reside en la utilización de las hojas o follaje (hojas y tallos tiernos) de plantas sembradas para la producción de raíces. Estas partes de las plantas serían prácticamente un subprodùcto del cultivo de la yuca. Dependiendo de la parte de la planta que se aproveche, su composición química variará considerablemente. Si solamente se utilizaran las hojas, el contenido de proteína sería del orden de 23-28% en base seca, pero si se inclu-

yen los pecíolos y las ramas verdes apicales el contenido se reduciría a 18-21% de proteína; una relación inversa se apreciaría en el contenido de fibra que suele ser de alrededor de 9% para hojas solas, pero que aumenta a 20-25% cuando se incorpora toda la parte verde superior de la planta. La recolección de hojas solas demanda mucha mano de obra y la producción total de hojas varía considerablemente entre las diferentes variedades de yuca y puede ser afectada por factores climáticos (especialmente precipitación), edáficos y por ataque de plagas y enfermedades. Por tanto, el costo de producción de hojas de yuca, o de un producto seco (harina) mediante secado al sol, sería muy costoso como para justificar su obtención para alimentación de rumiantes; este tipo de producto podría ser empleado como un alimento proteico para monogástricos o como un alimento que aporte pigmentos naturales en raciones, especialmente cuando contengan altos niveles de harina de raíces de yuca, para gallinas ponedoras.

A pesar de que el follaje (hojas y tallos tiernos) de las plantas de yuca sembradas para producir raíces constituye un potencial relativamente poco explorado para la alimentación animal, se requieren más datos agronómicos para determinar las condiciones óptimas para obtener los máximos rendimientos. Aspectos como la posibilidad de podar por lo menos parte de la parte aérea durante el transcurso del ciclo vegetativo de la planta y los efectos sobre el rendimiento de las raíces así como la selección de variedades con elevada producción de follaje deberán ser estudiados con más detalle.

La producción de yuca forrajera representa el mayor potencial de utilización de este cultivo para la alimentación de rumiantes. Aumentando el número de plantas por hectárea a 111,000 mediante la siembra con espaciamiento de 30 x 30 cm se obtuvo un rendimiento de materia seca de más de 30 toneladas/ha durante un año, con cuatro cortes o cosechas (cada 90 días) de toda la parte aérea de la planta (Moore, 1976). Disminución del número de cosechas por año o de la cantidad de plantas por hectárea se reflejó en una reducción de la producción de forraje de yuca.

El forraje de yuca tiene un alto valor alimenticio para rumiantes. Harina de forraje de yuca utilizada para alimentar vacas lecheras ha demostrado tener un valor nutricional casi igual al del heno de alfalfa (Echandi, 1952). Combinaciones de 75-25 y 50-50% de pasto elefante y forraje de yuca fresco, respectivamente, produjeron mejores ganancias de peso en novillos de engorde que cuando se usó solamente pasto elefante (Moore, 1967) y estos resultados fueron producidos principalmente por el nivel proteico aportado por el forraje de yuca. La posibilidad de ensilar el forraje de yuca puede aumentar aún más su potencial de uso en explotaciones de ganadería intensiva.

La yuca forrajera puede igualmente secarse al sol para producir un heno y luego molerlo en harina; la composición química de este tipo de harina se mostró en el Cuadro 1 y se puede observar que su contenido de nutrientes se compara favorablemente con el del heno de alfalfa. Es posible utilizar niveles relativamente altos de harina de yuca forrajera en raciones de cerdas gestantes, pero debido a su alto contenido de fibra tiene sus li-

mitaciones de uso para cerdos en crecimiento o para pollos de engorde.

Recientemente se ha reportado que además de su contenido de cianuro, el forraje de yuca contiene taninos condensados, los cuales pueden reducir la digestibilidad de la proteína posiblemente como resultado de la formación de complejos taninos-proteína los cuales no son digeribles o por los efectos de los taninos sobre la actividad de las enzimas proteolíticas (Reed et al., 1982). La formación de complejos taninos-proteína sería de mayor importancia en la alimentación de rumiantes pues ocasionarían una reducción del valor proteico del forraje de yuca; los efectos inhibidores de los taninos sobre la utilización de la proteína de harina de follaje o de forraje de yuca sería de mayor relevancia para animales monogástricos y explicarían los resultados de evaluaciones nutricionales previamente realizadas con esta clase de productos en aves (Ross and Enriquez, 1969); cerdos (Gómez et al., 1981); y animales de laboratorio (Eggum, 1970).

Por las razones expuestas, es evidente que el potencial de uso de las raíces, del follaje y del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes tiene grandes perspectivas futuras. La producción de yuca forrajera, sin embargo, requiere mayores estudios en lo referente a los aspectos agronómicos, los factores que pueden afectar su calidad nutricional y la rentabilidad de este tipo de cultivo comparada con los tradicionalmente usados para alimentación de rumiantes.

Conclusiones

Las raíces de yuca constituyen aproximadamente el 50% del peso total de las plantas al momento de la cosecha, entre los 9 y 12 meses de edad del cultivar. Las raíces pueden ser utilizadas en su totalidad para alimentación animal, especialmente para aves y cerdos, en la forma de harina, la cual se obtiene después de picar las raíces completas en trozos o astillas, secarlos al sol y luego moliendo los trozos secos para incorporarlos como harina en los alimentos balanceados. Las raíces frescas o ensiladas pueden también ser utilizadas para la alimentación de cerdos y de ganado.

El follaje de yuca representa el 10-15% del peso total de la planta y puede ser utilizado como follaje fresco para la alimentación de ganado. El follaje seco constituye una fuente apreciable de proteínas que puede ser usado en la alimentación de aves y cerdos. La alta concentración de pigmentos naturales en este producto lo constituye en un suplemento de estos compuestos para la alimentación de gallinas ponedoras, especialmente cuando las raciones contienen altos niveles de harina de raíces de yuca. La parte leñosa del tallo es normalmente utilizada para la obtención de estacas, las cuales son usadas para la propagación vegetativa del cultivo.

A pesar de las cualidades nutricionales de las diferentes partes de la planta de yuca, en especial de las raíces, su utilización en alimentación animal en la mayoría de países de América Latina es relativamente restringida. Una de las razones que explica esta situación es el alto precio de las raíces frescas resultante de una limitada producción del cultivo con miras al abastecimiento de raíces para consumo humano. Las perspectivas

de incrementar la utilización del cultivo para alimentación animal serán hechas realidad cuando se logren incrementos de producción que resulten en precios de la materia prima suficientemente bajos que permitan su procesamiento para este mercado. Variedades de alto rendimiento y prácticas agronómicas que se orienten a aumentar la productividad del cultivo parecen ser estrategias tan o más promisorias que la de aumentar el área del cultivo.

A nivel de utilización, los factores más importantes a considerar son el precio de la harina o producto de yuca a usarse y su calidad, en términos comparativos con los ingredientes que substituiría en los alimentos balanceados. En América Latina, el mercado más atractivo para el uso de la harina de raíces de yuca en alimentación animal es la avicultura y en menor grado la porcicultura. Para los efectos de substitución es necesario considerar que la harina de yuca tendría un precio equivalente al 80-85% del precio del sorgo o del maíz; en caso de que el precio de la harina fuera menor se podría incrementar los niveles de inclusión en las raciones de animales domésticos, especialmente de cerdos.

Aunque la utilización de las raíces para alimentación animal es uno de los mercados alternativos de mayor importancia económica para limitar la creciente importación de granos de cereales, existen otros usos que de acuerdo a las condiciones de cada lugar pueden eventualmente ser tan o más rentables que el de la alimentación animal. Estudios de la factibilidad económica de los programas de desarrollo agro-industrial del cultivo orientados a satisfacer la demanda de la producción pecuaria deben ser realizados a nivel local o regional para estimar sus probabilidades de éxito.

BIBLIOGRAFIA

Armas, A.E. y C.F. Chicco. 1973. Evaluación de la harina de yuca (Manihot esculenta) en raciones para pollos de engorde. Agronomía Tropical (Venezuela) 23,593-599.

Bruijn, G.H. de. 1973. The cyanogenic character of cassava (Manihot esculenta). In Nestel, B. and R. Macintyre, ed. Chronic Cassava Toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Ottawa. International Development Research Centre. IDRC-010e, 43-48.

Coursey, D.G. and D. Halliday. 1974. Cassava as animal feed. Outlook Agric. 8,273.

Chou, K.C. and Z. Müller. 1972. Complete substitution of maize by tapioca in broiler rations. In Australiasian Poultry Science Convention, Auckland, 1972. Proceedings New Zealand, World's Poultry Science Association, 149-160.

Chou, K.C., K.C. Nah and Z. Müller. 1973. Replacement of maize by high level of tapioca meal in rations for growing and finishing pigs. Kajian Veterinaire (Malaysia-Singapore) 5,3-10.

Echandi, M.O. 1952. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. Turrialba 2,166-169.

Eggum, B.O. 1970. The protein quality of cassava leaves. British J. Nutrition. 24,761-768.

Enriquez, V.F., C. Arteaga F. y E. Avila G. 1977. Harina de yuca (Manihot esculenta) en dietas para pollos de engorde y gallinas de postura. Técnica Pecuaria (México). 32,53-57.

Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1967. The value of cassava root meal for chicks. Poultry Science 46, 622-626.

Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1972. Cassava root meal in grower and layer diets. Poultry Science 51,228-232.

Falanghe, O. 1949. Substituição dos farelos de trigo por farelos de arroz e mandioca na alimentação de poedeiras. Biológico 15,35-38.

Gómez, G. 1977. Life-cycle swine feeding systems with cassava. In Nestel, B. and M. Graham, ed., Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977, International Development Research Centre. IDRC-095e,65-71.

Gómez, G. 1979. Cassava as a swine feed. World Animal Review. 29,13-20.

Gómez, G. 1981. Evolução de Pesquisas com Mandioca para Alimentacão Animal no Centro Internacional de Agricultura Tropical. En Simposio sobre Usos Alternativos da Mandioca-Ração Animal, EMBRAPA/CNPMF, Cruz das Almas, Bahía, Brasil, 29 Septiembre - 1 Octubre, 1981. 18p.

Gómez, G. 1982. Cassava, cyanide and animal nutrition. In Workshop on Cassava Toxicity and Thyroid: Research and Public Health Issues, held at Ottawa, May 31-June 2, 1982. International Development Research Centre. In press.

Gómez, G., C. Camacho y J.H. Maner. 1976. Utilización de yuca fresca y harina de yuca en alimentación porcina. En Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, México, 8-12 Marzo 1976., 91-102.

Gómez, G., C. Camacho and J.H. Maner. 1977. Utilization of cassava-based diets in swine feeding. In Cock, J.H., R. Macintyre and M. Graham, ed., Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, CIAT, Colombia, 1-7 August 1976. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-080e,262-266.

Gómez, G., J. Santos y M. Valdivieso. 1981. Utilización de la yuca en alimentación porcina. En VII Curso Intensivo Adiestramiento Posgrado en Investigación para la Producción de Yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia.,31p.

Hamid, K. and S. Jalaludin. 1972. Utilization of tapioca in rations for laying poultry. Malaysian Agricultural Research 1,48-53.

Jalaludin, S. and S.K. Leong. 1973. Response of laying hens to low and high levels of tapioca meal. Malaysian Agricultural Research 2,47-51.

Job, T.A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effect of sulphur sources on cyanide detoxification. Dept. Animal Science, University of Ibadan, Nigeria (Ph.D. Thesis).

Khajarern, S., J.M. Khajarern, N. Kitpanit and Z.O. Müller. 1977. Cassava in the Nutrition of Swine. In Nestel, B. and M. Graham, ed. Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April, 1977. International Development Research Centre. IDRC-095e, 56-64.

Maner, J.H. 1972. La yuca en la alimentación de cerdos. En Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, 18-21 Septiembre 1972, 189-227.

Maner, J.H., J. Buitrago and I. Jiménez. 1967. Utilization of yuca in swine feeding. In Proceedings 1st Intern. Symposium on Tropical Root Crops, St. Augustine, Trinidad, 62-71.

Maner, J.H. and G. Gómez. 1973. Implicaitons of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations. In Nestel, B. and R. MacIntyre, ed., Chronic Cassava Toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, IDRC-010e,113-120.

Montilla, S.J. de J., C.R. Méndez y H. Wiedenhofer. 1969. Utilización de la harina de tubérculo de yuca, Manihot esculenta, en raciones iniciadoras para pollos de engorde. Archivos Lationamericanos de Nutrición 19,381-388.

Montilla, J., P.P. Castillo y H. Wiedenhofer. 1975. Efecto de la incorporación de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. Agronomía Tropical (Venezuela), 25,259-266.

Moore, P.C. 1976. Uso del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. En Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical, Acapulco México, 8-12 Marzo 1976. 47-62.

Müller, Z., K.C. Chou, K.C. Nah and T.K. Tan. 1972. Study on nutritive value of tapioca in economic rations for growing-finishing pigs in the tropics. UNDP/FAO Report. 35p.

Oke, O.L. 1978. Problems in the use of cassava as animal feed. Animal Feed Science and Technology 3,345-380.

Olson, D.W., M.L. Sunde and H.R. Bird. 1969. Amino acid supplementation of mandioca meal in chick diets. Poultry Science 48,1949-1953.

Pachico, D. and J.K. Lynam. 1981. Cassava Production, Marketing and Utilization. In Latin American Agriculture: Trends in CIAT Commodities. Internal Document Econ. 1.6, May 1981. 69-124.

Phalaraksh, K., C. Nikornkit, J.M. Khajarern and S. Chongsai. 1978. The economic replacement of maize by cassava root meal in starter, grower, developer and layer diets. In Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Cassava/Nutrition Project; Annual Report 1977. Khon Kaen, Thailand, 63-80.

Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa. International Development Research Centre, IDRC-020e,182p.

Reed, J.D., R.E. McDowell, P.J. Van Soest and P.J. Horvath. 1982. Condensed Tannins: A factor limiting the use of cassava forage. J.Sci.Food Agric. 33,213-220.

Ross, E. and F.O. Enriquez. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. Poultry Science 48,846-853.

Tejada de H., I. y S. Brambila. 1969. Investigación acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. Técnica Pecuaria (México) 12-13, 5-11.

Temperton, H. and F.J. Dudley. 1941. Tapioca meal as food for laying hens. Harper Adams Utility Poultry Journal 26,55-56.

Vogt, H. 1966. The use of tapioca meal in poultry rations. World's Poultry Science J. 22,113-125.

Wood, T.J. 1965. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. J.Sci.Food Agric. 16,300.

APENDICE

Cuadro 1A. Raciones de iniciación (0-4 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde.

Precio [a]	Ingrediente	Niveles de harina de yuca, %		
		0	20	30
$/kg		Porcentajes		
15	Sorgo	67.09	44.32	32.94
12	Harina de yuca	...	20.00	30.00
29	Torta de soya	21.52	22.68	23.25
35	Harina de pescado-65	8.00	8.00	8.00
38	Sebo animal	0.44	1.89	2.62
14	Harina de huesos-vapor	2.24	2.38	2.45
10	Sal	0.25	0.25	0.25
168	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20
280	Metionina	0.11	0.13	0.14
300	Coccidiostato	0.10	0.10	0.10
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05
	Nutrientes calculados, %			
	Proteína	22.13	21.18	20.70
	Calcio	0.93	0.97	0.99
	Fósforo	0.50	0.50	0.50
	Fósforo disponible	0.24	0.25	0.26
	Lisina	1.20	1.20	1.20
	Metionina	0.50	0.50	0.50
	Energía metabolizable, kcal/kg	2,950	2,950	2,950
	Costo, $/kg	20.67	20.62	20.59

[a] Precios a Junio 1982 (1 US$ = 60 pesos colombianos).

Cuadro 2A. Raciones de finalización (4-8 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde.

Precio [a]	Ingrediente	Niveles de harina de yuca, %		
		0	20	30
$/kg		porcentaje		
15	Sorgo	70.94	48.17	36.79
12	Harina de yuca	...	20.00	30.00
29	Torta de soya	19.55	20.70	21.28
35	Harina de pescado-65	5.00	5.00	5.00
38	Sebo animal	1.07	2.53	3.25
14	Harina de huesos-vapor	2.65	2.79	2.85
10	Sal	0.32	0.32	0.32
168	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20
280	Metionina	0.13	0.15	0.16
300	Coccidiostato	0.10	0.10	0.10
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05
	Nutrientes calculados, %			
	Proteína	19.67	18.72	18.25
	Calcio	0.88	0.92	0.94
	Fósforo	0.48	0.48	0.48
	Fósforo disponible	0.28	0.29	0.30
	Lisina	1.00	1.00	1.00
	Metionina	0.45	0.45	0.45
	Energía metabolizable, kcal/kg	3,000	3,000	3,000
	Costo $/kg	19.98	19.92	19.89

[a] Precios a Junio 1982 (1 US$ ≈ 60 pesos colombianos).

Cuadro 3A. Composición de suplementos proteicos para utilizarse con raíces de yuca fresca o ensilada

Ingrediente	Algodón + soya	Soya	Algodón + H.Pescado	H. Pescado
		porcentaje		
Torta de algodón (42.9)[a/]	44	...	48.5	...
Torta de soya (48.8)	44	88	...	...
Harina de pescado (53.9)	...	...	48.5	97
Harina de huesos	9	9	...	...
Sal	2	2	2	2
Premezcla comercial	1	1	1	1
Nutrientes calculados, %				
Proteína	41.0	43.6	47.5	52.3
Calcio	2.02	2.04	5.2	11.5
Fósforo disponible	1.14	1.12	2.2	5.6

[a/] Números en paréntesis indican cantidad de proteína.

Cuadro 4A. Cantidad de suplemento proteico (42% proteína) a suministrarse diariamente con raíces de yuca frescas o ensiladas, para cerdos en crecimiento y acabado.

Rango Peso vivo	SP	Aporte proteína	Yuca fresca o ensilada[a/]
kg	g	g	kg
15-20	500	210	1.0-1.2
20-35	600	252	1.2-2.5
35-50	700	294	2.5-3.5
50-70	800	336	3.5-4.5
70-95	950	400	4.5-6.0

[a/] La cantidad de yuca fresca o ensilada se establecerá de acuerdo al consumo diario observado; las cantidades indicadas pueden servir de guía.

Cuadro 5A. Raciones de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca para cerdos en crecimiento y acabado.

Precio [a/]	Ingrediente	Niveles de harina de yuca en raciones de			
		Crecimiento		Acabado	
		0	30	0	30
$/kg		porcentajes			
15	Sorgo	66.90	35.50	71.45	37.83
7	Melaza	10.00	10.00	15.00	15.00
12	Harina de yuca	...	30.00	...	30.00
30	Torta de soya	3.64	5.48	0.29	...
21	Torta de algodón	12.00	11.46	5.71	9.38
33	Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00
14	Harina de huesos-vapor	1.32	0.95	1.88	1.00
2	Carbonato de calcio	0.49	0.96	0.03	0.71
10	Sal	0.39	0.39	0.39	0.39
160	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20	0.20
240	Antibióticos	0.05	0.05	0.05	0.05
38	Sebo animal	...	...	...	0.43
	Nutrientes calculados, %				
	Proteína	16.86	15.36	13.16	12.18
	Calcio	0.84	0.96	0.80	0.89
	Fósforo total	0.62	0.64	0.60	0.60
	Fósforo disponible	0.14	0.10	0.20	0.10
	Lisina	0.70	0.70	0.50	0.50
	Metionina	0.29	0.26	0.23	0.22
	Energía digestible, MCal/kg	3.15	3.15	3.15	3.15
	Costo, $/kg	16.67	15.96	15.45	14.74

[a/] Precios a inicios de 1982 (1 US$ = 60 pesos colombianos).

Cuadro 6A. Raciones de costo mínimo conteniendo harina de yuca para cerdas lactantes y lechones.

Precio [a]	Ingrediente	Niveles de harina de yuca en raciones para			
		Cerdas lactantes		Lechones	
		0	30	0	40
$/kg		porcentaje			
15	Sorgo	67.30	30.40	65.29	20.94
12	Harina de yuca	...	30.00	...	40.00
7	Melaza	13.00	15.00	5.00	5.00
21	Torta de algodón	8.00	8.00	5.00	5.00
35	Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00
29	Torta de soya	4.20	8.50	15.61	19.32
14	Harina de huesos-vapor	1.53	0.95	1.53	0.95
2	Carbonato de calcio	0.22	0.98	0.85	1.10
55	Grasa vegetal	...	0.55	1.06	1.99
10	Sal	0.40	0.40	0.39	0.39
128	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20	0.20
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05	0.05
280	Metionina	0.017	0.029	0.029	0.053
	Nutrientes calculados, %				
	Proteína	15.54	15.00	19.30	18.00
	Calcio	0.80	1.00	1.00	1.00
	Fósforo total	0.60	0.61	0.62	0.65
	Fósforo disponible	0.16	0.10	0.16	0.10
	Lisina	0.65	0.73	0.95	1.00
	Metionina	0.28	0.28	0.35	0.35
	Energía digestible, MCal/kg	3.15	3.15	3.27	3.33
	Costo, $/kg	16.37	16.09	18.80	18.35

[a] Precios a Marzo de 1982 (1 US$ = 60 pesos colombianos).

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE MATERIA SECA Y ALMIDON EN YUCA POR EL SISTEMA DE GRAVEDAD ESPECIFICA

Julio Cesar Toro*
Alonso Cañas**

Introducción

El cultivo de la yuca se ha venido incrementando en los últimos años debido principalmente al interés de los agricultores y a la atención que los investigadores han puesto en él. Por tal razón ha habido necesidad de mirar con detenimiento la posible utilización de gran parte de la producción en alimentación animal, en obtención de almidón, etc., pues el sólo consumo humano no alcanza a absorber todo el volumen producido.

El porcentaje de materia seca (% M.S.) y el contenido de almidón (% AL) comúnmente llamados factores de calidad, varían mucho entre distintas variedades. Además, se ha observado que estos factores están muy ligados con el contenido de potasio del suelo, con la edad del cultivo y el clima, principalmente la lluvia y contenido de humedad del suelo. También dependen mucho de la severidad de los ataques de plagas defoliadoras (Trips, gusano cachón, etc.) y agentes defoliantes como el granizo, (Ernesto Celis y Luis Fernando Cadavid, com. pers.). Por estas razones se hace necesario estimar el rendimiento en términos de materia seca en la raíz, o rendimiento de almidón, a partir del rendimiento de raíces frescas en cada cosecha.

Estas determinaciones se pueden hacer:

A) Por métodos de laboratorio los cuáles requieren mucho trabajo y tiempo.

B) Con un hidrómetro. Este se emplea mucho en papa pero parece que se puede adaptar para yuca, según comunicación personal del Dr. Guillermo Gómez.

C) Por medio de la gravedad específica de la raíz. Este último método se empezó a usar desde que se comprobó la relación existente entre la gravedad específica de la raíz y su contenido de materia seca y entre la gravedad específica de la raíz y su contenido de almidón.

La forma para determinar la gravedad específica es bastante sencilla, todo lo cual hace que sea una práctica útil y al alcance de cualquier agricultor a nivel de finca o procesadora para la extracción de almidón.

Materiales y Métodos

1) Materiales.

a) 1 Balanza de brazo que pese hasta 3 kilos de gramo en gramo y divisiones en decigramos.

* Ingeniero Agrónomo, Programa de Yuca, CIAT
** Tecnólogo Agropecuario, Programa de Yuca, CIAT

b) 1 Recipiente con suficiente agua para que la muestra quede sumergida.
c) 1 Canastilla de malla metálica, con base cuadrada y capacidad para 3.0 kg de yuca.
d) Bolsas plásticas o de papel para 3.0 kg.
e) 2 Metros de hilo plástico
f) 1 Gancho de alambre en forma de "S"
g) 1 Tabla para colocar la balanza, con una perforación a nivel del eje del plato de la balanza. Puede ser de 25 x 60 cm.
h) 1 Marco de mesa con 4 patas. El lado puede ser de 50 cm y la longitud de las patas puede ser de 73 cm.
i) 1 Lápiz o marcador de tinta permanente.
j) 1 Machete o espátula de madera.

2) Método.

A) Toma de muestras. Estas se deben tomar en el campo de raíces recién cosechadas preferiblemente. Pueden ser 3 ó 4 para cada variedad o lote, cuidando que sean representativas; para esto se incluyen raíces grandes y pequeñas, gruesas y delgadas. Se calculan más de 3.0 kg para cada muestra. Se limpian con el lomo de un machete o con una espátula de madera; se les cortan las raicillas y el pedúnculo. Luego se empacan en las bolsas previamente identificadas y se llevan al sitio donde se van a efectuar las mediciones. Este sitio debe estar libre de corrientes de aire, ya que el viento afecta las lecturas.

B) Peso fresco de raíces en el aire (PFRAI). Pesar la muestra de cada bolsa individualmente. Es aconsejable tomar siempre el mismo PFRAI para todas las muestras, procurando que no sea inferior a 3.0 kg. Esta es una medida preventiva para evitar que se haga una lectura errónea puesto que toda muestra que tenga gran dispersión se repite para verificarla inmediatamente, cosa que no ocurriría si el peso de la muestra fuera variable. Las raíces de yuca no tienen que estar enteras necesariamente. Una vez se tenga el PFRAI, se empaca nuevamente la muestra en su respectiva bolsa.

C) Peso Fresco de Raíces en el Agua (PFRAG). En un recipiente lleno de agua se introduce la canastilla de malla metálica debidamente atada por el hilo de plástico en forma tal que la canastilla quede bien equilibrada. En el otro extremo se amarra el gancho y se hace pasar por la perforación de la tabla para sujetarlo a la parte inferior del eje del plato de la balanza. La canastilla debe quedar totalmente sumergida sin que ésta ni la cuerda queden rozando con algo.

Hecho esto, se tara la balanza en cero y se coloca la muestra en la canastilla. El PFRAG se anota al frente de su respectivo PFRAI. Cuando se terminan los pesajes se puede calcular la gravedad específica empleando la siguiente formula:

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{\text{PFRAI}}{\text{PFRAI} - \text{PFRAG}}$$

El resultado se debe dar con cuatro cifras decimales. Wania Goncalvez de Fukuda, quien trabajó bajo la orientación del Dr. K. Kawano, preparó una tabla a la cual se le han hecho algunas adiciones para ampliar su aplicabili-

dad. Estas tablas son apropiadas para variedades de yuca cosechadas entre 10 y 12 meses de edad para las condiciones normales de producción de yuca en Colombia (3), y en ellas se encuentran los porcentajes de materia seca y almidón para densidades desde 1.0200 hasta 1.1900 (Tabla I).

Con la tabla anterior se ha elaborado otra más resumida (Tabla II), la cual permite hallar el % M.S. y el % AL conociendo el PFRAG, expresado en gramos con una cifra decimal, de una muestra cuyo PFRAI sea igual a 3.0 kg. Aquí se ve nuevamente la conveniencia de tomar PFRAI de 3 kilos porque permite usar una tabla resumida y da más seguridad, como se dijo antes, en la confiabilidad de la lectura del PFRAG, ya que se ha encontrado que una variación en el PFRAG de 16.7 g, hace variar en 1% los contenidos de materia seca y almidón (4).

Conclusiones

1) La determinación del contenido de materia seca y del contenido de almidón en la yuca es una práctica de fácil adopción y gran utilidad, ya que permite identificar las variedades con mayor contenido de materia seca.

2) La gravedad específica de las raíces de yuca para determinar el contenido de almidón es el método más sencillo y eficiente en la actualidad.

TABLA I TABLA DE CONVERSION PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y ALMIDON DE LA YUCA. 1/

DENSIDAD	% MS	% AL	DENSIDAD	% MS	% AL
1.0200	19.53	17.73	1.0405	22.73	20.86
05	19.61	17.80	10	22.81	20.93
10	19.69	17.88	15	22.89	21.01
15	19.76	17.96	20	22.97	21.09
20	19.84	18.03	25	23.04	21.16
25	19.92	18.11	30	23.12	21.24
30	20.00	18.19	35	23.20	21.31
35	20.08	18.26	40	23.28	21.39
40	20.15	18.34	45	23.36	21.47
45	20.23	18.41	50	23.43	21.54
50	20.31	18.49	55	23.51	21.62
55	20.39	18.57	60	23.59	21.70
60	20.47	18.64	65	23.67	21.77
65	20.54	18.72	70	23.75	21.85
70	20.62	18.80	75	23.82	21.92
75	20.70	18.87	80	23.90	22.00
80	20.78	18.95	85	23.98	22.08
85	20.86	19.03	90	24.06	22.15
90	20.93	19.10	95	24.14	22.23
95	21.01	19.18	1.0500	24.22	22.31
1.0300	21.09	19.25	05	24.29	22.38
05	21.17	19.33	10	24.37	22.46
10	21.25	19.41	15	24.45	22.54
15	21.33	19.48	20	24.53	22.61
20	21.40	19.56	25	24.61	22.69
25	21.48	19.64	30	24.68	22.76
30	21.56	19.71	35	24.76	22.84
35	21.64	19.79	40	24.84	22.92
40	21.72	19.86	45	24.92	22.99
45	21.79	19.94	50	25.00	23.07
50	21.87	20.02	55	25.07	23.15
55	21.95	20.09	60	25.15	23.22
60	22.03	20.17	65	25.23	23.30
65	22.11	20.25	70	25.31	23.37
70	22.18	20.32	75	25.39	23.45
75	22.26	20.40	80	25.46	23.53
80	22.34	20.47	85	25.54	23.60
85	22.42	20.55	90	25.62	23.68
90	22.50	20.63	95	25.70	23.76
95	22.57	20.70	1.0600	25.78	23.83
1.0400	22.65	20.78			

1 Tomado de CIAT, 1978. Curso de Producción de Yuca. Ed. Pre. (1): 353-356.

DENSIDAD	% MS	% AL	DENSIDAD	% MS	% AL
1.0605	25.86	23.91	1.0855	29.77	27.72
10	25.93	23.99	60	29.84	27.80
15	26.01	24.06	65	29.92	27.88
20	26.09	24.14	70	30.00	27.95
25	26.17	24.21	75	30.08	28.03
30	26.25	24.29	80	30.16	28.11
35	26.32	24.37	85	30.23	28.18
40	26.40	24.44	90	30.31	28.26
45	26.48	24.52	95	30.39	28.34
50	26.56	24.60	1.0900	30.47	28.41
55	26.64	24.67	05	30.55	28.49
60	26.71	24.75	10	30.62	28.56
65	26.79	24.82	15	30.70	28.64
70	26.87	24.90	20	30.78	28.72
75	26.95	24.98	25	30.86	28.79
80	27.03	25.05	30	30.94	28.87
85	27.10	25.13	35	31.01	28.95
90	27.18	25.21	40	31.09	29.02
95	27.26	25.28	45	31.17	29.10
1.0700	27.34	25.36	50	31.25	29.17
05	27.42	25.44	55	31.33	29.25
10	27.50	25.51	60	31.41	29.33
15	27.57	25.59	65	31.48	29.40
20	27.65	25.66	70	31.56	29.48
25	27.73	25.74	75	31.64	29.56
30	27.81	25.82	80	31.72	29.63
35	27.89	25.89	85	31.80	29.71
40	27.96	25.97	90	31.87	29.79
45	28.04	26.05	95	31.95	29.86
50	28.12	26.13	1.1000	32.03	29.94
55	28.20	26.20	05	32.11	30.01
60	28.28	26.28	10	32.19	30.09
65	28.35	26.36	15	32.26	30.17
70	28.43	26.43	20	32.34	30.24
75	28.51	26.51	25	32.42	30.32
80	28.59	26.59	30	32.50	30.40
85	28.67	26.66	35	32.58	30.47
90	28.74	26.74	40	32.65	30.55
95	28.82	26.81	45	32.73	30.62
1.0800	28.90	26.89	50	32.81	30.70
05	28.98	26.96	55	32.89	30.78
10	29.06	27.04	60	32.97	30.85
15	29.14	27.11	65	33.05	30.93
20	29.22	27.19	70	33.12	31.01
25	29.30	27.27	75	33.20	31.08
30	29.37	27.34	80	33.28	31.16
35	29.45	27.42	85	33.36	31.24
40	29.53	27.50	90	33.44	31.31
45	29.61	27.57	95	33.51	31.39
50	29.69	27.65	1.1100	33.59	31.46

DENSIDAD	% MS	% AL	DENSIDAD	% MS	% AL
			1.1355	37.57	35.36
05	33.67	31.54	60	37.65	35.43
10	33.75	31.62	65	37.73	35.51
15	33.83	31.69	70	37.80	35.59
20	33.90	31.77	75	37.88	35.66
25	33.98	31.85	80	37.96	35.74
30	34.06	31.92	85	38.04	35.81
35	34.14	32.00	90	38.12	35.89
40	34.22	32.07	95	38.19	35.97
45	34.29	32.15	1.1400	38.27	36.04
50	34.37	32.23	05	38.35	36.12
55	34.45	32.30	10	38.43	36.20
60	34.53	32.38	15	38.51	36.27
65	34.61	32.46	20	38.59	36.35
70	34.69	32.53	25	38.66	36.42
75	34.76	32.61	30	38.74	36.50
80	34.84	32.69	35	38.82	36.58
85	34.92	32.76	40	38.90	36.65
90	35.00	32.84	45	38.98	36.73
95	35.08	32.91	50	39.05	36.81
1.1200	35.15	32.99	55	39.13	36.88
05	35.23	33.07	60	39.21	36.96
10	35.31	33.14	65	39.29	37.04
15	35.39	33.22	70	39.37	37.11
20	35.46	33.30	75	39.44	37.19
25	35.54	33.37	80	39.52	37.26
30	35.62	33.45	85	39.60	37.34
35	35.70	33.52	90	39.68	37.42
40	35.77	33.60	95	39.76	37.49
45	33.85	33.68	1.1500	39.84	37.57
50	35.93	33.75	05	39.91	37.65
55	36.01	33.83	10	39.99	37.72
60	36.09	33.91	15	40.07	37.80
65	36.16	33.98	20	40.15	37.87
70	36.24	34.06	25	40.23	37.95
75	36.32	34.14	30	40.30	38.03
80	36.40	34.21	35	40.38	38.10
85	36.48	34.29	40	40.46	38.18
90	36.55	34.36	45	40.54	38.26
95	36.63	34.44	50	40.62	38.33
1.1300	36.71	34.52	55	40.69	38.41
05	36.79	34.59	60	40.77	38.49
10	36.87	34.67	65	40.85	38.56
15	36.95	34.75	70	40.93	38.64
20	37.02	34.82	75	41.01	38.71
25	37.10	34.90	80	41.08	38.79
30	37.18	34.97	85	41.16	38.87
35	37.26	35.05	90	41.24	38.94
40	37.34	35.13	95	41.32	39.02
45	37.41	35.20	1.1600	41.40	39.10
50	37.49	35.28			

DENSIDAD	% MS	% AL	DENSIDAD	% MS	% AL
			1.1855	45.38	45.38
05	41.48	39.18	60	45.46	43.06
10	41.55	39.25	65	45.54	43.14
15	41.63	39.33	70	45.61	43.22
20	41.71	39.41	75	45.69	43.29
25	41.79	39.48	80	45.77	43.37
30	41.87	39.56	85	45.85	43.45
35	41.94	39.64	90	45.93	43.52
40	42.02	39.71	95	46.00	43.60
45	42.10	39.79	1.1900	46.08	43.67
50	42.18	39.86			
55	42.26	39.94			
60	42.33	40.02			
65	42.41	40.09			
70	42.49	40.17			
75	42.57	40.25			
80	42.65	40.32			
85	42.72	40.40			
90	42.80	40.47			
95	42.88	40.55			
1.1700	42.96	40.63			
05	43.04	40.70			
10	43.12	40.78			
15	43.19	40.86			
20	43.27	40.93			
25	43.35	41.01			
30	43.43	41.08			
35	43.51	41.16			
40	43.59	41.24			
45	43.66	41.31			
50	43.74	41.39			
55	43.82	41.47			
60	43.90	41.54			
65	43.98	41.62			
70	44.06	41.70			
75	44.13	41.77			
80	44.21	41.84			
85	44.29	41.92			
90	44.37	42.00			
95	44.45	42.07			
1.1800	44.52	42.15			
05	44.60	42.22			
10	44.68	42.30			
15	44.76	42.38			
20	44.83	42.45			
25	44.91	42.53			
30	44.99	42.61			
35	45.07	42.68			
40	45.15	42.76			
45	45.22	42.84			
50	45.30	42.91			

TABLA 11 CONTENIDO (%) DE MATERIA SECA Y ALMIDON EN YUCA CON BASE EN EL PESO ESPECIFICO DE LAS RAICES. 1/

PFRAI = 3.000 g

PFRAG	% MS	% AL	PFRAG	% MS	% AL
58.8	20	18	296.0	34	32
77.4	21	19	311.8	35	33
95.8	22	20	327.4	36	34
112.6	23	21	342.8	37	35
130.6	24	22	359.0	38	36
148.3	25	23	371.9	39	37
165.8	26	24	386.7	40	38
183.1	27	25	401.5	41	39
198.9	28	26	416.0	42	40
215.8	29	27	430.4	43	41
232.5	30	28	443.5	44	42
248.9	31	29	457.6	45	43
265.2	32	30	471.5	46	44
280.1	33	31	-	-	-

[1] Tomado de CIAT, 1979. Manual de Producción de Yuca. Ed. Pre. E-79

BIBLIOGRAFIA

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1976. Sistemas de Producción de Yuca. Informe Annual 1975. Cali, Colombia, pp. B44-B45.

2. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1978. Método para determinación del contenido de materia seca y almidón en la yuca por el sistema de gravedad específica. In Curso de Producción de Yuca. Cali, Colombia. Ed. Pre. Tomo I, pp. 352-356

3. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. 1978. Métodos usados en el CIAT para la determinación de Carbohidratos, almidones y azúcares en yuca. In Curso de Producción de Yuca. Cali, Colombia. Ed. Pre. Tomo I. pp. 416-420.

4. COURS, G. 1951. Le Manioc a Madagascar. Memoirs de L'Institute Scientifique de Madagascar. Tome III. Series B203-400.

5. GROSSMANN, J. and FREITAS, A.C. 1950. Determinaçao do Teor de Materia Seca pelo Peso Específico em Raizes de Mandioca. Revista Agronómica, Porto Alegre, R.S. Brasil. 14:75-80.

6. KROCHMAL, A. and KILBRIDE B. 1966. An inexpensive Laboratory Method for Cassava Starch Extraction. Universidad de Puerto Rico. Jour. Agri. 50 (3): 252-253.

EVALUACIONES AGRONOMICAS Y ECONOMICAS

NUEVA GUIA PARA LA CONDUCCION
DE PRUEBAS REGIONALES.

SISTEMA PARA LA TOMA DE DATOS
EN PRUEBAS REGIONALES.

METODOLOGIA EN LOS ENSAYOS A
NIVEL DE FINCA.

ANALISIS ECONOMICO DE UN
ENSAYO DE FERTILIZACION EN YUCA.

NUEVA GUIA PARA LA CONDUCCION DE PRUEBAS REGIONALES DE YUCA

Julio Cesar Toro
Ernesto Celis
Gustavo Jaramillo

Una prueba regional no es más que un experimento donde un número considerable de variedades (no más de 24), se evaluan agronómicamente bajo una tecnología uniforme en un amplio rango de regiones edafo-climáticas, con el objetivo principal de medir su potencial de rendimiento en comparación con la variedad o variedades locales prevalentes en cada localidad de prueba. Como el Programa de Yuca por razones logísticas no puede mantener un Banco de Germoplasma en cada una de las regiones productoras de yuca de Colombia y que a la vez representen áreas similares en el mundo, se hace necesario evaluar los materiales promisorios a través de regiones productoras con características de suelo y clima contrastantes.

Las pruebas regionales son realmente un complemento necesario para los Fitomejoradores, ya que los Agrónomos que las conducen pueden constatar o nó las bondades de los materiales genéticos promisorios después que estos han pasado por ensayos avanzados de rendimiento. Además del objetivo principal se quiere también extrapolar los resultados a otras partes del mundo con regiones similares.

Pasos Necesarios

Identificar Colaboradores.

Las instituciones nacionales seleccionadas para colaborar o conducir por si mismas una o varias pruebas deben primero que todo tener necesidad e interés antes que se piense sembrar una prueba, de lo contrario sería una pérdida lamentable de tiempo, dinero y esfuerzo.

Seleccionar Localidades.

En cualquier país se debe tener en cuenta tanto las regiones productoras de yuca actuales, como las que ofrezcan algún potencial para expansión de la frontera agrícola si existe. En otras palabras los sitios seleccionados deben ser representativos de grandes regiones productoras. Además los sitios para las pruebas deben estar ubicados en lugares fácilmente accesibles y visibles de tal manera que los agricultores que pasen puedan desarrollar alguna curiosidad.

Identificar el Responsable.

Esta es una tarea bastante difícil ya que rara vez se consigue una persona idonea y responsable a quien se le pueda confiar la prueba y por consiguiente el cuidado de la misma y los resultados que se obtengan. Lo más indicado es dar capacitación adecuada y específica a la persona que se encarga de conducir una prueba para poder tener la certeza de que los datos que se toman son

finos, confiables y que representan y significan algo.

Epoca de Siembra.

Esta se decide después de una amplia encuesta con agricultores de la región. Sin embargo si el sistema de lluvias permite definir 2 épocas muy marcadas es conveniente sembrar una prueba en cada época diferente. Como las pruebas no reciben riego artificial generalmente se deben sembrar al inicio del período de lluvias de cada región.

En los Llanos Orientales de Colombia como ejemplo hay una excepción. En esta región que representa un gran potencial para yuca, llueve comúnmente de Abril a Diciembre (8 meses), pero si se siembra a principios de las lluvias generalmente ocurren ataques más fuertes de plagas y enfermedades que si se siembra hacia finales de la época de lluvias (principio de Octubre). En esta región mientras no existan materiales resistentes a las plagas y enfermedades principales se ha sembrado en el segundo semestre aunque últimamente se estableció la prueba del primer semestre cuyos resultados para el primer año no son tan malos como se esperaban.

Epoca de Cosecha.

Se debe seguir la práctica más común usada por los agricultores de la región bajo estudio. En el caso de Colombia, país que se extiende desde 4° de latitud sur hasta 12° de latitud norte, generalmente se cosecha entre los 8-10 meses en regiones por debajo de 1.000 metros de altitud. Por encima de esta altura la cosecha se demora por regla general un mes por cada 100 metros de elevación.

Diseño.

Las pruebas se deben sembrar en bloques al azar con un mínimo de cuatro repeticiones.

Tamaño de la Parcela.

Los resultados obtenidos durante los últimos años en relación con tamaño de parcela indican que estas deben tener un mínimo de 9 plantas útiles, las cuáles se cuentan después de dejar 2 surcos de borde por cada lado. Cuando sea posible se deben sembrar parcelas con un mayor número de plantas útiles.

En las pruebas regionales del Programa de Yuca del CIAT se siembran parcelas de 72 plantas (9 x 8 surcos) en los extremos de cada bloque y 64 plantas (8 x 8 surcos) en las otras parcelas, pero en ambos casos se cosechan las 24 plantas del centro.

Si al momento de la cosecha hay plantas faltantes en la parcela útil estas no se ajustan, ya que el rendimiento se debe dar por el área sembrada y nó por el número de plantas.

Surcos de Borde.

Se recomienda dejar 2 surcos de borde en cada parcela para cada variedad y eliminar así el efecto de borde debido a competencia por luz, agua y

nutrientes principalmente, debido también a diferentes hábitos de crecimiento de las variedades.

Calles.

Es conveniente dejar callejones entre bloques no solo para facilitar la toma de datos, sino también para propósitos demostrativos. Cuando las condiciones lo permiten es aconsejable que estos callejones sean de 3-4 metros de ancho.

Tecnología Usada

Selección de Estacas.

Esta es tal vez la parte más importante del paquete tecnológico junto con el control de malezas. Las estacas se deben obtener de plantas maduras y sanas de las cuáles se cortan con herramienta bien afilada de un tamaño de 20-25 cms. teniendo en cuenta que posean un número de nudos no inferior a 5. El corte se hace en el aire en forma perpendicular a la longitud del tallo con machete bien afilado o sierra circular. Se deben descartar estacas con chancros, galerías, médula central muy manchada y diámetro muy pequeño. En regiones donde la Bacteriosis es común y aunque se seleccionen plantas aparentemente sanas es preferible usar estacas solamente de la parte basal de la planta o tallo primario, es decir por debajo de la primera ramificación.

Tratamiento de las Estacas.

Como es imposible encontrar resistencia varietal al gran número de insectos y patógenos que habitan en el suelo se hace un tratamiento con productos químicos que funcionan más que todo como preventivos y protectores para garantizar una brotación normal y un desarrollo inicial vigoroso. El tratamiento consiste en sumergir las estacas durante 5 minutos en una suspensión que contenga uno o dos fungicidas, o un fungicida y un insecticida, según las enfermedades o plagas que prevalecen en la región. Cuando no existen problemas, se pueden usar 6 gramos por litro de agua de cualquiera de los siguientes fungicidas: Dithane M-45 (Mancozeb), Manzate 80 (Maneb), Orthocide (Captan), Daconil (Clorotalonil), Vitigran (Oxicloruro de Cobre), Arasan (Tiram), Brassicol (PCNB), Demosan (Cloronib), Difolatan (Captafol) o Bavistin (Carbendazim). Al emplear mezclas con 2 de estos productos, se usan solamente 3 gramos de cada uno.

Para controlar insectos escama, se mezcla 1 cc. de malathion por litro de agua, con cualquiera de los fungicidas mencionados anteriormente, teniendo cuidado de mezclar primero el malathion con el agua antes de agregar el fungicida.

En el tratamiento de las estacas para los suelos Oxisoles y Ultisoles, se deben incluir con la mezcla de fungicida e insecticida 20 gramos de Sulfato de Zinc por litro de agua, sumergiéndolas en este caso por un total de 15 minutos.

Población.

Se deben sembrar 10.000 estacas por hectárea, no importa que patrón de

siembra u ordenamiento espacial se utilice.

Preparación del Suelo.

Como el producto final de la yuca más común hasta el momento son las raíces y el 80% de éstas se desarrollan en los 30 centímetros superiores del suelo, esto indica claramente la importancia de una buena preparación del suelo. Esta preparación sigue la práctica más común usada en la región teniendo en cuenta que si los suelos son arcillosos y el régimen de lluvias está por encima de los 1.200 milímetros al año, se deben hacer caballones para evitar la pudrición de las raíces.

Posición de Siembra.

En relación con el rendimiento final, muchas veces es indiferente sembrar las estacas en posición horizontal, inclinada o vertical; sin embargo, en zonas de lluvias erráticas, los resultados son más favorables si se siembran las estacas en posición vertical, la cual garantiza mejor brotación, mejor distribución de raíces alrededor del tallo y mucho mejor anclaje para evitar el volcamiento, principalmente en regiones de vientos fuertes. La mitad de la estaca debe quedar enterrada con las yemas orientadas hacia arriba.

Aplicación de Herbicida e Insecticida al Suelo.

Esta es una práctica estandar para controlar malezas e insectos del suelo en la etapa de desarrollo inicial de las plantas. Junto con el herbicida o mezcla de herbicidas recomendado se aplica 1 galon de Toxafeno ODT-40-20 o Aldrex.

CUADRO 1. MEZCLA DE HERBICIDAS PREEMERGENTES (PRODUCTO COMERCIAL) RECOMENDADA SEGUN TEXTURA DEL SUELO.

Textura	Karmex* (kg/ha)	Lazo* (ℓ/ha)
Arcilloso	2.0	3.0
Franco Limoso	1.5	2.5
Franco Arcilloso	1.5	2.0
Arenoso	1.0	2.0

* Karmex = Diuron

* Lazo = Alaclor

En cuanto a herbicida también se puede substituir el Karmex por Cotoran (Fluometuron) en la misma dosis o Goal (Oxifluorfen), en la siguiente forma. Cuando se usa Goal solo se utilizan 2 litros por hectárea en suelos de me-

dianos a pesados y cuando en mezcla 2 litros de Goal y uno de Lazo. Si se requiere una o más desyerbas cuando el cultivo tiene más de 5 meses, se puede aplicar, en forma dirigida, una mezcla de 2 litros de Gramoxone (Paraquat) y un kilo de Karmex por hectárea.

Control de Plagas y Enfermedades.

No se controlan ni insectos ni enfermedades con el fin de medir el verdadero potencial de las variedades en las condiciones naturales en que se siembran.

Fertilización.

En el caso de las pruebas regionales del Programa de Yuca del CIAT en Colombia solamente se aplica fertilizante en Carimagua, (Llanos Orientales) y Santander de Quilichao donde prevalecen suelos ácidos e infertiles Oxisoles y Ultisoles respectivamente.

Como se puede ver en el Cuadro 2, el plan de fertilización se basa en siembras contínuas de yuca en el mismo lote y en el efecto residual de los fertilizantes. La cal se aplica como elemento en cantidades limitadas, no para neutralizar la acidez del suelo, sino para proporcionar calcio a la planta.

CUADRO 2. PLAN DE FERTILIZACION PARA PRODUCCION CONTINUA DE YUCA EN SUELOS OXISOLES Y ULTISOLES (kg/ha).

Fertilizante*	Primer Año	Segundo Año	Tercer Año	Cuarto** Año
10-20-20	1.000	750	500	1.000
Cal Dolomitica	1.000	-	-	1.000
Zinc	5	5	5	5

Fuente: Howeler, CIAT, com. per. 1982.

* Cuando la yuca se siembra solamente un año, el fertilizante se debe repartir según análisis del suelo.

** Después del tercer año, el plan recomienza aunque es preferible rotar con otro cultivo entre el tercer y cuarto año.

Visitas Necesarias.

Se requiere un mínimo de 7 visitas como sigue:

a) Para seleccionar el lote y ordenar preparación del suelo

b) Para sembrar
c) Para calificar brotación a los 20-30 días
d) Para observar y controlar malezas a los 2 meses
e) Para observar plagas, enfermedades y malezas a los 4-5 meses
f) Para observar plagas, enfermedades y malezas a los 7-8 meses
g) Para cosechar

Análisis de Suelo.

Las muestras para el análisis de suelo se toman inmediatamente después de la siembra, teniendo el cuidado de recolectar una muestra por cada bloque o repetición.

Historia del Lote.

Esta debe ser lo más completa posible, incluyendo localidad, municipio, estado o provincia, latitud, altitud, temperatura promedia, promedio de lluvia anual, diferencia entre temperatura máxima y mínima, humedad relativa, clasificación del suelo, cultivo anterior, fertilizante o pesticidas usados. En cada lote se instala un pluviometro.

Toma de Datos.

Existe un libro modelo para toma de datos los cuáles se pueden pasar directamente a computador o se pueden manejar manualmente.

Los datos más importantes caen dentro de las siguientes categorías.

a) Germinación
b) Malezas prevalecientes
c) Enfermedades más comúnes
d) Plagas más comúnes
e) Deficiencia de nutrientes o toxicidades
f) Daños causados por herbicidas
g) Datos de cosecha. Estos datos por ser tán importantes se relacionan a seguir:

1. Número total de plantas por parcela
2. Número total de plantas útiles cosechadas por parcela
3. Número de plantas faltantes por parcela
4. Número total de raíces por parcela
5. Peso fresco de raíces por parcela en kilogramos
6. Número de raíces por planta
7. Area de la parcela útil
8. Raíces comerciales
9. Raíces no comerciales
10. Raíces podridas
11. Peso promedio de raíz
12. Longitud promedio de raíz
13. Diámetro promedio de raíz
14. Peso raíces en aire
15. Peso raíces en agua
16. Porciento de materia seca

17. Porciento de almidón
18. Calidad culinaria
19. Días a cosecha
20. Rendimiento en toneladas por hectárea

Criterio para Evaluación de Plagas y Enfermedades.

Toda evaluación de plagas y enfermedades se debe calibrar de 1 a 5, con incrementos de 20 a 25% para cada nivel de daño en forma tal que la ausencia de cualquier daño tenga un valor de uno.

Acabado.

Es importante tener en cuenta que después de la prueba regional se necesita hacer pruebas agronómicas de acabado, tendientes principalmente a encontrar la población óptima y la mejor edad de la variedad para la cosecha, todo lo cual se debe hacer con aquellas variedades que en cada lugar demuestren ser sobresalientes en rendimiento y otras características.

El acabado es realmente responsabilidad de la institución nacional que es la que al final recomendará o nó una variedad de alto rendimiento para entrar a ser una variedad más en una determinada región.

SISTEMA PARA LA TOMA DE DATOS EN PRUEBAS REGIONALES DE YUCA

Julio Cesar Toro *
Alonso Cañas **
Eduardo Granados ***

Introducción

Las Pruebas Regionales de Yuca fueron creadas principalmente para medir el potencial de rendimiento de las variedades promisorias en un amplio rango de condiciones ecológicas, bajo una tecnología uniforme teniendo como testi - go la mejor variedad local en cada región.

El Libro de campo que se presenta a continuación comprende un sistema de registro de Datos que se ha elaborado en base a la experiencia con pruebas regionales en el CIAT durante 7 años; permite hacer un mejor uso del tiempo mediante la simplificación en la toma de datos y la sistematización del análisis y evita errores en la manipulación y transcripción de la información.

La información se agrupa en 8 "registros" que contienen cada uno datos sobre aspectos expecíficos. Los 8 registros basicos son:

1. Datos generales sobre la localidad.
2. Análisis de suelo.
3. Establecimiento del cultivo.
4. Distribución en el campo.
5. Brotación, Control de Malezas, Plagas, Enfermedades.
6. Plagas, Enfermedades, Problemas por Suelo.
7. Datos de Cosecha.
8. Precipitación Diaria.

Las instrucciones requeridas para obtener la información de cada registro figuran en la misma hoja o en hojas separadas cuando es necesario. En el libro de campo que se usa en el CIAT, ésta información se ha colocado al frente o en la misma hoja de registro facilitando la labor de quien toma los datos en el campo. Ademas se usan original y copia de la hoja de registro de tal manera que el original se entrega a quien hace el análisis de los Datos (Biometria) y la copia se archiva en el programa.

---

* Agrónomo, Pruebas Regionales, Programa de Yuca CIAT
** Asistente de Pruebas Regionales, Programa de Yuca.
*** Estadístico de la Unidad de Servicio de Datos, CIAT

El libro está diseñado para un máximo de 24 variedades por prueba; en los registros 5,6 y 7 hay una hoja para cada replicación. Las Tablas de Evaluación de Plagas y Enfermedades (reg. 5 y 6) se pueden complementar si fuera necesario a partir del código 29. En todas las escalas 1.0 significa "Planta Sana" o sin síntomas visibles de daño y 5.0 = máximo daño.

El uso de este sistema de registro de datos permite unificar la información que se obtiene de las pruebas regionales dentro de cada país y a nivel internacional facilitando de esta manera el uso de la misma.

Instrucciones para llenar los registros.

Los datos deben registrarse claramente con letra de imprenta y número arábigo. La letra "O" se diferencia del cero escribiéndola así: Ø. El número "UNO" es: 1, la "I" es: I, la "ELE" es: L.

El punto de decimal para los datos que lo necesitan ya está marcado en la respectiva columna. Esto nos define entonces el número de cifras decimales requeridas en cada dato. En caso de que sobren columnas a la izquierda del punto de decimal, se llenan con cero. Si todo el dato va en número entero, debe colocarse éste en las columnas, de derecha a izquierda y se completan con ceros las que sobren.

Identificación: Común para todos los registros. La anota quien asigne la libreta.

Columna

1 y 2 Código del País.
3 a 5 Código de la localidad.
6 y 7 Período : Número de pruebas realizadas consecutivamente, desde el 01, en la localidad.
8. Tecnología: La recomendada por CIAT para cada región Agroclimatica.
9. Número del Registro.

Instrucciones para el registro 3

Columna	Fertilización y Enmiendas
35 a 37	Dar la dosis/ha del ELEMENTO
38	Fuente de N: (1) 10-20-20, (2) 10-30-10, (3) 14-14-14, (4) 15-15-15, (5) Urea, (6) Nitrato de amonio, (7) Sulfato de Amonio, (8) Otro.
39 a 41	Dosis del ELEMENTO
42	Fuente de P: (1) 10-20-20, (2) 10-30-10, (3) 14-14-14, (4) 15-15-15, (5) Superfosfato Triple, (6) Superfosfato simple, (7) Escorias Thomas, (8) Fosforita Huila, (9) Otro.
43 a 45	Dosis del ELEMENTO
46	Fuente de K: (1) 10-20-20, (2) 10-30-10, (3) 14-14-14, (4) 15-15-15, (5) Cloruro de Potasio, (6) Sulfato de Potasio, (7) Sulfomag, (8) Otro.
47 a 49	Cuando se aplique Cal, se anotará el equivalente de Carbonato de Calcio.
50 y 51	Dosis del ELEMENTO
52	Fuente de Mg: (1) Sulfato de Magnesio, (2) Oxido de Magnesio (3) Cal Dolomítica, (4) Otro.
53 y 54	Dosis del ELEMENTO
55	Fuente de Zn: (1) Sulfato de Zinc, (2) Oxido de Zinc, (3) Otro
56 y 57	Dosis del ELEMENTO
58	Fuente de B: (1) Borax, (2) Otro.

Instrucciones registro 6

Columna

55
(1) Enfermedad químicamente
(2) Enfermedad eliminando material afectado
(3) Plaga químicamente
(4) Plaga eliminando material afectado
(5) Plaga control biológico

56
(1) Problemas salinidad
(2) Problemas por alcalinidad

Columna

57 a 58 No.de Plantas Utiles afectadas por lote salino o alcalino.

62 a 63 No. de Plantas Utiles con toxicidad, pero que no estan en lote salino ni alcalino.

64 Causa de la toxicidad anterior:
(1) Herbicidad Preemergente
(2) Herbicidad Posemergente
(3) Aluminio
(4) Boro
(5) Manganeso

69 y 70 No. de Plantas Utiles que presentan deficiencias Nutricionales.

74 Elemento deficiente:
(1) Nitrogeno
(2) Fosforo
(3) Potasio
(4) Calcio
(5) Magnesio
(6) Azufre
(7) Zinc
(8) Manganeso
(9) Boro

75 Manejo de las deficiencias
(1) No se corrigen
(2) Aplicaión foliar

Instrucciones para el registro 7

Columnas

18 y 19 PUC: Número de Plantas Utiles Cosechadas.
43 Ninguno (0), Cuero de Sapo (1), Insecto "Pasador (2); Maleza "Pasador" (3), Otro (4).

TABLAS DE EVALUACION DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

(Registros 5 y 6)

Código

01 Acaros (Mononychellus sp.)

1.0 Planta sana
1.5 Acaros en cogollo, pocas puntuaciones en las hojas
2.0 Muchos ácaros, pocas puntuaciones en el cogollo y hojas terminales
3.0 Cogollo afectado, hojas adyacentes con muchas puntuaciones de un color amarillento.
4.0 Cogollo deforme, hojas adyacentes con muchos ácaros, encrespamiento de las hojas.
5.0 Cogollo muerto, defoliación con muchos ácaros, caída de las hojas.

02 Acaros (Tetranychus urticae)

1.0 Planta sana
1.5 Pocos ácaros, puntuaciones amarillentas notorias en algunas hojas.
2.0 Puntuaciones amarillentas moderadamente abundante en las hojas de la parte basal y media de la planta.
3.0 Hojas basales con zonas necróticas y encrespamiento. Caída de algunas hojas basales.
4.0 Defoliación intensa en parte media de la planta, cogollo y hojas adyacentes con muchos ácaros y amarillamiento.
5.0 Planta defoliada, cogollo muy reducido o muerto.

03 Acaros (Oligonychus peruvianus)

1.0 Planta sana
2.0 1-10 telarañas por 3 hojas basales
3.0 10-25 telarañas por 3 hojas basales
4.0 25-75 telarañas por 3 hojas basales
5.0 75 ó más telarañas por 3 hojas basales

04 Trips (Frankliniella williamsi)

1.0 Planta sana
1.5 Puntuaciones amarillas ligeras en las hojas apicales
2.0 Cogollo y hojas adyacentes con deformaciones ligeras y puntuaciones amarillas.
3.0 Deformación intensa de hojas apicales y reducción del área foliar.
4.0 Cogollo completamente deformado ó muerto, no hay hojas adyacentes.
5.0 Síntomas de escoba de bruja: muerte del ápice y yemas laterales muertas.

05 Gusano Cachón (Erinnyis ello)

1.0 Planta sana

2.0 1-3 larvas por planta, 10% de la planta afectada
3.0 3-10 larvas por planta, 10-40% de la planta afectada
4.0 10-20 larvas por planta, 40-70% de la planta afectada
5.0 20 ó más larvas por planta, 70% de la planta afectada

06 Mosca del Cogollo (Silba pendula, Carpolonchaea chalybea

1.0 Planta sana
2.0 Hasta un 25% de plantas atacada en los cogollos
3.0 Del 25-50% de plantas atacadas en los cogollos
4.0 Del 50-75% de plantas atacadas en los cogollos. Retardo del crecimiento de la planta.
5.0 Del 75-100% de plantas atacadas en los cogollos. Retardo del crecimiento de la planta.

07 Mosca de la fruta (Anastrepha pickeli, A. manihotis)

1.0 Planta sana
2.0 Perforaciones en el tallo. La planta presenta apariencia normal
3.0 Perforaciones y exudado blanco ó latex en el tallo. La planta presenta apariencia normal.
4.0 Perforaciones y exudado blanco en el tallo. Deformaciones en el cogollo.
5.0 Cogollo muerto con pudriciones y caído.

08 La Mosca Blanca (Aleurotrachelus sp., Aleurothrixus sp., Bemisia tabaci, B. tuberculata y Trialeurodes variabilis)

1.0 Planta sana
1.5 Menos del 20% de hojas infestadas por pupas. Menos de 5 pupas/hoja
2.0 20-40% de hojas infestadas por pupas. 5-10 pupas/hoja
3.0 40-60% de hojas infestadas por pupas. 10-25 pupas/hoja
4.0 40-80% de hojas infestadas por pupas. 25-50 pupas/hoja
5.0 80-100% de hojas infestadas por pupas. Más de 50 pupas/hoja

09 Chizas Blancas (Larvas de coleópteros pertenecientes a las familias Scarabaeidae)

1.0 Planta sana
2.0 Menos del 30% de la corteza de la estaca destruída.
3.0 Corteza y yemas de las estacas destruídas, pero la planta está viva
4.0 La corteza, las yemas y las raíces de la estaca consumida. La planta presenta marchitamiento.
5.0 Estacas con túneles en la parte leñosa totalmente destruída. La plántula está muerta.

10 Trozadores Superficiales (Agrotis ipsilon)

1.0 Planta sana
2.0 Menos del 25% de la corteza destruída

3.0 Menos del 50% de la corteza dañada
4.0 50-75% de la corteza dañada. Hojas flácidas
5.0 Más del 75% de la corteza dañada. Plantula muerta.

11 Trozadores Trepadores (Prodenia eridania)

1.0 Planta sana
2.0 Menos del 25% de la corteza destruída, algunas hojas consumidas pero la planta está erecta y viable.
3.0 Menos del 50% de la corteza dañada pero no presenta corte en forma de anillo. Presencia de hojas flácidas.
4.0 Plantas con corteza dañada, cortes en forma de anillos pero con brotamientos en la parte basal.
5.0 Planta con la corteza dañada con cortes en forma de anillos y muertas.

12 Trozadores Subterraneos

1.0 Planta sana
2.0 Menos del 30% de la corteza de la estaca destruída pero no la yema
3.0 el 30% de la corteza de la estaca destruída y algunas yemas.
4.0 El 60% de la corteza de la estaca destruída y algunas yemas.
5.0 Más del 60% de la corteza de la estaca destruída y todas las ye - mas. No hay brotación.

13 Barrenadores del Tallo (Varias especies de Coleópteros, Lepidópteros e Himenópteros)

1.0 Planta sana
2.0 Una perforación en el tallo
3.0 Tres perforaciones en el tallo, presencia de aserrín.
4.0 Más de tres perforaciones en el tallo, abundante aserrín, ramas rotas ó muertas.
5.0 Tallo quebrado con varias perforaciones.

14 Escama Blanca (Aonidomytilus albus)

1.0 Planta sana
2.0 Pocas escamas alrededor de las yemas.
3.0 Escamas alrededor de las yemas y entrenudos.
4.0 Escamas cubriendo completamente las yemas y la mitad de los entre- nudos. Pérdida de las hojas basales.
5.0 Cerca del 90% del tallo cubierto con escamas. Caída de las hojas y secamiento del tallo.

15 Escama Negra (Saissetia miranda)

1.0 Planta sana
2.0 Menos del 10% del tallo con escamas.
3.0 Cerca del 20% del tallo y las hojas con escamas.
4.0 Cerca del 50% del tallo con escamas. Caída de las hojas

5.0 Más del 50% del tallo cubierto con escamas. Secamiento del mismo y caída de las hojas.

16 Chinche de Encaje (Vatiga manihotae y Vatiga spp)

1.0 Planta sana
1.5 Pocas puntuaciones en las hojas basales.
2.0 Muchas puntuaciones en las hojas basales. La hoja toma un color amarillento.
3.0 Muchas puntuaciones en las hojas de una coloración amarillo-rojizo con encrespamiento.
4.0 Encrespamiento y secamiento de las hojas basales y encrespamiento de las hojas medias.
5.0 Defoliación en la parte basal y parte mediana de la planta. Hojas apicales con amarillamiento.

17 Comejenes (Coptotermes spp)

1.0 Planta sana
2.0 Presencia de túneles en menos del 25% de la estaca. Planta viable.
3.0 Presencia de túneles entre el 25-50% de la estaca. Planta viable.
4.0 Presencia de túneles en más del 50% de la estaca. Hojas flácidas y la planta comienza a morir.
5.0 Presencia de túneles en más del 75% de la estaca y la planta muerta.

18 Hormiga Arriera (Atta sp. Acromyrmex sp.)

1.0 Planta sana
2.0 10% de las hojas cortadas
3.0 10-30% de las hojas cortadas
4.0 30-70% de las hojas cortadas
5.0 Más del 70% de las hojas cortadas

19 El Añublo Bacterial (Xanthomonas campestris P.V. manihotis

1.0 Sin síntomas visibles
2.0 Manchas angulares y/o quemazones
3.0 Gomosis en pecíolo y/o tallo
4.0 Marchitez y/o muerte descendente
5.0 Muerte descendente del 70%. Pudrición.

20 La mancha Parda (Cercosporidium henningsii)

1.0 Planta sana
2.0 Hasta un 25% de defoliación
3.0 De 26-50% de defoliación
4.0 De 51-75% de defoliación
5.0 Más del 80% de defoliación

21 El Añublo Pardo Fungoso (Cercospora vicosae)

1.0 Planta sana
2.0 Hasta un 25% de defoliación
3.0 De 26-50% de defoliación
4.0 De 51-75% de defoliación
5.0 Más del 80% de defoliación

22 La Mancha Blanca (Phaeoramullaria manihotis

1.0 Hojas sanas
2.0 Hasta un 25% de hojas afectadas
3.0 De 26% - 50% de hojas afectadas
4.0 De 51% - 75% de hojas afectadas
5.0 Más del 80% de las hojas afectadas

23 La Mancha de Anillos Circulares Phoma (Phyllosticta) sp.

1.0 Planta sana
1.5 Menos del 20% de las hojas bajeras con manchas
2.0 Defoliación menor del 25%
3.0 Defoliación hasta el 75%
4.0 Defoliación total, sin chancros en el tallo
5.0 Chancros en el tallo, muerte descendente o total de la planta.

24 El Superalargamiento Elsinoe Brasiliensis (Sphaceloma manihoticola)

1.0 Planta sana
2.0 Pocos chancros en venas principales y secundarias de las hojas.
3.0 Chancros en hojas, pecíolo y ramas. No alargamiento.
4.0 Alargamiento
5.0 Muerte descendente

25 Antracnosis (Colletotrichum o Glomerella manihotis)

1.0 Sin síntomas visibles
2.0 Manchas foliares (parecidas a C. caribeae y/o quemazón o distorsión foliar)
3.0 Quemazón foliar, chancros en el tallo
4.0 Muerte descendente y/o marchitez
5.0 Muerte de más del 70% de la planta

26 La Roya (Uromyces spp)

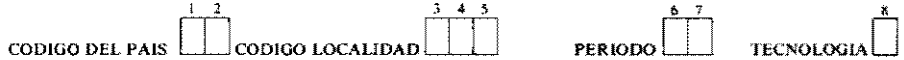
1.0 Ningún síntoma
2.0 10% de hojas afectadas
3.0 10-40% de hojas afectadas
4.0 40-70% de hojas afectadas
5.0 70% o más de hojas afectadas

27 Caída de hojas (causas varias)

1.0 Planta normal
2.0 Hasta 25% de defoliación
3.0 Hasta 50% de defoliación
4.0 Hasta 75% de defoliación
5.0 Más del 75% de defoliación

28 -Mancha blanca (Phaeoramullaria manihotis)
-Añublo pardo fungoso (cercospora vicosae)
-Mancha parda (cercosporidium henningsii)

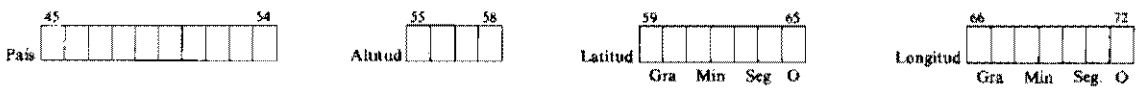
1.0 Sin síntomas
2.0 Síntomas en el tercio inferior de la planta
3.0 Síntomas foliares en el tercio inferior y tercio medio de la planta.
4.0 Síntomas en los tres tercios (toda) de la planta
5.0 Síntomas en toda la planta con más de un 50% de las hojas afectadas.

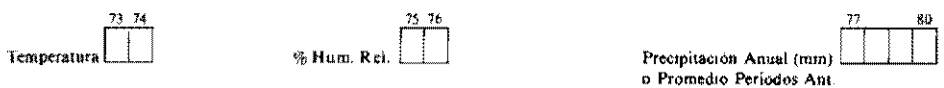




DATOS GENERALES DE LA LOCALIDAD







INSTRUCCIONES

COLUMNA

10 a 21 Colabora (n): Escribir nombre y apellidos usando iniciales si es necesario, o siglas cuando se trate de instituciones.

En las columnas para nombres se escribe este de izquierda a derecha dejando en blanco las columnas sobrantes.

REGISTRO 9/2 ANALISIS DE SUELO

	% M.O.	P (ppm) Bray II	pH	Al meq/100 g	Ca meq/100 g	Mg meq/100 g	K meq/100 g	Na meq/100 g	CIC meq/100 g	Fe ppm	Mn ppm	B ppm	Zn ppm	Cu ppm	Conductiv. mmhos/cm	% arena	% limo	% arcilla	Clasif. Textura
10	11 12 13 14	15 16 17 18 19	20 21 22	23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34	35 36 37 38	39 40 41 42	43 44 45 46	47 48 49 50 51	52 53 54 55	56 57 58 59	60 61 62 63	64 65 66 67	68 69 70 71	72 73	74 75	76 77	78 79
1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
X																			

INSTRUCCIONES

Columna

10 Repetición
11 a 77 Datos del análisis del suelo.
78 y 79 Clasificación de Textura:

(01)	Arcilloso	(05)	Limoso	(09)	Franco arcillo arenoso
(02)	Arcillo limoso	(06)	Franco	(10)	Franco arenoso
(03)	Franco arcillo limoso	(07)	Franco arcilloso	(11)	Areno arcilloso
(04)	Franco limoso	(08)	Arcillo arenoso	(12)	Arenoso

REGISTRO 9 [3] ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Fecha de Siembra 10 15 (Dia Mes Año) — Tamaño de Estaca 16

1. 20 cm.
2. 15 cm. o menos
3. 25 cm. o más

Densidad de Siembra 17 — Posición Estaca 18

1. 10 mil pl/ha
2. 8 mil pl/ha
3. 12 mil pl/ha

1. Vertical
2. Inclinada
3. Horizontal

Sistema de Siembra 19

1. En plano arado
2. En caballón
3. En plano no arado

HERBICIDAS PREEMERGENTES:

1. Alaclor
2. Diuron
3. Fluorodifén
4. Trifluralina
5. Ametrina
6. Fluometurón
7. Linurón
8. Otro

Producto 20 — Dosis (kg o Lt/ha del producto comercial) 21 23

Producto 24 — Dosis (kg o Lt/ha del producto comercial) 25 27

INSECTICIDA AL SUELO: (al momento de la siembra)

1. Toxafeno DDT 40-20
2. Aldrín
3. Carbaril
4. Clordano
5. Heptacloro
6. Otro

Producto 28 — Dosis (kg o Lt/ha del producto comercial) 29 31

TRATAMIENTO DE ESTACAS: Producto 32 Producto 33 Producto 34

1. Mancozeb
2. Maneb
3. Captan
4. Oxicloruro de cobre
5. Benomil
6. Captafol
7. Carbendazim
8. Thiram
9. Sulfato de Zinc*

*Se emplea durante 15 minutos

FERTILIZACION Y ENMIENDAS:

Kg N/ha 35 37 — Fuente 38 — Kg P/ha 39 41 — Fuente 42 — Kg K/ha 43 45 —

Fuente 46 — Ton $CaCO_3$ /Ha* 47 49 — Kg Mg/ha 50 51 — Fuente 52

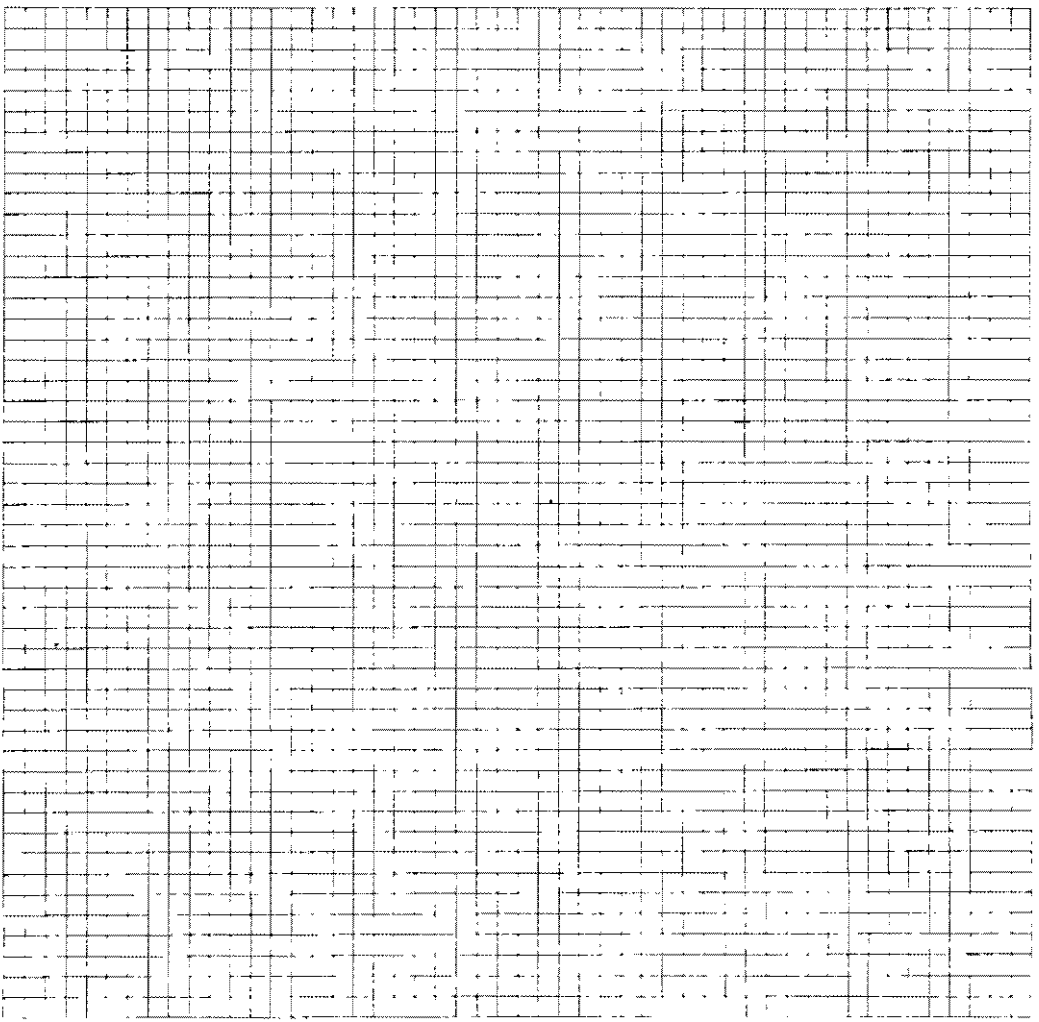
Kg Zn/ha 53 54 — Fuente 55 — Kg Boro/ha 56 57 — Fuente 58

PROYECTO PRY PRUEBAS REGIONALES DE YUCA — LOCALIDAD

PERIODO ☐☐ TECNOLOGIA ☐ F, S ☐☐ ☐☐ ☐☐ (Día | Mes | Año) F, C ☐☐ ☐☐ ☐☐ (Día | Mes | Año)

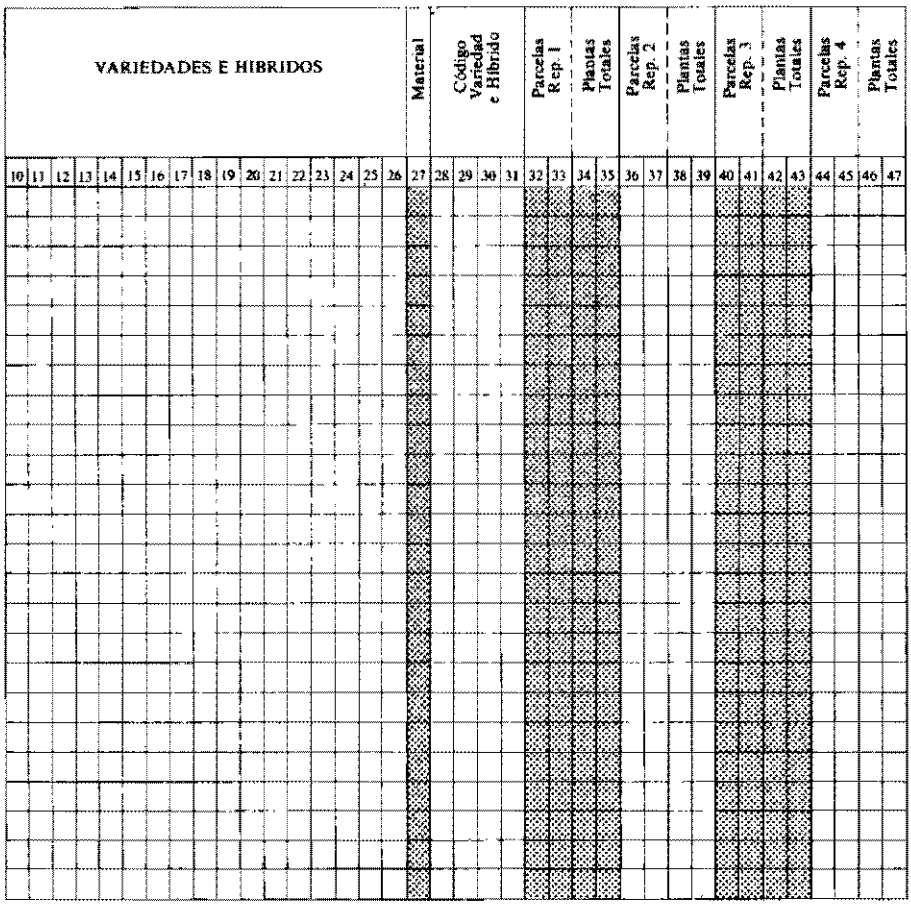
DURACION DEL PERIODO ☐☐☐

PLANO DEL ENSAYO



REGISTRO 9 [4] DISTRIBUCION EN EL CAMPO

Escribir números del 0 al 9



INSTRUCCIONES

Columna

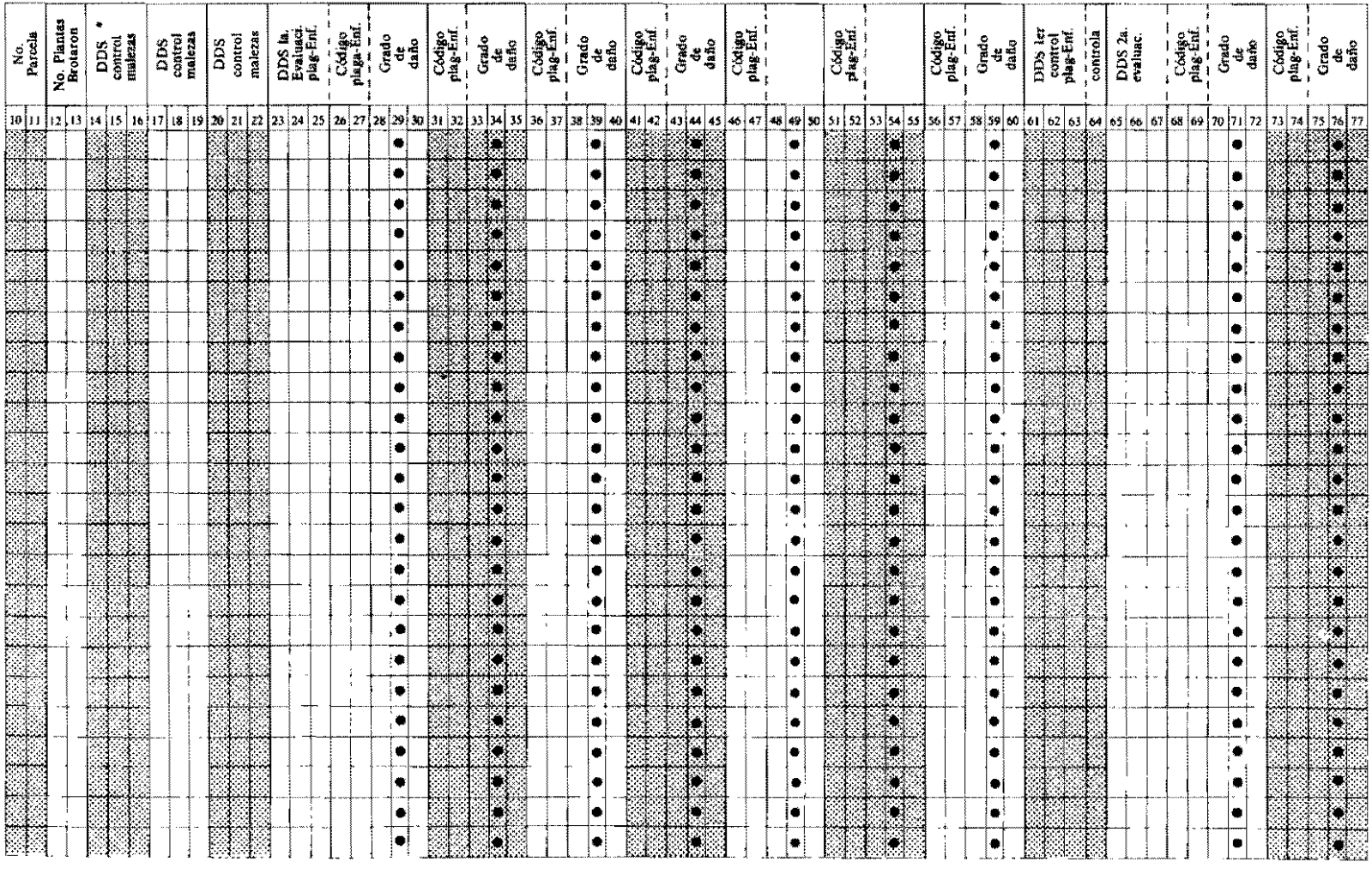
10 a 26 Las variedades e híbridos que se multipican en CIAT se anotan al asignar la libreta. El encargado de la Prueba anota el nombre del ó los testigos, de izquierda a derecha dejando un espacio entre palabras. Si sobran columnas se dejan en blanco.

27 0. Promisorio; 1. Testigo Regional; 2. Testigo Promisorio.

28 a 31 Lo anota quien asigne la libreta.

REGISTRO [5] BROTACION, CONTROL MALEZAS — PLAGAS, ENFERMEDADES.

DDS *Número de días hasta la siembra



Columna 64: (1) Enfermedad químicamente, (2) Enfermedad eliminando material afectado, (3) Plagas químicamente, (4) Plaga eliminando material afectado, (5) Plaga control biológico.

REGISTRO 6 PLAGAS, ENFERMEDADES, PROBLEMAS POR SUELO

*Plantas útiles

**No. PU con toxidad diferente a sales

No. Parcela	Código plag-Enf.	Grado de daño	Código plag-Enf.	Grado de daño	Código plag-Enf.	Grado de daño	Código plag-Enf.	Grado de daño	Código plag-Enf.	Grado de daño	DDS 2o. control plag-Enf.	control	Sal-Alca.	No. PU * afectadas	DDS aparece Sal-Alca	No. PU tox ** Dif. sales	Causa Toxicidad	DDS aparece Toxicidad	No. PU Def. Nutr.	DDS aparecen Def. Nutr.	Causa Def.	Mango	DDS se corrigen Def.
10	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78

REGISTRO 9 DATOS DE COSECHA

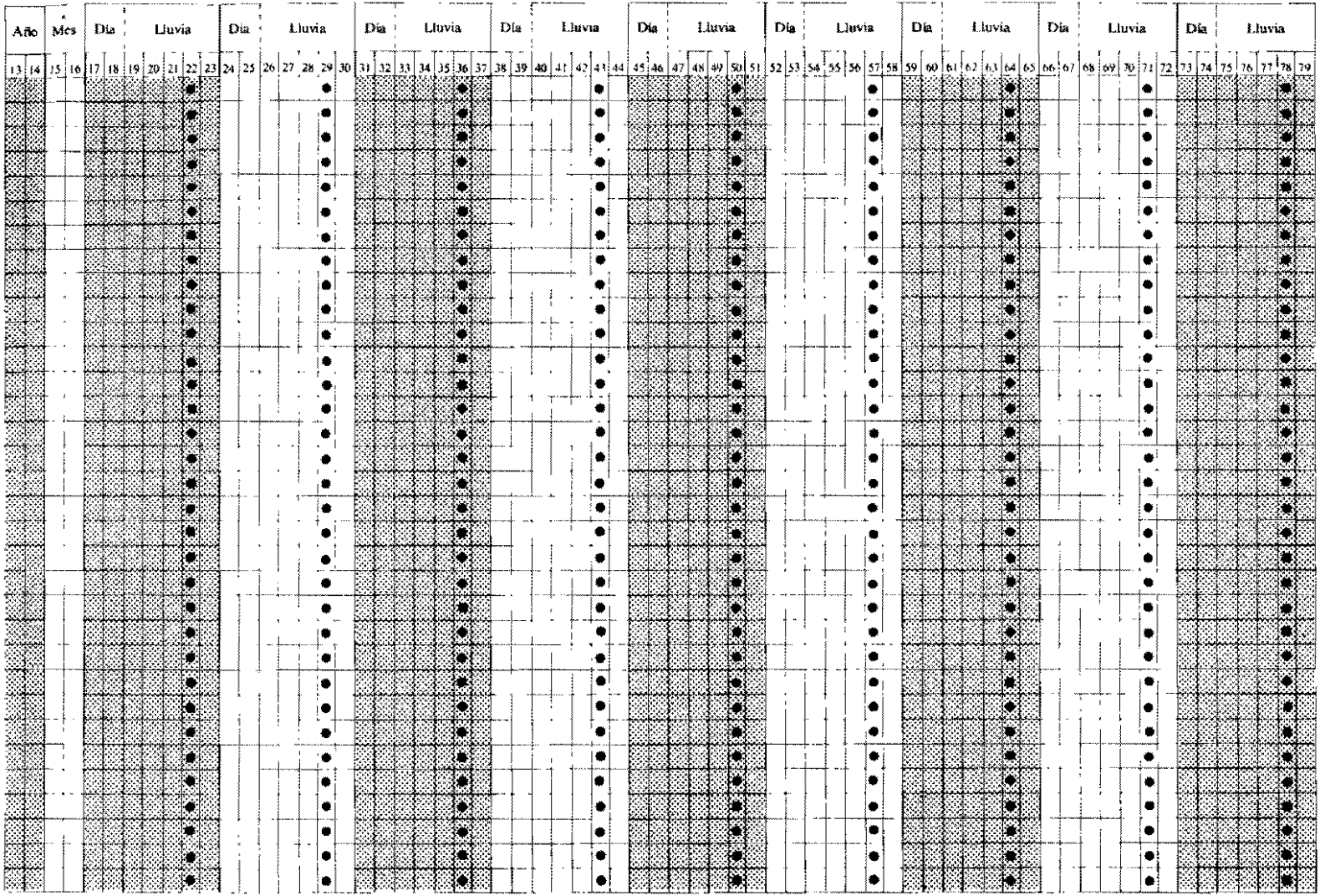
FECHA DE COSECHA 10 15

Día Mes Año

No. parcela	PUC	Area (m^2) Parc. Útil	Raíces Comerc. Contadas	Pesaje 1 Kg	Pesaje 2 Kg	Pesaje 3 Kg	Kg RNC (rodrojo bruncha ripio)	No. Raíc. Podrid	Observac. No. Raíces Afectadas	Kg Total raíces comerc. contadas	Peso Promedio Raíz g	Longitud promedio raíz cm	Diámetro promedio raíz cm	Peso en Aire g	Peso en Agua g	Ton/ ha	OBSERVACIONES
16 17	18 19	20 21	22 23 24	25 26 27 28	29 30 31 32	33 34 35 36	37 38 39 40	41 42	43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54	55 56 57 58 59	60 61 62 63	64 65 66 67	68 69 70 71 72	73 74 75 76	

REGISTRO ☐ PRECIPITACION DIARIA (mm)

NUMERO DE DIAS CON LLUVIA [10][12] LLUVIA TOTAL _____ F/S _____ F/C _____



* En número arábigo

Los datos se escriben renglón a renglón y de izquierda a derecha. Solo se escriben datos con lluvia. Al terminar las anotaciones de cada mes, se inicia otro renglón con el mes siguiente.

10202.4

METODOLOGIA EN LOS ENSAYOS DE YUCA A NIVEL DE FINCA: (UNA EVALUACION INTERMEDIA)

John K. Lynam *

Introducción

La reaparición de la investigación sobre el manejo de fincas en su nueva faceta como investigación de sistemas agrícolas (ISA) se inspira en dos factores: el primero de ellos tiene como base el intento por entender la disminución de la tasa de adopción de las variedades enanas de trigo y arroz y su adopción menos que total y, el segundo, la necesidad de sacar a la Revolución Verde de las áreas de riego y moverla hacia las áreas más variables y complejas con disponibilidad de lluvias. La expresión Investigación de Sistemas Agrícolas ha cubierto un amplio espectro de actividades de investigación, cada una de las cuales presenta el denominador común de que el sistema agrícola es la unidad operativa en la investigación.

La función de los ensayos a nivel de finca realizados por el Programa de Yucal del CIAT difiere considerablemente de la mayor parte de la literatura existente sobre sistemas agrícolas. Los ensayos con yuca constituyen una parte integral del desarrollo de tecnología y del proceso de evaluación, en tanto que la mayoría de las ISA se concentran en la selección y modificación de las tecnologías existentes; la función principal de la ISA en el pasado ha sido la transferencia de tecnología. Además, los ensayos con yuca se desvían del cuerpo principal de la ISA en otro aspecto fundamental, cual es el enfoque hacia el cambio tecnológico en un solo cultivo o sistema de cultivo pero analizando dentro de un contexto de sistemas agrícolas. La investigación sobre el desarrollo tecnológico organizado siguiendo los patrones de la ISA requieren de una característica o limitante dominante en el sistema agrícola, como lo son los sistemas de riego o los sistemas agrícolas en los econsistemas semiáridos. De lo contrario, la heterogeneidad de los sistemas agrícolas obliga a que se haga una alta inversión en áreas de proyectos de ISA descentralizados. La integración de un componente de ISA en un programa de investigación de un cultivo es una alternativa de menos costo y tiene la ventaja de que el componente varietal se integra mucho mejor a la investigación.

Cuál entonces es la base para introducir un componente de ISA en un programa de investigación de cultivo ? La razón fundamental surge naturalmente de los objetivos y de la organización del proceso de investigación y de la complejidad de producir variedades mejoradas para las áreas con precipitación disponible. Además de mejorar por aumentos en el rendimiento mediante la búsqueda de resistencia a enfermedades

* Economista, Programa de Yuca, CIAT.

y plagas, la otra dirección fundamental ha sido la de adelantar actividades de mejoramiento genético en la búsqueda de tipos de planta más eficientes (Evans, 1980; Donald y Hamblin, 1976)*/. El riego y el uso moderado a alto de insumos han sustituído tradicionalmente a la menor tolerancia al estrés, pero ésto se torna más difícil e incierto en condiciones de disponibilidad de lluvias. La combinación de esta tendencia general en el mejoramiento genético con la tendencia hacia el desarrollo independiente de componentes tegnológicos de cultivo (agronómicos y varietales) y un gran elemento de incertidumbre, es inherente al asunto sobre lo que serán los rendimientos a nivel de finca en una área objetivo heterogénea. Entonces, es lógico que, como etapa final en el proceso de selección y evaluación, las variedades y las prácticas agronómicas se combienen y evalúen mejor a nivel de finca. Además, como el último criterio de evaluación es la adopción por los agricultores, los factores económicos tales como las relaciones de precios insumos/producción, limitantes de capital, etc., tienen lógicamente mejor cabida en esta etapa en el proceso de evaluación.

Sin embargo, los ensayos a nivel de finca cumplen más que una función de evaluación o validación. Los ensayos también cumplen una función de investigación, cual es la de refinar la identificación y la medición de factores limitantes del rendimiento. Dichos limitantes del rendimiento pueden ser ocasionados por factores edáficos o biológicos, factores del sistema agrícola o condiciones del mercado. Este ligamiento de información entre el nivel de la estación experimental y el nivel de finca convierte al programa de diseño y evaluación de tecnología en un proceso iterativo.

Metodología

El objetivo principal de los ensayos de yuca a nivel de finca es proporcionarle información al proceso de diseño y evaluación de tecnología y de servir de verificación del sistema de prueba y evaluación. Pese a que las funciones de investigación y validación se traslapan en cierta medida, el desarrollo de la metodología permite hacer la distinción entre las dos. La distinción principal radica en la definición y el flujo de tecnología que se va a probar. Los ensayos a nivel de finca, como parte del sistema de prueba y evaluación (Figura 1), trabajan con base en un flujo de variedades y prácticas culturales de la estación experimental hacia su prueba a nivel de finca. Entonces, en términos de la función de validación, la tecnología que se está probando se define principalmente según lo que esté disponible en la red

*/ Por tipo de planta eficiente se entiende la mayor parte del producto de la fotosíntesis que se destina al crecimiento de órganos de la planta que determinan el rendimiento económico en contraposición con otros órganos. El mejoramiento del rendimiento está basado en este cambio en la distribución de los productos de la fotosíntesis en contraposición con el mejoramiento de la eficiencia en la elaboración de productos de la fotosíntesis en sí misma (Evans, 1980).

de pruebas. Por otra parte, la función de investigación se relaciona básicamente con la identificación y medición de los factores determinantes y limitantes del rendimiento. La tecnología se prueba como parte del proceso de identificación de factores limitantes; la definición de la tecnología en este caso surge primero a nivel de finca o región. La diferencia esencial en las dos funciones se refleja en la etapa de diseño de los ensayos a nivel de finca y en la cantidad de información que entra a ese diseño (Figura 2).

La investigación a nivel de finca ha sido subvalorada, en cierto grado, en términos de su aporte al proceso de investigación debido a su especificidad en lo que respecta a localización. Sin embargo, cualquier investigación experimental que mida rendimientos o diferencias en rendimiento y que trate de extrapolar sus resultados al nivel de finca debe especificar las condiciones en las cuales se puede hacer dicha extrapolación. En efecto, los ensayos a nivel de finca proporcionan alguna base para hacer dicha extrapolación. Pero, aún más que ésto, la investigación a nivel de finca, reconociendo la especificidad de su localización, trata de manejar directamente el problema; en particular, la metodología de los ensayos a nivel de finca está diseñada para manejar la variación. Los ensayos a nivel de finca trabajan dentro del marco de una distribución del rendimiento (distribución que generalmente no es normal). El medio para tratar el problem de la especificidad de la localización es comprender cuáles son los factores que determinan la distribución del rendimiento y, posteriormente, relacionar estos factores con la distribución conocida (espacial o temporal) de estos factores.

Selección de las Localidades. Dado el problema de la especificidad de la localización, la primera etapa de la metodología se centra en la selección de las localidades. Este proceso tiene como base el entendimiento de la variación en el área objetivo por medio de la estratificación del área objetivo. La selección de las localidades dependerá de la importancia de los diferentes estratos en relación con la prioridades de investigación. El número de localidades dependerá de los recursos presupuestales disponibles para los ensayos a nivel de finca. Las prioridades de investigación en el Programa de Yuca se basan en la zona edafoclimatica,el mercado (o uso final) y, en cierta medida, el tamaño de la finca. La selección de las localidades dependerá, entonces, de una estratificación prioritaria del área objetivo y de un ordenamiento prioritario de las prioridades de investigación. En 1981 se inició la estratificación del área objetivo con base en factores edafoclimáticos; se tiene planeada la estratificación con base en factores económicos y cubriría un análisis de conglomerados o de factores de los datos censales utilizando variables tales como las presentadas en el Cuadro 1. Por consiguiente, dado un ordenamiento de prioridades de investigación, las localidades se podrían seleccionar con base en ellas y, además, existiría la base de datos para estrapolar los resultados de los ensayos a nivel de finca al área objetivo más extensa.

Desafortunadamente, cuando se iniciaron los ensayos a nivel de finca aún no se había comenzado el análisis del área objetivo y la

selección de las localidades tuvo que hacerse sobre una base relativamente *ad hoc*. En el Cuadro 2 se describen las localidades; primero fueron seleccionadas con base en características del mercado y segundo, con base en la zona edafoclimática. Finalmente, los ensayos fueron sesgados sistemáticamente hacia agricultores en pequeña escala.

Diseño de los Ensayos a Nivel de Finca. La siguiente etapa en la metodología incluye el proceso de estratificación de los agricultores, el desarrollo de hipótesis sobre los principales factores limitantes y el diseño de los ensayos a nivel de finca, un proceso que es interactivo con estudios tipo encuesta a nivel de finca y/o análisis de los resultados de los ensayos a nivel de finca (Figura 2). La forma como un programa de investigación a nivel de finca entra primero a este proceso interactivo depende precisamente de las necesidades del programa de investigación y de si la función es principalmente validación o investigación. El Cuadro 3 presenta tres estrategias alternativas y las implicaciones para el proceso de diseño de los ensayos. Cuando la función es principalmente la validación, el diseño de los ensayos a nivel de finca se derivarán (al menos inicialmente) de tecnologías identificadas a nivel de estación experimental y se mantendrá en todas las localidades una cierta constancia en el diseño. Cuando la función es más de naturaleza investigativa, el diseño puede surgir directamente de una hipótesis investigativa inicial sobre los factores limitantes del rendimiento a nivel regional, en cuyo caso será necesario como primer paso una encuesta de fincas o el diseño puede tratar de evaluar la importancia de factores limitantes particulares en las distintas localidades, en cuyo caso el diseño tendrá elementos comunes a la medición de los factores limitantes y elementos particulares de las diferentes localidades.

En su comienzo en 1977, los ensayos de yuca a nivel de finca se concibieron como pruebas de validación pero, con base en los resultados iniciales, el diseño de los ensayos evolucionó hacia una función de investigación. La hipótesis operante en el Programa de Yuca es que los rendimientos se encuentran principalmente limitados por la escasa habilidad genética de rendimiento de las variedades tradicionales. Sin embargo, dentro de una zona edafoclimática particular, la relación entre los rendimientos reales a nivel de finca y el rendimiento potencial de las variedades mejoradas dependerá de varios componentes del manejo, comunes a la mayoría de los sistemas de cultivo de yuca (Cuadro 4). Estos componentes del manejo junto con la variación en los factores limitantes edáficos y biológicos determinan la distribución del rendimiento en la zona. Además, el empleo o la restricción del uso de estos componentes del manejo están determinados por los requerimientos del sistema agrícola y de mercado. Por consiguiente, los rendimientos no están determinados principalmente por el manejo independiente del sistema de cultivo de yuca y surge la necesidad de la investigación de sistemas agrícolas en la evaluación de la tecnología para yuca, particularmente la interacción entre variedades mejoradas y estos componentes del manejo; es decir, los ensayos a nivel de finca se centran en la evaluación de la estabilidad de las variedades mejoradas en el sistema (Cock, 1981) y la habilidad del sistema agrícola para mantener los mayores niveles de rendimiento de estas variedades en el tiempo.

El diseño o la identificación de tratamiento en los ensayos de yuca a nivel de finca se basan, por consiguiente, en el objetivo de evaluar la interacción de variedades mejoradas y componentes de manejo en condiciones de la variación edáfica de las distintas regiones. La identificación de los tratamientos se basa principalmente en las hipótesis sobre los principales componentes del manejo presentados en el Cuadro 4 y del uso particular de estos componentes en cada una de las zonas. Para comprender la estabilidad de los componentes varietales y de manejo en el ámbito de la variación edáfica en cada zona se requiere que el número de ensayos sea de un mínimo de 15, a menos que las fincas se puedan estratificar con base en otra información.

La experiencia ha demostrado que la varianza fuera de los tratamientos en los ensayos a nivel de finca es considerable y, con frecuencia, se funde con la varianza de los tratamientos. Como el objetivo es evaluar el rendimiento potencial de nueva tecnología de una finca a otra en una región -- esto supone que, por lo menos inicialmente, la nueva tecnología identificada para una región será homogénea por extensión en dicha región -- cada finca se concibe mejor como una repetición */ y se obtiene más información (el diseño es más eficiente) mediante la repetición del ensayo de una finca a otra que dentro de las parcelas de un agricultor. Se pueden utilizar varios métodos estadísticos para analizar la fuente de variación fuera de tratamiento, los cuales pueden ser empleados para estratificar las fincas y evaluar de manera más sistemática la interacción entre la variación del rendimiento fuera de tratamiento y los factores limitantes en la productividad de la tecnología.

Análisis de los Ensayos a Nivel de Finca. La prueba eventual de la pertinencia de una nueva tecnología es su adopción por parte del agricultor. Como los ensayos a nivel de finca hacen parte del sistema global de evaluación de la tecnología, la evaluación es *ex ante* en su naturaleza pero el criterio de evaluación sigue siendo la adopción potencial por parte del agricultor. Por definición, la evaluación *ex ante* de la adopción debe enfocarse hacia aquellos factores que influyen en la adopción por el agricultor; es decir, la evaluación debe simular en gran medida su proceso de decisiones. Los criterios de evaluación son principalmente económicos; es decir, rentabilidad relativa entre tratamientos, el ajuste de la tecnología en el sistema agrícola (en particular, su compatibilidad con las limitaciones de recursos) y las consideraciones del riesgo versus las ganancias de ingresos. Los ensayos proporcionan los coeficientes de insumo - producción de las nuevas alternativas tecnológicas; los datos sobre precios, disponibilidad de recursos, otras actividades agrícolas, etc., provienen de los registros de manejo de las fincas mantenidos durante el curso del año de cultivo.

---

*/ Cada finca se debe considerar como una muestra al azar o estratificada de la población de fincas que producen yuca en la region.

El análisis de los resultados de los ensayos a nivel de finca se realiza en un proceso de tres etapas. El primer nivel de análisis es la significancia convencional de la diferencia en rendimiento entre tratamiento (ANOVA). Si los tratamientos no son significativos pero aún existen variaciones grandes en los rendimientos de los tratamientos, se investiga la estratificación *a priori* y estadística de la finca. Por ejemplo, la respuesta a los fertilizantes puede depender del tipo de suelo y del sistema de rotación. Si hay suficientes grados de libertad después de la estratificación, la muestra reducida vuelve a ANOVA. La primera etapa no tiene en cuenta la toma de decisiones por el agricultor. Su propósito principal es evaluar la estabilidad de los efectos de los tratamientos en condiciones variables de producción, definir los factores que resultan en variación de rendimiento y retornar esta información para el rediseño de los ensayos o al programa de investigación (Figura 3).

El segundo nivel de análisis determina si los tratamientos son más rentables que las prácticas de los agricultores. La rentabilidad relativa define la ganancia de ingresos para el agricultor. La nueva tecnología que pueda resultar en un aumento en rendimiento, puede ser menos rentable que la del agricultor debido a un mayor uso de insumos. Esta etapa del análisis proporciona esencialmente una medida de la viabilidad económica de un mayor uso de insumos. También, cuando hay diferencias en los precios de la producción debido a factores de calidad, la evaluación de la rentabilidad puede estrechar considerablemente la superioridad de las nuevas variedades. Como el Programa de Yuca se centra en el aumento de los ingresos del agricultor por medio de variedades mejoradas con solamente cambios menores en el uso de insumos, la rentabilidad de las tecnologías dependerá esencialmente de los rendimientos y de cualquier descuento en los precios debido a diferencias en la calidad. Esto último es particularmente importante en la determinación del potencial de la yuca para entrar a mercados alternativos y para competir con la yuca que entra a mercados tradicionales con precios más altos.

Casi más importante que el análisis de la rentabilidad es la siguiente fase: el análisis de la factibilidad de la nueva innovación dentro de un contexto global de finca. Como se indicó en el Cuadro 4, las prácticas de manejo óptimas (y por consiguiente el rendimiento y/o la producción) se encuentran potencialmente restringidas por varias consideraciones del sistema agrícola o del sistema de mercadeo. Sin embargo, los factores limitantes son difíciles de moldear en modelos de programación lineal de sistemas de producción de yuca. Las actividades de cultivo generalmente están limitadas en las áreas productoras de yuca y la yuca tiende a dominar en la solución sin límites artificiales que simulen los factores limitantes del mercado. Modelar la óptima época de cosecha se dificulta por la naturaleza del problema en el cual están implicados múltiples años y los factores de riesgo inherentes en el problema. Finalmente, modelar restricciones impuestas al despacho del producto al mercado es difícil desde una perspectiva de la toma de decisiones por el agricultor y, nuevamente sólo puede entrar como un elemento probabilístico en la función de objetivo. Sin embargo,

la solución a estos problemas proporcionará entonces una base para simular el impacto en los ingresos y en los patrones de producción por la apertura de mercados alternativos */.

El análisis de los ensayos a nivel de finca proporciona, de esta manera, la base para el rediseño de los ensayos del siguiente año, la información de retorno para el programa de investigación y la intervención de políticas de planeación (tales como el desarrollo de mercados alternativos) acompañando al lanzamiento de la tecnología. Los asuntos metodológicos del diseño y del análisis de los ensayos a nivel de finca se ilustrarán con resultados presentados en la siguiente sección.

Resultados Ilustrativos

Los objetivos y el diseño de los ensayos de yuca a nivel de finca han evolucionado desde su comienzo en 1977; los ensayos se centran ahora en tres objetivos cercanamente relacionados:

1. Entender los factores que determinan los rendimientos en sistemas tradicionales de producción de yuca;
2. Determinar los cambios necesarios que se requieren en estos sistemas para sostener el mayor nivel de rendimiento de las nuevas variedades; y
3. Determinar los cambios que se requieren en estos sistemas para adaptarlos a las necesidades de los nuevos mercados industriales.

En la mayoría de los casos, la extensión y adopción de variedades mejoradas de alto rendimiento en América Latina estarán ligadas con algún tipo de capacidad de procesamiento, lo cual implicará, en la mayoría de las áreas, el desarrollo de nuevos mercados y la inversión en capacidad de procesamiento. Los ensayos a nivel de finca tratan, por consiguiente, de preveer los cambios en los sistemas tradicionales de producción necesarios para hacer esta transición. Igualmente, como se requiere una medida realista de los rendimientos para evaluar la viabilidad económica de las inversiones proyectadas, los ensayos también se enfocan explícitamente hacia la comprensión de los factores determinantes del rendimiento y la identificación de las condiciones apropiadas en las cuales se pueda medir con precisión el rendimiento esperado a nivel de finca. Los ensayos a nivel de finca constituyen la etapa final en la evaluación del rendimiento varietal y sirven de verificación del sistema de pruebas y evaluación.

Los ensayos a nivel de finca se iniciaron en Media Luna en la costa del Caribe de Colombia. El área es una zona típica de producción de yuca, caracterizada por agricultores pequeños, condiciones de producción relativamente marginales (hasta el grado en que la yuca fue una de las pocas alternativas potenciales de cultivo) y un acceso relativamente bueno a los mercados (en este caso, el mercado urbano del producto fresco en Barranquilla y una fábrica de almidón en gran escala). Los objetivos y el diseño de los ensayos evolucionaron con el

*/ El esfuerzo de desarrollo de modelos apenas se ha iniciado

tiempo en respuesta a conflictos entre los resultados y las hipótesis iniciales.

En su comienzo, los ensayos se diseñaron para evaluar la adopción real, siendo la hipótesis que las variedades y las prácticas culturales estaban listas para su extensión directa a los agricultores. El presupoesto común de que la ventaja en rendimiento a nivel de la estación experimental o del ensayo regional se traducía en adopción a nivel de finca, fue rapidamente insostenible. Por consiguiente, los objetivos de los ensayos evolucionaron sucesivamente de la evaluación de la adopción real a la validación de la ventaja en rendimiento a nivel de finca y, finalmente, a la evaluación sistemática de los factores que determinan el rendimiento y la adopción, con el fin de especificar más apropiadamente los requerimientos de tecnología (Cuadro 5).

La ventaja en rendimiento debido a un paquete agronómico de mínimos insumos se estableció en una etapa temprana (Cuadro 6). Sin embargo la identificación de una variedad mejorada que fuera más rentable que la variedad local y el establecimiento de las condiciones en las cuales se debería hacer esta evaluación del rendimiento (y de la rentabilidad) era más difícil. La primera serie de ensayos establecieron la importancia de los factores de calidad para determinar a qué mercados podrían entrar las variedades, y, por lo tanto, o su precio diferencial o su imposibilidad de ser vendidas. Los años posteriores permitieron establecer que, tanto el rendimiento como las características de calidad, dependían del tipo de suelo (Cuadro 7), época de siembra (Cuadro 8) y época de cosecha (Cuadros 8 y 9). El nivel promedio de rendimiento y la clasificación de las variedades según su rendimiento con frecuencia cambiaron al evaluarlos en diferentes tratamientos de estos tres factores. Sin embargo, en el ensayo de 1980-81 se identificó un híbrido que era más rentable que la variedad local, por lo menos en una combinación particular de estos factores (Cuadro 8).

Además, el logro del máximo rendimiento estaba restringido, en la mayoría de los casos, por limitaciones impuestas al manejo dado por el agricultor por objetivos del sistema agrícola o del sistema de mercadeo de nivel más alto (en el Cuadro 10 se presentan los factores que determinan el rendimiento y las restricciones en su manejo). Para evaluar la llamada brecha en el rendimiento en yuca se requiere, por lo tanto, primero identificar los factores que determinan el rendimiento, establecer en segundo lugar las restricciones económicas al manejo de estos factores y, en tercer lugar, relacionar ésto con la población de agricultores (como se ilustra en el ejemplo sintetizado en la Figura 4). Los ensayos a nivel de finca aún se encuentran en la primera etapa de este proceso, estableciendo cada uno de estos factores dos o tres a la vez, debido principalmente a limitaciones de espacio */. Para establecer

*/ El tamaño actual de los ensayos oscila entre 0.25-0.50 ha, una restricción grande en términos del espacio de estas fincas en pequeña escala y en términos del material de siembra cuando se introducen nuevas variedades.

eventualmente la brecha en rendimiento inherente en la Figura 4, se requerirá un ensayo factorial incompleto muy grande basado en una estratificación adecuada de los agricultores.

Los ensayos a nivel de finca en Mondomo, en el Departamento del Cauca, se iniciaron de la misma manera que los ensayos de validación, probando el paquete de mínimos insumos, de fertilizantes y variedades mejoradas. La selección de variedades se basó en resultados de ensayos regionales en Santander de Quilichao (1070 m de altitud versus aproximadamente 1400 m para la localidad de los ensayos a nivel de finca). Se encontró que las variedades no se adaptaron, debido aparentemente al ligero diferencial de temperatura. Además, las diferencias en el rendimiento en los tratamientos no fueron significativas, siendo la varianza entre fincas significativamente mayor que la varianza entre tratamientos (Cuadros 11 y 12).

Con el fin de analizar los efectos de los tratamientos, la varianza tenía que ser controlada, especialmente incluyendo otra información que respondiera por la variación en rendimiento. Los análisis iniciales del suelo indicaron niveles de fósforo muy bajos, alta saturación de aluminio y niveles de potasio bajos a moderados. Además, los agricultores en la zona trataban de controlar la disminución de la fertilidad del suelo mediante un sistema de enrastrojamiento a largo plazo. El efecto del sistema de entrastrojamiento en los rendimientos se podía observar mediante el ordenamiento de los resultados con base en un índice simple de enrastrojamiento (Cuadro 12). La correspondencia entre los dos era muy alta.

Alternativamente, se aplicó regresión múltiple a los resultados con variables adicionales para los factores edáficos. En el Cuadro 13 se presentan diferentes especificaciones del modelo. Todos los modelos varietales son significativamente diferentes (es decir, menores) que la variedad local Algodona. El tratamiento de la semilla no dió un efecto significatio en el rendimiento. Por otra parte, se encontró que los coeficientes en las variables edáficas dependían en alto grado si se incluía o no el modelo de enrastrojamiento */. Sin embargo, los resultados del modelo fueron estables cuando las variables fósforo y potasio se expresaron solamente como un término interactivo y junto con el índice de rotación dieron el R^2 más alto. Nuevamente, la variable rotación fué crítica para explicar la varianza del rendimiento y, en el modelo eventual, determinó si había o no una respuesta significativa a la fertilización. La estratificación de los agricultores y la repetición del análisis de varianza indicó una respuesta significativa a los fertilizantes cuando el término de duración del enrastrojamiento era inadecuado (Cuadro 14).

---

*/ La condición multicolineal puede ser un problema en este caso, pero la correlación simple entre el modelo de enrastrojamiento y los factores edáficos no fue alta.

Al igual que en Media Luna, en los ensayos de Mondomo se encontró que los factores de calidad y el rendimiento variaron con base en los factores de manejo. Como se muestra en el Cuadro 15 se encontró que el contenido de almidón y el contenido de HCN variaron con base en el nivel de fertilidad del suelo. A pesar de que se incluyeron variedades "dulces" en los ensayos, las cuales mantuvieron esta característica en los mayores niveles de fertilidad, en condiciones de un enrastrojamiento corto, los niveles de HCN ascendieron por encima del nivel crítico de 100 ppm. Por consiguiente, mantener la calidad se torna más difícil entre más alto sea el estrés en el cual se cultive la yuca. La capacidad para manejar estos factores de calidad depende de restricciones dentro del sistema agrícola, tales como el período del enrastrojamiento en relación con el tamaño de la finca y su importancia en los mercados finales.

Aunque el análisis de los ensayos a nivel de finca muestra los tipos de resultados que se pueden obtener de la evaluación entre la variación entre tratamiento y entre la variación entre fincas, aún falta el concepto de la variación entre localidades. Esto último sólo es factible cuando la evaluación se enfoca en una tecnología o variedad que presente una adaptación relativamente amplia. Dicho enfoque fue utilizado en la investigación de factores limitantes por el IRRI (IRRI, 1979); sin embargo, en yuca es poco factible que haya mucha similitud en la introducción de tecnología en diferentes localidades. Sin embargo, el enfoque es útil en términos de lo que se puede aprender de un análisis comparativo. También, en esfuerzos más avanzados de desarrollo de modelos (por ejemplo, modelos tipo mercado - equilibrio espacial), los ensayos se utilizaron para evaluar cambios en la ventaja comparativa de producir para distintos mercados finales, particularmente en los que las diferencias en calidad constituían un factor.

Con el ánimo de hacer un análisis comparativo, los ensayos a nivel de finca de 1980-81 se diseñaron para evaluar el efecto de diferentes épocas de siembra y cosecha como determinantes del rendimiento. La escogencia de las épocas de siembra y cosecha se hizo con base en los requerimientos particulares del sistema agrícola de cada localidad. Los resultados tomados conjuntamente muestran ganancias en rendimiento por el almacenamiento de la yuca en el suelo (el aumento porcentual en la rentabilidad es aún mayor) pero que este almacenamiento implica un mayor riesgo (Cuadro 16). Los factores de riesgo incluyen riesgo de producción, como en Mondomo en donde ocurrió pudrición radical debido a una alta precipitación fuera de lo normal, o en Media Luna en donde la calidad de las raíces tiende a disminuir.

Más importante aún es el riesgo del mercado que, además del riesgo de una disminución en el precio durante el transcurso del período de cosecha, incluye el acceso al mercado. Los agricultores en las diferentes regiones han adoptado distintas estrategias de mercadeo. En el Socorro los agricultores se enfrentan a un mercado fresco muy limitado en el cual los compradores cambian de precios durante el transcurso del día de mercado a medida que estiman el suministro que va entrando al mercado. Los agricultores rara vez cosechan más de 150-200 kg para cualquier día de mercado. Los agricultores en los Llanos (para el

mercado fresco de Bogotá) y de Mondomo (para las plantas de almidón en pequeña escala) venden sus lotes por contrato. Por consiguiente, los agricultores no están interesados en rendimientos más altos y los compradores están más interesados en la continuidad de suministros que en los aumentos en rendimiento. En Media Luna, los agricultores pueden vender yuca al mercado fresco urbano en el cual existe un premio considerable en el precio o al mercado industrial de almidón. El problema lo constituye el acceso al mercado fresco al cual le venden cuando quiera que existe una oportunidad de mercadeo. Los agricultores le venden casi exclusivamente al mercado fresco al comienzo del período de cosecha y al mercado de almidón al final, cuando se aproxima la época de siembra.

Por consiguiente, la conclusión es que los rendimientos de yuca varían marcadamente dependiendo de la época de siembra y, especialmente, de la época de cosecha. Sin embargo, la yuca se cosecha por lo general más temprano que lo que podría considerarse como óptimo debido a factores limitantes de mayor nivel en el sistema agrícola y de mercadeo. En la medida en que se desarrollen mercados alternativos y unidades de procesamiento en pequeña escala, habrá cabida a ganacias sustanciales en la eficiencia debido a mejores eslabones entre los sistemas de producción de yuca y los sistemas de procesamiento de la misma.

Conclusiones

La investigación de sistemas agrícolas unida a la generación o evaluación de tecnología se puede utilizar para varios propósitos diferentes tales como la definición de los requerimientos del diseño de tecnología, la validación y prueba de tecnología, la identificación del componente o paquetes tecnológicos apropiados para extensión o la planeación y evaluación del proyecto. Aunque son relativamente distintos, hay sin embargo un traslape considerable en estos objetivos y, por ello, los programas de ISA con frecuencia tienden a tratar de hacerlo todo. La puesta en marcha y el diseño de un programa ISA exitoso requiere que los objetivos sean claros. Con relación a los objetivos del diseño de tecnología o validación de tecnología estos se alcanzan mejor como parte de un programa de investigación, el cual, en la mayoría de los casos, será un programa de investigación de un cultivo.

Aún dada esta diferenciación, la discusión de los ensayos de yuca a nivel de finca adelantados por el CIAT ha demostrado también que el diseño de la metodología dependerá igualmente de la etapa particular de desarrollo del programa de investigación (es decir, si el enfoque es esencialmente hacia las funciones de investigación o si es hacia la función de validación) y las características particulares del cultivo o sistemas de cultivo. Los ensayos de yuca a nivel de finca se iniciaron en un programa de investigación que tenía seis años de edad y en un cultivo que tenía un historial de investigación relativamente corto. Como los aumentos en rendimiento se buscaban por medio del desarrollo varietal con aumentos mínimos en insumos de apoyo, los primeros asuntos enfrentados incluyeron el ligamiento de los ensayos a nivel de finca con el sistema de prueba varietal y el desarrollo de un sistema apro-

piado para medir los rendimiento que reflejara los factores limitantes en el sistema de producción de yuca.

Lo que este proceso permitió aclarar rápidamente fue que era imposible en una región particular especificar un estimativo puntual incondicional del rendimiento para una variedad determinada asociado con el paquete de mínimos insumos. Existía una distribución muy marcada del rendimiento y para entender lo que significaba dicha distribución (y, por consiguiente, lo que serían los rendimientos promedios), se requería o que se estableciera un gran número de ensayos montados al azar en fincas o que los factores causantes de la variación del rendimiento se pudieran identificar y relacionar con datos secundarios más facilmente disponibles. En contraposición con los ensayos agronómicos más tradicionales, la metodología estaba orientada hacia el entendimiento de las variaciones considerables en los estimativos de rendimiento. Una conclusión básica, y parcialmente obvia, que surgió de estos ensayos iniciales fue que la variación del rendimiento y de la calidad era mucho mayor entre fincas que entre tratamientos.

Esta distribución del rendimiento era causada por variación en losfactores limitantes del rendimiento tando edáficos como bióticos y por factores limitantes del sistema agrícola y mercadeo en el manejo del cultivo de la yuca (Cuadro 4). Los agricultores no alcanzaban un rendimiento óptimo ni desde le punto de vista físico, ni siquiera desde el punto de vista presupuestal, debido a limitaciones de mayor nivel en factores tales como la época de siembra, la época de cosecha, el período de enrastrojamiento y el control de malezas (por ejemplo, en los casos en que entraba en conflicto con la cosecha de café en Mondomo). Además, son dichos factores de manejo encontraposición con el uso de insumos comprados, los que determinan principalmente el rendimiento. La producción de yuca se presta para el uso mínimo de insumos comprados. El control de enfermedades e insectos es, en general, o pohibitivamente costoso o inefectivo debido al ciclo largo del cultivo de la yuca. La aplicación de fertilizantes debe competir con una rotación de rastrojo. Además, debido a su sistema radical ineficiente (aminorado por la infestación de micorrizas) la aplicación de fertilizante tiende a ser grande con el fin de generar una respuesta en rendimiendo. Los agricultores pueden enfrentar factores limitativos de capital y/o tener alternativas que den un mejor retorno a la aplicación de fertilizantes, Sin embargo, una estrategia de manejo de la fertilidad del suelo será crítica para la efectividad de las variedades mejoradas.

La rentabilidad y, por consiguiente, la adopción potencial de las variedades mejoradas dependerá críticamente del tipo de mercado final disponible, puesto que el tipo de mercado determinará si los requerimientos de calidad son estrictos. Los resultados de los ensayos a nivel de finca indican que será difícil (y costoso) producir variedades de alto rendimiento que tengan las características de calidad necesarias para competir con las variedades tradicionales en los mercados frescos del sector urbano. Las condiciones de estrés en las cuales generalmente se cultiva yuca afectan adversamente las características de calidad tales como los contenidos de almidón y HCN, como también afectan el rendimiento.

Las variedades mejoradas tenderán a ser adoptadas más rápidamente en aquellas áreas en donde exista una capacidad de procesamiento de la yuca; es decir, en donde las características de calidad no son tan rígidas. En la mayoría de los casos en América Latina, excepto en Brasil, se requerirá para ello el desarrollo de mercados alternativos. Entonces, la evaluación de la adopción potencial de las variedades mejoradas y la evaluación del desarrollo potencial de mercados alternativos se convierten en problemas relacionados. Los precios utilizados en el análisis tendrán que provenir de análisis de demanda; la viabilidad económica de la yuca en los mercados alternativos provendrá de los resultados de los ensayos a nivel de finca. Entonces, los ensayos a nivel de finca evolucionarán eventualmente como una herramienta para la evaluación *ex ante* de proyectos integrados de producción de yuca y desarrollo de mercados. Los ensayos también tendrán que ligar los requerimientos de los nuevos mercados con un análisis de los cambios necesarios en los sistemas de producción. Los ensayos de yuca a nivel de finca proporcionan así el eslabón clave entre el sistema de pruebas varietales y la expansión planeada de la producción y utilización de yuca.

Cuadro 1. Tipos de Variables Utilizadas en la Estratificación del Area Objetivo de Sistemas de Producción de Yuca.

Características	Variables
Características Edafoclimáticas	
Características del Sistema de Producción	
Tamaño de Finca	Tamaño Promedio de Finca % de agricultores con menos de 10 ha.
Tenencia de fincas	Propietarios de fincas como % de todos los agricultores
Características del cultivo de yuca	Area de yuca por finca Area de yuca como % del área cultivada Monocultivo de yuca omo % del área total de yuca
Mano de obra	Población económicamente activa por finca Población económicamente activa por área cultivada
Fuente de potencia	Población de tractores por finca Población de tractores por área cultivada
Características del sistema de mercado	
Precio	Precio de yuca Precio de yuca en comparación con cultivo competitivo
Comercialización	% de producción comercializada
Procesamiento	% de producción procesada
Costo de mercadeo	Distancia al mercado principal
Dinámica del mercado	% de cambio en área de yuca con el tiempo % de cambio en el precio de yuca con el tiempo

Cuadro 2. Localidades y Características de las Zonas en Donde Actualmente se Realizan los Ensayos a Nivel de Finca en Colombia.

Localidad	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Características del suelo			Tamaño promedio de finca (ha)	Cultivo principal competitivo	Mercado principal
			Bray II-P (ppm)	K (meq/100 g)	pH			
Costa Norte								
Media Luna	10	1400	3.9	0.08	6.0	5.8	Ajonjolí	Urbano fresco y almidón en gran escala
Cauca								
Mondomo	1450	2402	1.6	0.12	4.3	15.1	Café	Almidón en pequeña escala
Santander								
Palmas del Socorro	1225	2560	2.5	0.20	4.0	5.9	Caña	Subsistencia
Llanos Orientales								
San Martin	350	2500	3.1	0.10	4.6	60.0	Café	Urbano fresco

Cuadro 3. Diferenciación del Diseño de los Ensayos a Nivel de Finca con Base en el Objectivo de Investigación

Enfoque de Investigación	Características del Diseño del Ensayo	Ejemplo
Enfoque por localidad o sitio:		
Evaluación de limitación específicas locales o validación dentro de una localidad	Los tratamientos siguen las características del sistema de producción de la región.	Evaluación de tecnología en nueva zona edafoclimática, ej. Cuenca del Amazonas.
Identificación de Limitaciones de una localidad a otra.	Diseño general de evaluación de un solo factor limitante; tratamientos específicos con base en las características del sistema de producción de la región.	Evaluación de la estabilidad de nuevas variedades dentro del sistema; evaluación comparativa de sistemas de producción.
Validación de una localidad a otra	Diseño factorial completo o incompleto con tratamientos constantes	Evaluación de variedades por amplia adaptabilidad; prueba de un paquete de mínimos insumos.

Cuadro 16. Efecto de la Epoca de Siembra y Epoca de Cosecha en el Rendimiento y Rentabilidad de la Yuca [1/]

Región y Variedad	Primera siembra		Porcentaje de cambio en:		Segunda siembra:		Porcentaje de cambio en:	
	Iniciación cosecha	Terminación cosecha	Rend.	Rentabilidad	Iniciación cosecha	Terminación cosecha	Rend.	Rentabilidad
	ton/ha		%		ton/ha		%	
Media Luna:								
Secundina								
Sin fertilizar	12.4	16.5	33	50	9.4	11.6	27	42
Fertilizada	11.1	14.4	30	65	10.4	14.3	38	89
CMC 342-170								
Sin fertilizar	17.2	21.4	24	32	16.9	20.4	21	27
Fertilizada	23.5	29.8	27	36	19.8	20.4	3	4
Mondomo:								
Algodona								
Sin fertilizar	11.4	9.5	- 17	- 27	16.9	26.9	59	80
Fertilizada	22.3	2.4	- 89	-	19.5	30.8	58	90
Barranqueña								
Sin fertilizar	15.4	9.2	- 40	- 56	5.2	9.1	75	444
Fertilizada	17.7	20.7	17	28	12.5	13.5	8	18
CMC 92								
Sin fertilizar	.9.1	3.6	- 60	-	12.1	30.9	155	242
Fertilizada	18.3	3.6	- 80	- 70	14.5	36.2	150	288
Socorro:								
Chile								
Sin fertilizar	12.9	21.5	67	38	21.5	16.9	- 21	- 28
Fertilizada	13.4	26.3	96	105	23.3	18.5	- 21	- 29
CMC 92								
Sin fertilizar	10.6	16.2	53	39	2/	2/	-	-
Fertilizada	13.4	22.3	66	69	2/	2/	-	-
HMC 2								
Sin fertilizar	4.6	17.5	280	-	2/	2/	-	-
Fertilizada	14.7	15.7	7	68	2/	2/	-	-
Llanos								
Chirosa								
Sin fertilizar	11.2	18.0	61	86	N.I.	N.I.	-	-
Fertilizada	13.4	14.9	11	18	N.I.	N.I.	-	-
Cupa								
Sin fertilizar	5.8	7.1	22	50	N.I.	N.I.	-	-
Fertilizada	7.9	10.3	30	80	N.I.	N.I.	-	-

N.I. = no incluido como tratamiento
1/ = tratamiento de alto manejo
2/ = estacas destruídas en el transporte



Cuadro 15. Mondomo: Efecto del Sistema de Enrastrojamiento y Fertilización en la Calidad de Raíces.

Variedad	Enrastrojamiento adecuado 1/				Enrastrojamiento acordato 2/			
	Fertilizado		No Fertilizado		Fertilizado		No Fertilizado	
	Materia seca	HCN	Materia seca	HCN	Materia Seca	HCN	Materia seca	HCN
	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm
Algodona								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	34.5	-	35.2	-	30.7	-	26.6	-
Cosecha de junio	36.0	328	26.9	335	31.8	219	29.7	623
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	41.9	94	42.3	128	37.0	243	37.4	317
Cosecha de diciembre	32.4	85	33.8	107	32.0	251	30.5	285
CMC 92								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	37.3	37.7	37.7	-	30.2	-	26.2	-
Cosecha de junio	33.7	182	27.9	83	29.8	154	32.9	409
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	38.3	195	37.1	306	39.3	287	35.6	624
Cosecha de diciembre	34.3	181	33.4	258	32.1	365	32.2	350
Barranquilla								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	38.7	-	37.0	-	29.7	-	28.8	-
Cosecha de junio	37.2	113	37.2	167	34.1	122	29.0	253
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	37.0	80	37.0	165	36.6	111	36.0	139
Cosecha de diciembre	32.2	30	34.3	46	30.2	92	33.3	93
Sata Dovio								
Siembra de marzo								
Cosecha de marzo	35.2	-	34.5	-	28.8	-	29.4	-
Cosecha de junio	41.3	71	36.3	179	33.9	123	33.5	194
Siembra de septiembre								
Cosecha de septiembre	34.5	107	37.5	207	34.8	266	37.0	224
Cosecha de diciembre	34.7	43	37.3	37	35.7	110	34.7	154

1/Para la siembra de marzo, parcela 2; para la siembra de sept. parcela 4.

2/Para la siembra de marzo, parcela 1; para la siembra de sept. parcela 3.

Cuadro 14. Mondomo: Respuesta de Algodona a los Fertilizantes en Relación con el Período del Enrastrojamiento.

Tratamiento de fertilidad	Ciclo de Rotación: Adecuado (índice de rotación > 6)	Acortado (índice de rotación ≤ 6)
	ton/ha	
Fertilizante + Cal	11.3 a	7.7 a
Fertilizante	11.1 a	8.9 a
Cal	12.1 a	2.5 b
Testigo	11.0 a	4.2 b

Nota: Las cifras con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.

Cuadro 13. Mondomo: Determinantes del Rendimiento Según su Medición En Análisis de Regresión Múltiple

Variable	Coeficientes estimados 1	2	3	4
Intercepto	11675***	12941***	8057***	12889***
Factores Edáficos:				
Fósforo	- 3625***	- 187	-	-
Potasio	15351***	3122	-	-
Materia orgánica	- 49	293	- 49	303
Calcio	- 1010	- 3405***	- 272	- 3346***
P* K	-	-	2661***	986**
Variedades				
Americana	- 4019***	- 3141***	-4674***	-3191***
CM 323-375	- 5042***	- 4072***	-5812***	-4140***
M Col 1684	- 6800***	- 5749***	-7560***	-5822***
CMC 59	- 3993***	- 2491***	-3908***	-2485***
Tratamiento de las estacas	419	433	422	434
Fertilizantes	905*	921*	908	917**
Modelo de enrastrojamiento	-	- 6349***	-	-6424***
R^2	.55	.64	.49	.65

Nota: Los asteriscos denotan el nivel de significancia del coeficiente de la siguiente manera:

*** P > .01 ; ** P > .05 ; * P > .10

Cuadro 12. Mondomo: Rendimientos de Algodona y Americana en Relación con la Historia del Terreno y el Tamaño de la finca

Rendimiento de raíces (ton/ha) Americana	Algodona	Historia Previa del Terreno	Indice de Rotación 1/	Tamaño de finca (ha)
t/ha	t/ha			ha
8.5 a 4/	16.6 a	1 año de yuca; 15 años de rastrojo	13	44.8
2/	13.7 b	2 años de rastrojo; 1 año de yuca; 10 años de rastrojo	10	12.6
3/	11.4 bc	10 años de rastrojo	10	19.2
6.6 ab	8.7 cd	8 años de rastrojo	8	4.5
6.2 b	6.9 d	6 años de rastrojo	6	5.8
3.5 c	6.5 de	2 años de rastrojo	2	15.1
4.6 c	4.7 e	2 años de yuca; 8 años de rastrojo	4	5.0
2.7 c	2/	2 años de yuca; 2 años de rastrojo	- 2	12.6

1/ Calculado como el número de años en rastrojo menos dos veces el número de años anteriores en yuca.

2/ El mismo agricultor pero diferentes historias del terreno para las dos variedades.

3/ Tratamiento perdido

4/ Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.

Cuadro 11. Mondomo: Resultados del Rendimiento y Materia Seca para las Variedades y Tratamientos Fertilizados Probados en los Ensayos a Nivel de Finca, 1979-80.

Tratamiento de Fertilización	Variedad		
	Algodona	Americana	CM 323-375
Rendimiento de raíces(ton/ha)			
Cal + Fertilizante	10.3 a	6.3 a	5.5 a
Solo Fertilizante	10.4 a	4.9 a	6.2 a
Solo Cal	9.3 a	4.8 a	4.7 a
Testigo	9.1 a	4.9 a	3.1 a
Contenido de materia seca(%)			
Cal + Fertilizante	36.8 a	35.9 a	37.6 a
Solo Fertilizante	36.6 a	33.7 a	36.2 a
Solo Cal	36.1	35.1 a	36.4 a
Testigo	35.4	34.3 a	37.5 a

1/ Las medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes a un nivel de P = 0.05.

Cuadro 10. Media Luna: Determinantes del Rendimiento y la Calidad de la Yuca y Restricciones sobre el Control de los Agricultores de estos factores.

Determinante del Rendimiento	Restricción en el Control por los Agricultores
Epoca de Siembra	Disponibilidad de alquiler de tractores
	Capacidad para cosechar el cultivo anterior
Epoca de Cosecha	Acceso al mercado
	Espectativas de precios
Tipo de suelo: rojo o blanco	Distribución del suelo
	Sistema de enrastrojamiento
Período de enrastrojamiento	Tamaño de finca
	Precio de los fertilizantes
Manejo de estacas	Disponibilidad de agua
	Epoca de cosecha
Control de malezas	Disponibilidad y precio de mano de obra
	Topes estacionales de mano de obra
Enfermedades e insectos	Medidas de control no rentables

Cuadro 9. Media Luna: Características varietales en función de diferentes épocas de cosecha, 1979-80.

Características varietales	Meses después de cosecha					
	10	11	12	13	14	15
Precipitación (mm)	0	3	50	170	240	180
Rendimiento de raíces (ton/ha)						
Secundina	8.4	7.7	8.6	9.1	12.2	12.3
CM 323-375	7.6	6.6	7.8	9.6	16.0	16.0
CM 305-38	5.7	5.4	5.8	6.6	7.4	10.4
CM 391-2	6.6	3.6	3.8	7.7	9.0	10.2
Contenido de materia seca (%)						
Secundina	36.6	33.1	32.3	32.2	41.4	34.5
CM 323-375	28.5	22.5	23.6	23.1	25.6	23.7
CM 305-38	28.9	27.3	25.9	24.6	28.0	22.7
CM 391-2	29.8	26.8	27.2	21.1	33.2	30.2
Pudrición de raíces (% del total de raíces)						
Secundina	0.8	1.0	0.7	0.3	1.1	0.4
CM 323-375	4.1	13.3	6.3	2.8	4.5	4.5
CM 305-38	4.8	10.4	10.9	4.1	3.0	5.6
CM 391-2	2.2	18.3	14.1	5.8	4.3	1.0
Contenido de fibra (%)						
Secundina	2.8	2.6	4.8	N.A.	3.4	4.0
CM 323-375	3.1	3.6	5.3	N.A.	3.9	3.3
CM 305-38	3.2	4.1	N.A.	N.A.	4.4	6.4
CM 391-2	3.3	3.4	6.4	N.A.	4.5	3.3

Cuadro 8. Media Luna: Efecto de la época de siembra, época de cosecha y control de malezas en el rendimiento de dos variedades.

Tratamiento	Siembra de mayo				Siembra de septiembre			
	Cosecha de febrero (273 días)		Cosecha de mayo (345 días)		Cosecha de julio (303 días		Cosecha de septiembre (357 días)	
	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)	Rendimiento (ton/ha)	Materia seca (%)
Buen control de malezas								
Secundina								
Tradicional	6.5	-	10.0	32.8	9.0	38.1	7.7	34.1
Mejorado	12.4	33.4	16.5	32.4	9.4	35.5	11.6	33.5
Fertilizado	11.1	33.7	14.4	35.9	10.4	35.6	14.3	34.2
CM 342-170								
Tradicional	20.9	-	20.4	20.6	15.6	31.3	13.6	29.6
Mejorado	17.2	29.9	21.4	25.3	16.9	29.9	20.4	29.6
Fertilizado	23.5	28.6	29.8	24.1	19.8	28.6	20.4	28.8
Control de malezas poble								
Secundina								
Tradicional	2.8	-	6.1	31.3	4.2	33.3	5.2	36.2
Mejorado	7.7	33.5	10.5	32.1	4.2	34.8	3.4	33.6
Fertilizado	7.1	31.9	9.6	31.0	3.3	33.2	7.2	36.4
CM 342-170								
Tradicional	11.4	-	9.5	28.0	9.6	29.6	13.8	31.7
Mejorado	17.7	32.2	19.6	28.0	12.9	30.3	17.2	32.3
Fertilizado	16.2	29.3	16.7	28.3	11.4	26.8	19.1	30.9

Cuadro 7. Media Luna: Resultados de ensayos agronómicos desglosados por tipo de suelo.

Tipo de suelo	Aplicación de fertilizantes	Variedades					
		Secundina		CMC 40		M Col 22	
		Rendimiento	Almidón	Rendimiento	Almidón	Rendimiento	Almidón
Rojo	no	12.4	33.5	17.8	24.6	15.1	27.3
Rojo	si	15.7	32.1	18.1	23.3	18.3	29.5
Blanco	no	11.3	31.6	8.4	21.5	9.5	26.6
Blanco	yes	7.9 1/	29.3	13.2	15.8	16.6	28.5

1/ Sólo incluye una observación en la cual el rendimiento se redujo significativamente.

Cuadro 6. Media Luna: Productividad y contenido de almidón de variedades locales y del CIAT con prácticas agronómicas mejoradas 1/ y prácticas agronómicas mejoradas más fertilizante.

Variedad y tratamiento	Rendimiento (ton/ha)		Contenido de Almidón (%)	
	Media	Desviación estandar	Media	Desviación estandar
	ton/hectárea		%	
Secundina				
prácticas agronómicas mejoradas	12.1a 2/	3.9	33.0a	1.1
prácticas agrónomicas mejoradas + fertilizante	13.1	4.6	30.8ab	2.9
CMC 40				
prácticas agronómicas mejoradas	15.4a	5.7	23.8c	2.5
prácticas agronómicas mejoradas + fertilizante	15.7ab	3.5	19.6c	6.4
M Col 22				
prácticas agronómicas mejoradas	13.7a	3.1	27.1b	1.9
prácticas agronómicas mejoradas + fertilizante	17.5b	4.4	29.0b	2.3

1/ Incluye una población de plantas de 10.000/ha, selección de estacas y tratamiento de estacas.

2/ Las cifras seguidas por letras diferentes son significativamente diferentes (p = 0.05).

Nota: El nivel promedio de rendimiento con tecnología tradicional fue de 7.1 ton/ha.

Cuadro 5. (Continuación)

Año			
1980-81	Evaluación varietal en función de diferentes épocas de siembra y cosecha.	Variedad local e híbrida evaluadas en tres sistemas de manejo con dos fechas de siembra cada una con dos fechas de cosecha.	1. Variedad híbrida más rentable que la variedad local, aún con descuentos en precios. 2. Interacción sustancial entre la respuesta a fertilizantes y el control de malezas. 3. La época de siembra y de cosecha influye en alto grado en el rendimiento. 4. El híbrido responde mejor al fertilizante con buen manejo.
1981-82	Evaluar respuesta en rendimiento y a fertilizante en función de un sistema de enrastrojamiento y tipo de suelo	Variedad local e híbridas evaluadas en seis tratamientos con fertilizantes con tres sistemas de enrastrojamiento y dos tipos de suelo.	Falta su cosecha.

Cuadro 5. Media Luna: Evaluación de los Objetivos y el Diseño de los Ensayos de Yuca a Nivel de Finca

Año	Objetivos	Características del diseño	Resultados
1977-78	Evaluar adopción real de variedades nuevas más tecnología de mínimos insumos.	Dos selecciones y una variedad local con tres tratamientos; cada tratamiento evaluado en distinta finca.	1. Importancia de las características de calidad en la adopción (contenido de almidón). 2. Retorno en rendimiento al paquete mínimos insumos. 3. Impráctica la evaluación de la adopción; es necesario rediseñar los ensayos.
1978-79	Validar variedades de amplia adaptación y prácticas culturales recomendadas.	Dos selecciones y una variedad local con paquetes de mínimos insumos y paquetes de mínimos insumos más fertilizantes.	1. Rendimiento y diferencia en respuesta a fertilizantes con base en el tipo de suelo. 2. El concepto de amplia adaptabilidad no se aplicó a Media Luna. 3. Contenido de almidón influenciado por factores ambientales como el tipo de suelo. 4. Respuesta en rendimiento al paquete de mínimos insumos pero el fertilizante no fue rentable.
1979-80	Seleccionar híbridos y evaluar rendimiento y calidad en función de la época de cosecha	Una variedad local y tres híbridos con seis épocas de cosecha	1. Alta dependencia del rendimiento y la calidad de la época de cosecha. 2. La clasificación de las variedades cambia en función de la época de cosecha. 3. La selección varietal ligada en forma más eficiente al ensayo regional

Cuadro 4. Determinantes del Rendimiento y la Producción en Sistemas de Cultivo de Yuca.

Componentes del Sistema de cultivo de yuca	Interacción varietal	Interacción edafoclimática	Determinantes de mayor nivel	
			Sistema agrícola	Sistema de mercado
Manejo de la fertilidad del suelo	??	Alta	Limitación de capital rotación de cultivos	Relación de precios producción/ fertilizantes.
			Limitación de tierra/ sistema de enrastrojamiento Asignación de "calidad de tierras"	Interacción fertilizantes/ calidad.
Control de erosión	Baja	Alta	Rotación de cultivos/asignación de tierra Sistema de Tenencia	
Cultivos intercalados	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra	Relaciones de precios de la producción
			Limitaciones de flujo de caja	
Control de malezas	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra	Salarios
Manejo de estacas	??	Baja/moderada	-	-
Manejo de plagas	Alta	Alta	Limitaciones de capital 1/	Relaciones de precio producción/ pesticidas Cambios en calidad
Epoca de cosecha	Moderada	Moderada	Limitaciones de mano de obra	Precio estacional de la producción
			Usos competitivos de la tierra	Acceso al mercado
Epoca de siembra	??	Alta	Asignación de recursos a otros cultivos	Precio estacional de la producción
Características varietales de calidad	Alta	Moderada/Alta	Manejo de la fertilidad	Descuentos en el precio de la producción Acceso al mercado

1/ Debido al largo ciclo de cultivo es dudoso que los fungicidas, pesticidas, etc. contituyan una opción.

Figura 1. Proceso de Desarrollo de Tecnología de Yuca

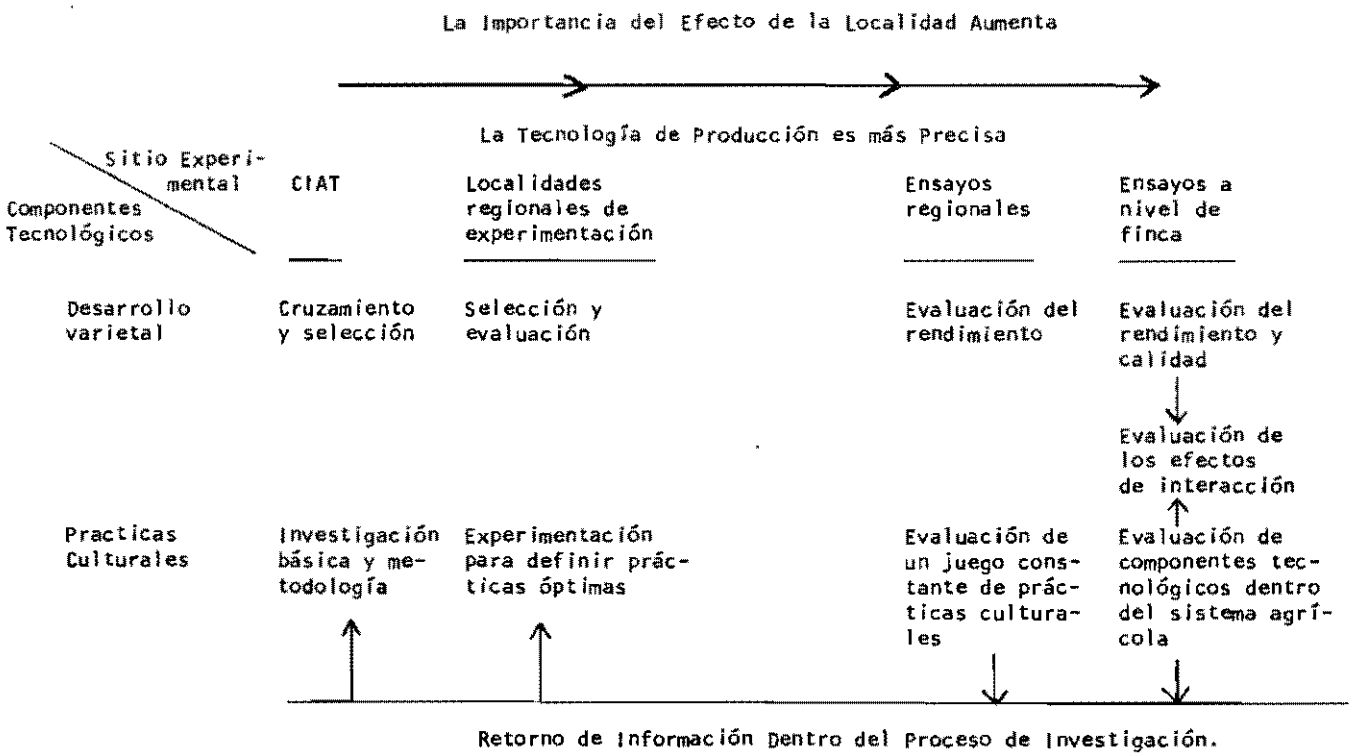


Figura 2. Diagrama del Flujo de la Metodología de los Ensayos de Yuca a Nivel de Finca

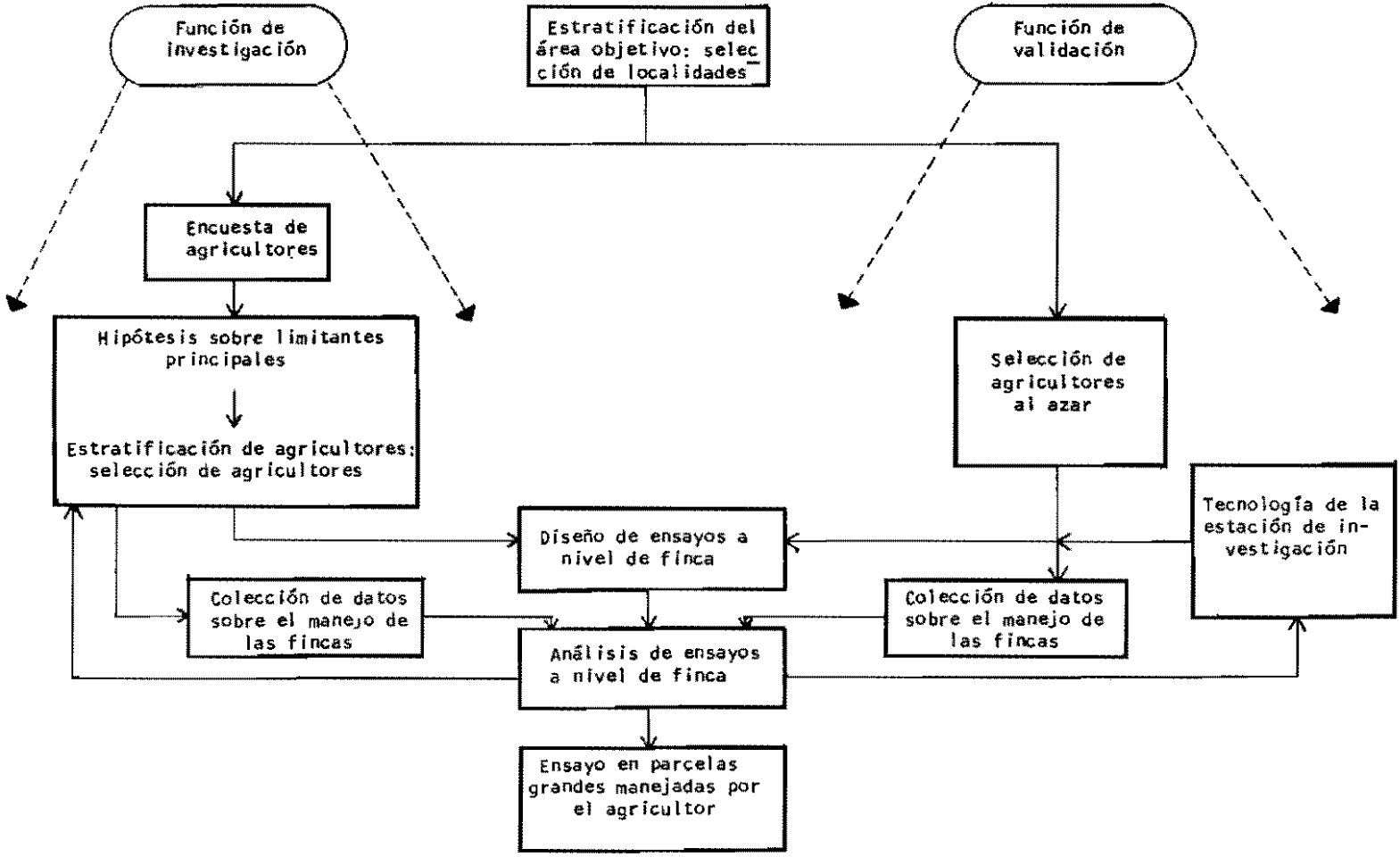


Figura 3. Diagrama de Flujo para la Evaluación de Nueva Tecnología de Ensayos a Nivel de Finca.

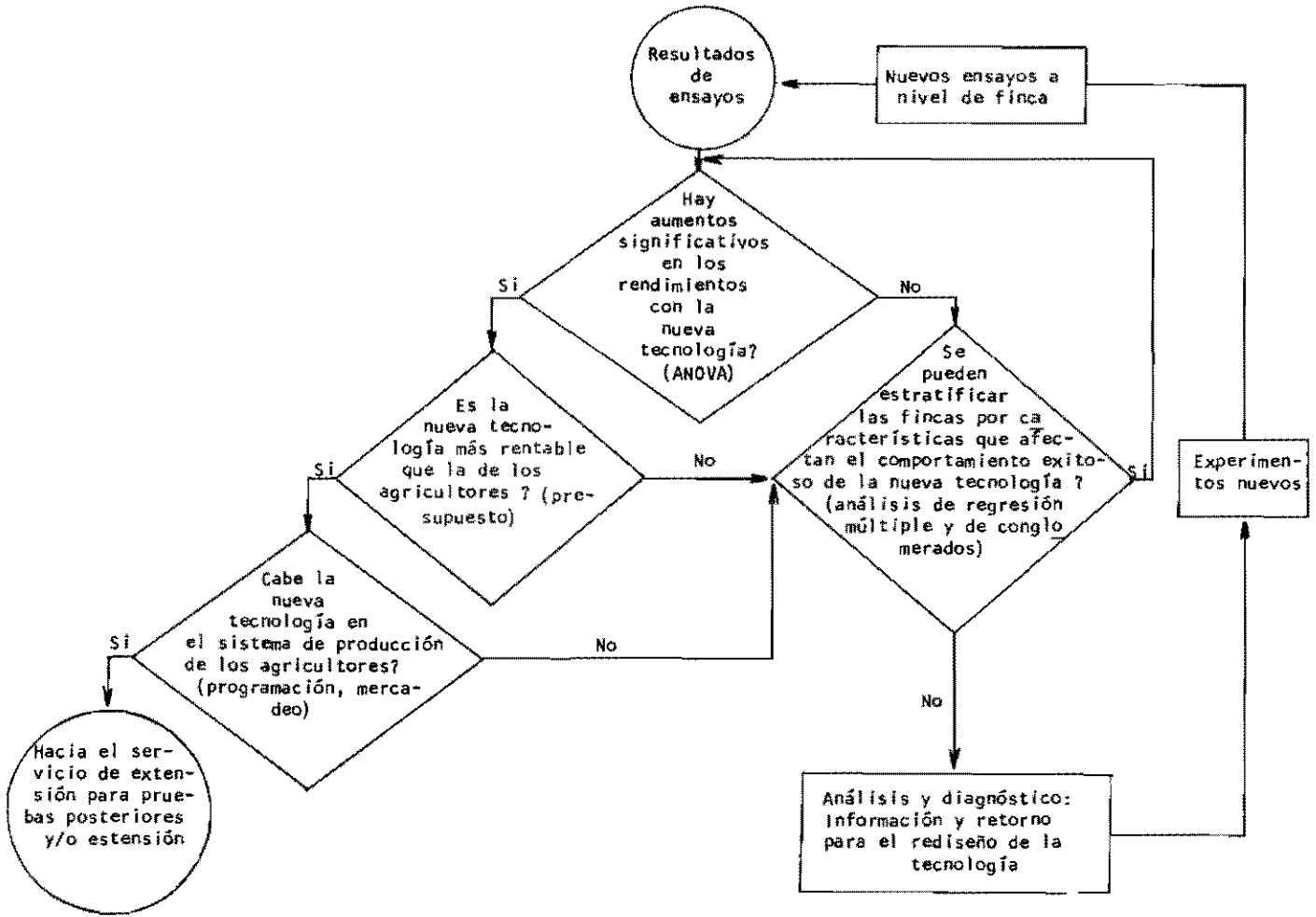
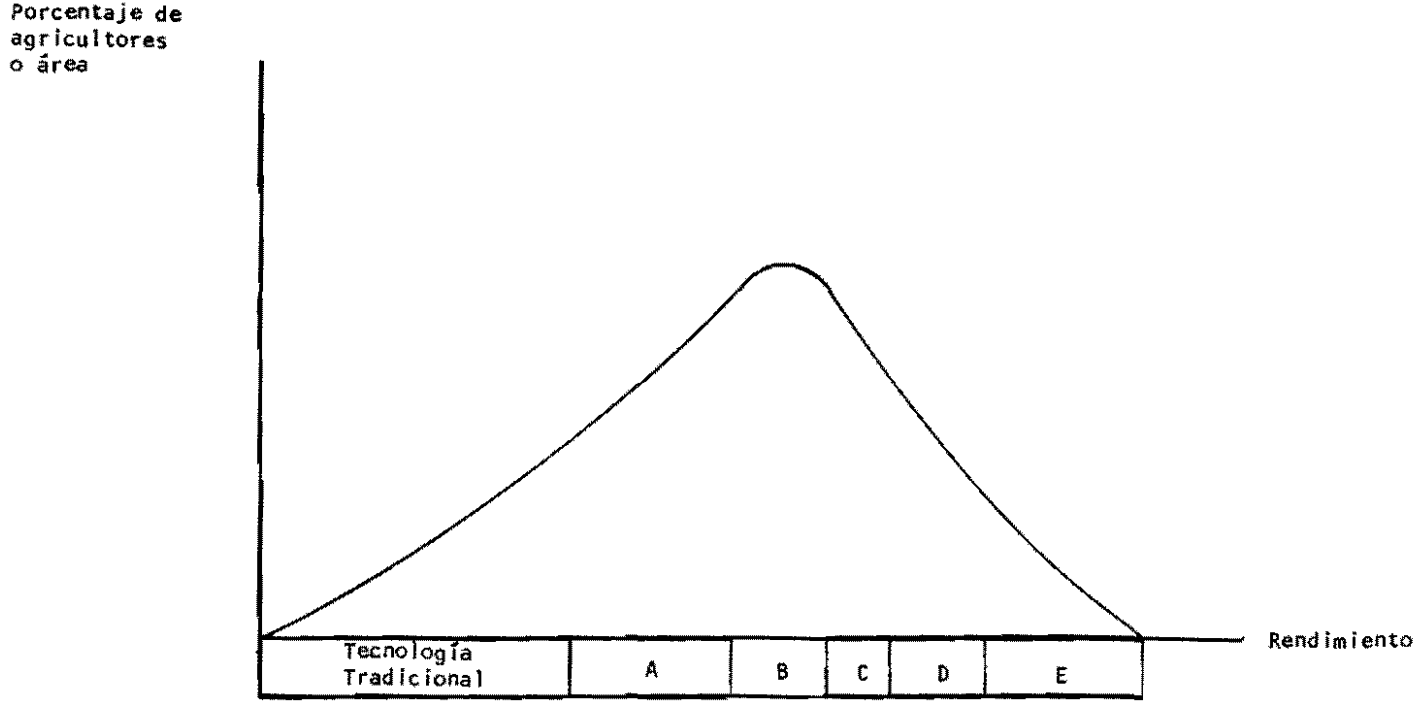


Figura 4. Distribución del Rendimiento en Función de una Brecha en Rendimiento Fundamental



A : Control óptimo de malezas
B : Manejo de estacas
C : Fecha óptima de siembra
D : Fecha óptima de cosecha
E : Uso óptimo de fertilizantes o enrastrojamiento

BIBLIOGRAFIA

1. Cock, J.H. (1981). "Stability of Performance of Cassava Genotypes", mimeo.

2. Donald, C.M. and J. Hamblin (1976). "The Biological Yield and Harvest Index of Cereals as Agronomic and Plant Breeding Criteria", Advances in Agronomy (28):361-405.

3. Evans, L.T. (1980). "The Natural History of Crop Yield", American Scientist (68): 338-397.

4. IRRI (1979). Farm-level Constraints to High Rice Yields in Asia: 1974-77, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

102035

ANALISIS ECONOMICO DE UN ENSAYO DE FERTILIZACION EN YUCA

R.O. Díaz*
R. Howeler**
L.F. Cadavid

La sección de suelos del Programa de Yuca del CIAT estableció en Mayo de 1980 un ensayo de fertilización en este cultivo, con el propósito de medir el efecto en rendimiento en tres variedades de yuca a diferentes niveles de fertilizante y establecer los niveles óptimos de este insumo desde el punto de vista económico.

Metodología

Aspectos Agronómicos

El ensayo se localizó en los corregimientos de Mondomito y Agua Blanca del Municipio Santander de Quilichao, Departamento del Cauca, sitios localizados entre los 1400 y 1680 m.s.n.m. y temperatura promedia de 18°-19°C. El Cuadro 1 describe suelos sumamente ácidos, altos en aluminio y materia orgánica (m.o.), bajos en fósforo (P) e intermedios en potasio (K),

La preparación de la tierra se hizo con arado, arrastrado por bueyes. Se empleó semilla sana cortada a 20 centímetros. La distancia de siembra fué de 80 x 90 cms, colocando la semilla en forma vertical.

Cuadro 1. Análisis de fertilidad de los suelos seleccionados

Descripción	Mondomito	Agua Blanca
M.S.N.M.	1460	1680
T(°C)	20	19
M.O. (%)	5.6	6.1
P(p.p.m.)	1.6	0.8
K(meq/100 gm)	0.14	0.16
Al(meq/100 gm)	3.3	8.5
pH	4.1	4.4

* Economista, Programa Yuca, CIAT.

** Especialistas en suelos, CIAT.

Para control pre-emergente de malezas, se aplicó 100 gramos de Karmex y 150 c.c. de Lazo por bomba de 18 litros.

Se utilizó la variedad regional "Barranqueña" con semilla tomada directamente del lugar en estudio y las variedades M Col 113 y CMC 92 con semilla procedente de los campos del CIAT.

Se aplicó al voleo y se incorporó 500 kg/ha. de cal dolomítica antes de la preparación del suelo. En bandas al lado de cada estaca se aplicaron diferentes niveles (Cuadro 2) de N.P.K. tomando como fuente urea (45% N), superfósfato triple (20% P) y cloruro de potasio (50% K).

La cosecha se hizo a los 11 y 15 meses en las localidades de Mondomito y Agua Blanca, respectivamente.

Análisis Económico

Para el análisis económico se emplea el método del presupuesto parcial. Consiste en un análisis de beneficios y costos asociados a una determinada decisión de inversión, en este caso fertilizantes. Los costos de las actividades e insumos de producción que permanecen constantes a diferentes niveles de fertilización, no se incluyen en el análisis. Los jornales empleados en el control de malezas podrían disminuir en la medida en que se aumenta el área foliar por efecto de la fertilización. En este caso se consideran constantes.

Dentro de los costos variables, la actividad de cosecha y empaque dependen del rendimiento. Para este ejercicio se supone que toda la yuca es vendida en la plantación, una costumbre común en el sector y por lo tanto, no se incluyen los costos de cosecha y empaque como variables.

Los costos variables asociados con la fertilización se refieren solamente al costo del elemento nitrógeno (N), fósofor (P) y Potasio (K) y el costo de la mano de obra para su aplicación (Cuadro 2).

Resultados y Discusión

Ingresos Parciales

La relación de ingresos parciales para cada una de las variedades de yuca estudiadas se presenta en el Cuadro 3.

El ingreso mayor se logró con la variedad M Col 113 en el tratamiento 100-100-200 de N.P.K. El menor ingreso se logró con CMC 92 en el tratamiento testigo.

Beneficios Netos

Los beneficios netos y los costos variables correspondientes a cada tratamiento en orden descendente, se presentan en los cuadros 4, 5 y 6 y figuras 1, 2, 3.

Cuadro 2. Costos variables de fertilización con diferentes niveles de N.P.K. Marzo, 1982

No.	Nivel N.	Nivel P.	Nivel K.	Costo N 1/	Costo P 2/	Costo K 3/	Costo variable total 4/ Col$/ha
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	100	100	-	11345	3198	14793
3	50	100	100	2384	11345	3198	17177
4	100	100	100	4768	11345	3198	19561
5	200	100	100	9536	11345	3198	24329
6	100	0	100	4768	0	3198	8216
7	100	50	100	4768	5672	3198	13888
8	100	200	100	4768	22690	3198	30906
9	100	100	0	4768	11345	0	16369
10	100	100	50	4768	11345	1599	17962
11	100	100	200	4768	11345	6396	22759
12	200	200	200	9536	22690	6396	38872

1/ $47.68/kg N.; 2/ $113.45/ka P.; 3/ $31.98/kg K

4/ Incluye $250, costo de un jornal empleado en la aplicación

Cuadro 3. Relación de ingresos parciales de tres variedades de yuca de acuerdo a diferentes niveles de fertilización con N.P.K.

Tratamiento N	P	K	CMC 92 Mondomito Rto t/ha	CMC 92 Mondomito Ingreso $/ha */	Barranqueña Agua Blanca Rto t/ha	Barranqueña Agua Blanca Ingreso $/ha	M Col 113 Agua Blanca Rto t/ha	M Col 113 Agua Blanca Ingreso $/ha
0	0	0	9.8	53900	12.7	69850	13.4	73700
0	100	100	16.2	89100	25.5	140250	23.9	131450
50	100	100	16.4	90200	20.5	112750	25.3	139150
100	100	100	20.6	113300	24.8	136400	21.6	118800
200	100	100	19.1	105050	29.7	163350	27.1	149050
100	0	100	11.0	60500	13.2	72600	16.1	88550
100	50	100	19.3	106150	25.3	139150	25.9	142450
100	200	100	21.0	115500	24.6	135300	23.0	126500
100	100	0	14.9	81950	25.5	140250	23.5	129250
100	100	50	22.7	124850	24.9	136950	20.4	112200
100	100	200	18.0	99000	26.3	144650	31.1	171050
200	200	200	25.0	137500	28.0	154000	27.5	151250

*/ Yuca para producción de almidón: precios $5.5/kg, raíces frescas.

Cuadro 4. Análisis de dominancia de respuesta a fertilizante en yuca en la variedad CMC 92. Localidad: Mondomito, Cauca

Ensayo	Tratamiento			Beneficio** Neto	Costo Variable
	N	P	K		
	------kg/ha-------			----------$/ha----------	
10	100	100	50	106888	17962
12	200	200	200	98628*	38872
4	100	100	100	93739*	19561
7	100	50	100	92262	13888
8	100	200	100	84594*	30906
5	200	100	100	80721*	24329
11	100	100	200	76241*	22759
2	0	100	100	74307*	14793
3	50	100	100	73023*	17177
9	100	100	0	65587*	16363
1	0	0	0	53900	0
6	100	0	100	52287*	8216

* Tratamiento dominado

** Ingreso - Costo variable

Cuadro 5. Análisis de dominancia de respuesta a fertilizante en yuca en la variedad Barranqueña. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

Ensayo	Tratamiento			Beneficio** neto	Costo variable
	N	P	K		
	kg/ha			$/ha	
5	200	100	100	139021	24329
2	0	100	100	125457	14793
7	100	50	100	125262	13888
9	100	100	0	123887*	16363
11	100	100	200	121891*	22759
10	100	100	50	118988*	17962
4	100	100	100	116839*	19561
12	200	200	200	115128*	38872
8	100	200	100	104394*	30906
3	50	100	100	95573*	17177
1	0	0	0	69850	0
6	100	0	100	64384*	8216

* Tratamiento dominado

** Ingreso - Costo variable

Cuadro 6. Análisis de dominancia de respuesta a fertilizante en yuca en la variedad M Col 113. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

Ensayo	Tratamiento			Beneficio** neto	Costo variable
	N	P	K		
	-----kg/ha-----			---------$/ha--------	
11	100	100	200	148291	22759
7	100	50	100	128562	13888
5	200	100	100	124721*	24329
3	50	100	100	121873*	17177
2	0	100	100	116657*	14793
9	100	100	0	112887*	16363
12	200	200	200	112378*	38872
4	100	100	100	99239*	19561
8	100	200	100	95594*	30906
10	100	100	50	94238*	17962
6	100	0	100	80334	8216
1	0	0	0	73700	0

* Tratamiento dominado.

** Ingreso-costo variable.

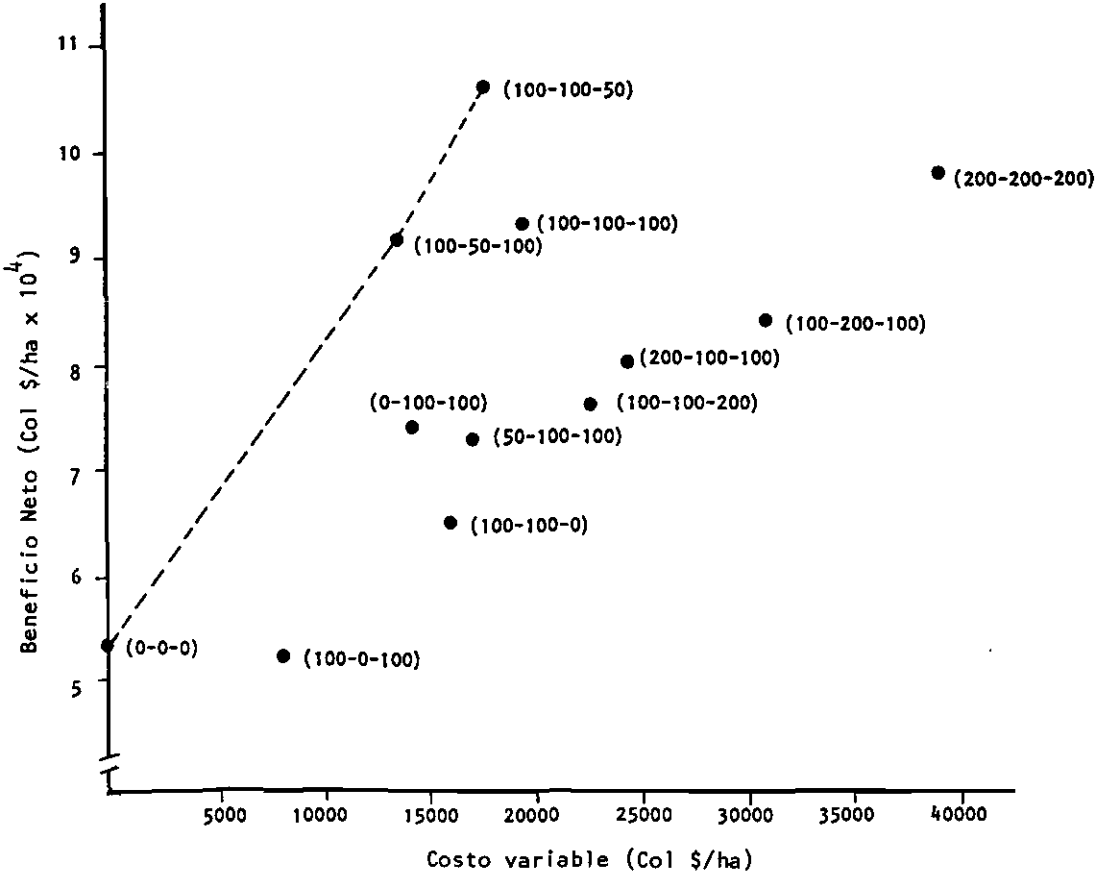


Fig. 1 Relación entre beneficio Neto y el Costo Variable de Fertilización en yuca con la variedad CMC 92. Localidad: Mondomito, Cauca.

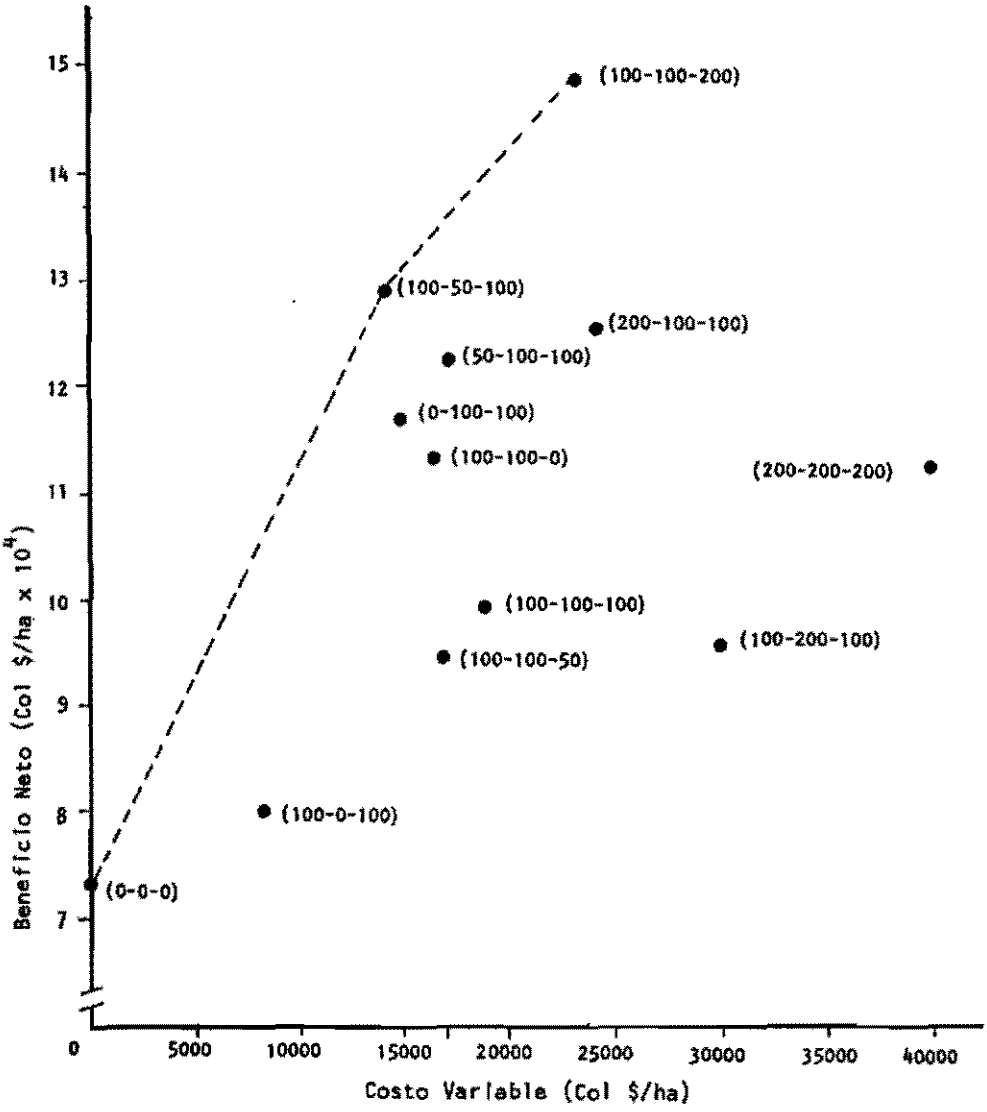


Fig. 2 Relación entre Beneficio Neto y el Costo Variable de Fertilización en yuca con la Variedad Barranqueña. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

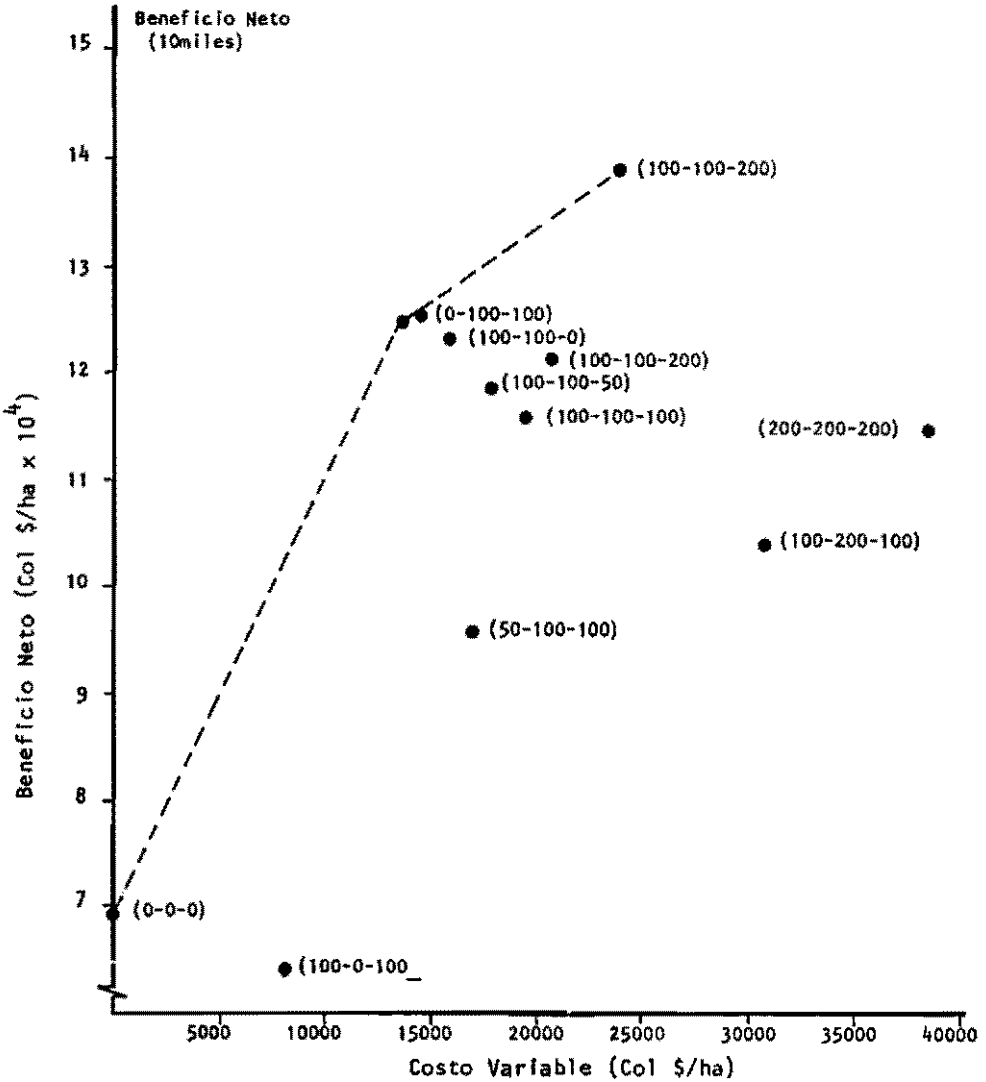


Fig. 3 Relación entre Beneficio Neto y el Costo Variable de Fertilización en Yuca con la Variedad M Col 113. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

El asterisco con el que se marcan algunos tratamientos indica que existe otro nivel de fertilización que tiene un beneficio neto mayor o igual y un costo variable menor. Esto es lo que se define como tratamiento dominado*.

Por ejemplo, en la variedad CMC 92, (Cuadro No. 4), el tratamiento 12 tiene un beneficio neto menor que el tratamiento 10, pero su costo es mayor, razón por la cual está dominado. La variedad local Barranqueña presenta más alternativas de tratamientos no dominados comparado con las variedades CMC 92 y M Col 113.

La representación gráfica de la relación entre beneficio neto y costo variable de cada uno de los tratamientos se presenta en las figuras 1, 2, 3. En el eje horizontal se establecen los costos variables y en el vertical los beneficios netos. Las cifras en paréntesis junto a cada punto corresponden a los niveles de fertilización y la unión de los puntos correspondientes a beneficios no dominados define la curva.

En la Figura 1 se observa como aumentos graduales del elemento P desplazan los puntos de la curva hasta un valor máximo de rentabilidad logrado con el tratamiento 100-100-50. Probablemente si se hubiera incluido un tratamiento con los niveles 50-50-50 de N.P.K., se hubiera logrado un paso intermedio entre estos puntos y se destacaría más la importancia del elemento P. Esta situación es muy notoria en la variedad Barranqueña, Figura 2.

No necesariamente los puntos de óptima rentabilidad corresponden a los niveles de máximo rendimiento. Con la variedad CMC 92, el nivel de máximo rendimiento, 200-200-200 esta muy lejos del punto óptimo económico 100-100-50, Figura 1. La misma situación se presenta con las variedades Barranqueña y M Col 113, Figuras 2 y 3.

Lo que se nota en la Figura 4, es que en los tratamientos 0-0-0 y 100-0-100, sin el elemento P., se presentan los rendimientos más bajos para las tres variedades de yuca, cosechadas en diferentes períodos.

Análisis Marginal

El análisis marginal se refiere a los tratamientos no dominados. Permite analizar los cambios en la rentabilidad a medida que se incrementa el valor de la inversión. Se habla de incremento porque se refiere sólo al aumento que se presenta en el beneficio y en el costo al pasar de un tratamiento a otro (Cuadros 7, 8, 9).

---

* Perrin, K. y otros. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Folleto informativo No. 27. CIMMYT. México, citado por Rivas 1. Análisis económico de fertilización en arroz. Marzo 1980. Mimeografo.

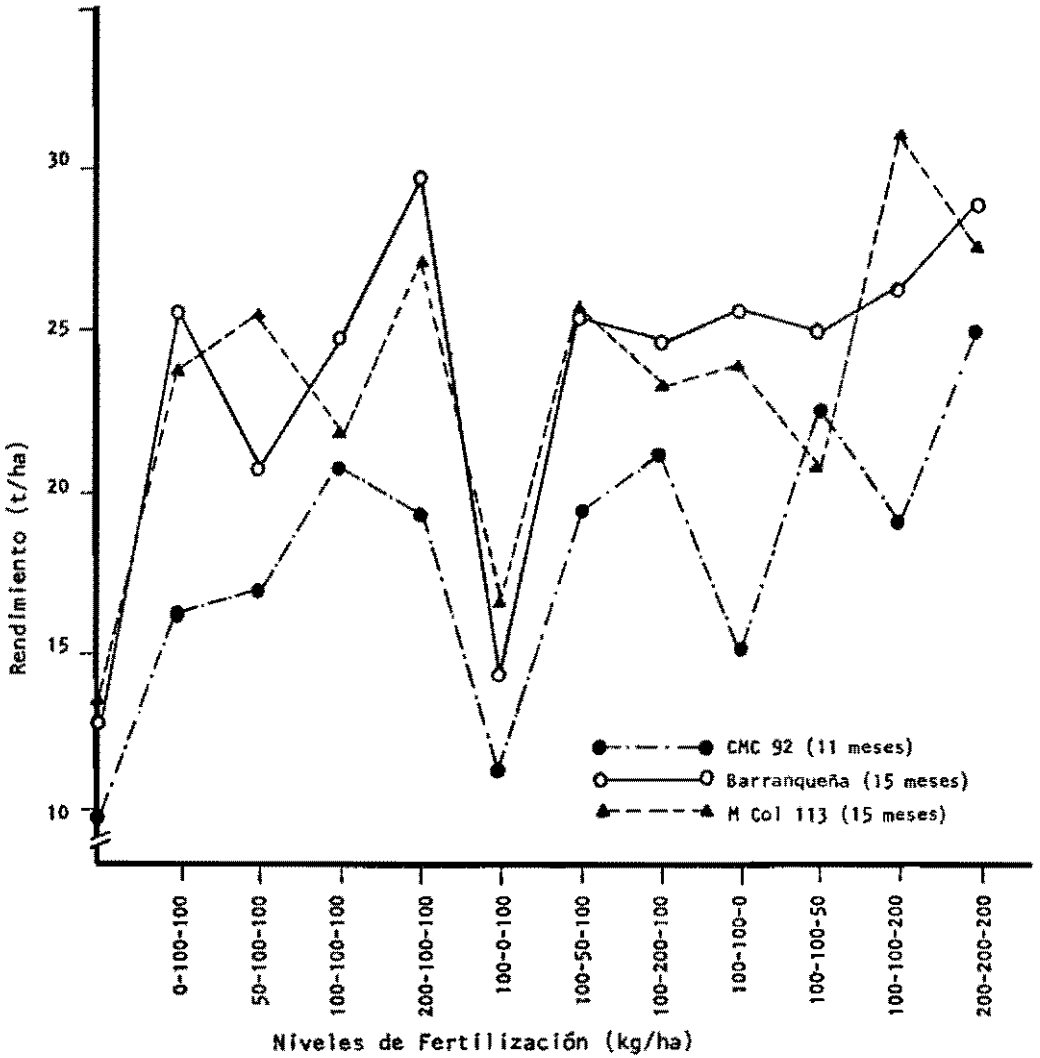


Fig. 4 Relación entre Rendimiento y Nivel de Fertilización para las Variedades M Col 113 y Barranqueña, cosechada a los 15 meses y CMC 92 cosecha a los 11 meses.

Cuadro 7. Análisis marginal de tratamiento no dominados de fertilización en yuca con la variedad CMC 92. Localidad: Mondomito, Cauca.

Tratamiento N	P	K	Beneficio neto	Costo variable	Beneficio* neto marginal	Costo* variable marginal	Tasa de* retorno marginal
kg/ha			$	$	$	$	$
0	0	0	53900	0	-	-	-
100	50	100	92262	13888	38362	13888	276.22
100	100	50	106888	17969	14626	4974	359.00

* Beneficio Neto Marginal = Incremento en el Beneficio Neto debido al Tratamiento.

Costo Variable Marginal = Incremento en el Costo Variable debido al Tratamiento.

Tasa de Retorno Marginal =(Beneficio Neto Marginal: Costo Variable Marginal) x 100.

Cuadro 8. Análisis marginal de tratamiento no dominados de fertilización en yuca con la variedad Barranqueña. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

Tratamiento N	P	K	Beneficio neto	Costo variable	Beneficio* neto marginal	Costo* variable marginal	Tasa de* retorno marginal
kg/ha			$	$	$	$	$
0	0	0	69850	0	-	-	-
100	50	100	125262	13888	55412	13888	398.99
0	100	100	125457	14793	195	905	21.55
200	100	100	139021	24329	13564	9536	142.23

En la variedad CMC 92, la tasa de retorno marginal fué más alta con el tratamiento 100-100-50, mientras con la variedad Barranqueña hubo un máximo con el tratamiento 100-5-100, disminuyó al pasar al nivel 0-100-100 y aumentó muy poco en el tratamiento 200-100-100. Una tasa de retorno muy alta se logró en el tratamiento 100-50-100 con la variedad M Col 113.

Cuadro 9. Análisis marginal de tratamiento no dominados de fertilización en yuca con la variedad M Col 113. Localidad: Agua Blanca, Cauca.

Tratamiento N	P	K	Beneficio neto	Costo variable	Beneficio neto marginal	Costo variable marginal	Tasa de retorno marginal
	kg/ha		$	$	$	$	$
0	0	0	73700	0	-	-	-
100	0	100	80334	8216	6634	8216	80.74
100	50	100	128562	13888	48228	5672	850.18
100	100	200	148291	22759	19729	8851	222.39

Conclusiones

A pesar de que el costo del elemento P es el doble del elemento N y el triple del K, aplicaciones relativamente altas de este elemento resultan ser las inversiones más rentables para el agricultor.

Una regla práctica es trabajar con una tasa de retorno superior al 50% cuando se trata de agricultores de subsistencia, sin crédito. Con agricultores comerciales, la tasa puede ser menor, poro por lo menos un 20% mayor que el costo directo del capital en el mercado.

Con la variedad Barranqueña, un nivel de fertilización de 0-100-100 de N.P.K. no le sería rentable al agricultor porque representa una tasa del 21%. Con la variedad M Col 113 se obtiene una rentabilidad de 850% cuando se emplea el tratamiento 100-50-100. En esta misma variedad, el nivel 100-100-200 es altamente rentable, por encima del mínimo propuesto. Sin embargo, se podría recomendar al agricultor la fertilización con 100-50-100 kg/ha de NPK por ser mucho más rentable.

De este informe se desprende que, en ocasiones, no se puede descartar un abono por el simple hecho de su costo alto o no se debe recomendar sólo por ser barato. Además del factor rendimiento, los factores ingreso neto y tasa de retorno juegan un papel importante en las decisiones a nivel de finca. En cada finca las decisiones de fertilización son diferentes, dependiendo de la fertilidad del suelo y de la variedas sembrada.

APENDICE

EL PROGRAMA DE YUCA DEL CIAT.

Apartes de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema.

La yuca, Manihot esculenta Crantz es un cultivo de orígen américano que se siembra en 26 países tropicales del mundo, donde es el alimento básico para unos 500 millones de habitantes. Es un Producto que se utiliza para alimentación humana y animal y como combustible. Actualmente es la fuente más barata de carbohidratos en muchas partes del trópico bajo. A pesar de la importancia de la yuca como fuente de carbohidratos y otros usos, es un cultivo al cual se la ha dedicado poca atención científica.

La yuca tradicionalmente se siembra en suelos pobres y con pocos insumos, y aún el rendimiento promedio en términos de harina es aproximadamente de 3 toneladas por ha. Estos rendimientos son superiores a los que se pueden obtener con arroz y maíz en suelos más fértiles y con la utilización de mejor tecnología de producción. Aunque con estos dos cultivos se pueden obtener 2 cosechas al año no siempre es posible, porque en las zonas donde se siembra la yuca generalmente hay un período de sequía prolongada de 3 a 4 meses el cual lo resiste la yuca, pero no permite las dos cosechas de arroz y maíz.

Todas las consideraciones anteriores se han tenido en cuenta para desarrollar un programa de investigación en el CIAT cuyos objetivos son: desarrollar la tecnología adecuada con el uso mínimo de insumos para las zonas donde actualmente se siembra la yuca, y para las regiones de suelos ácidos e infértiles (Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles), donde la yuca tiene un alto potencial.

Desarrollar una tecnología de poscosecha para la utilización de la yuca en la alimentación animal y uso industrial, mediante un adecuado y económico secado y procesamiento sencillo.

Poner al servicio de las instituciones nacionales de los diferentes países, los conocimientos y avances alcanzados por el programa de yuca mediante documentación, capacitación de profesionales, intercambio de germoplasma y la cooperación internacional, para que desarrollen programas sólidos de investigación en yuca.

Para lograr estos objetivos, el programa de yuca del CIAT cuenta con un grupo multidisciplinario de científicos con responsabilidades específicas de acuerdo a su especialidad; este grupo está dividido en tres secciones: mejoramiento utilización y cooperación internacional.

El programa de yuca se inició en 1969 con la colección de variedades en las principales regiones yuqueras del mundo. Se han hecho expediciones a los lugares donde se sabe que existen variedades resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades o a condiciones adversas, y se han traído al CIAT en forma de meristemas para completar el banco de germoplasma que cuenta con 2676 introducciones; el banco de germoplasma del Programa de Yuca contiene

la mayor variabilidad genética y morfológica que existe en la actualidad.

Para la realización de las investigaciones, el programa agrupó regiones productoras de yuca en el mundo de acuerdo a los régimenes edafoclimáticos; identificando seis zonas cuyas principales características son:

Zona Agroclimática 1: Trópico de tierras bajas con estación seca prolongada; precipitación anual baja a moderada; temperatura anual alta.

Zona Agroclimática 2: Trópico de tierras bajas con precipitación moderada a alta; vegetación de sabana en suelos ácidos e infértiles; estación seca moderada a prolongada.

Zona Agroclimática 3: Trópico de tierras bajas sin estaciones secas pronunciadas; alta precipitación; humedad relativa permanentemente alta.

Zona Agroclimática 4: Trópico de altitud intermedia, estación seca y temperatura moderada

Zona Agroclimática 5: Areas frescas de tierras altas; precipitación moderada a alta.

Zona Agroclimática 6: Areas subtropicales; inviernos frescos; fotoperíodos fluctuantes.

El programa de yuca está trabajando con mayor énfasis en el mejoramiento varietal para las zonas 1,4 y 2, puesto que representan la mayor área actual sembrada y la mayor área potencial, respectivamente.

Las variedades mejoradas representan uno de los principales elementos de la tecnología que se está desarrollando, ya que constituye uno de los costos más bajos en favor de los agricultores de bajos ingresos; esto es importante si se tiene en cuenta que el programa esta trabajando con una fuente básica de energía en la cual debe primar el uso mínimo de insumos.

Con la información proveniente de fisiología, suelos, fitopatología y entomología y el propio fitomejoramiento, se están evaluando híbridos y variedades de alto rendimiento para las diferentes "Zonas Agroclimáticas" teniendo en cuenta el contenido alto de almidón y una estabilidad adecuada, debida primordialmente a la tolerancia a plagas y enfermedades.

Después de 6 años de pruebas regionales con variedades primisorias de yuca en 9 localidades diferente de Colombia, se ha duplicado el rendimiento de las variedades locales mediante el uso de una tecnología sencilla, lo que indica que los mismos agricultores podrían obtener estos rendimientos sin cambiar sus variedades. El potencial de rendimiento alcanzado por mejores selecciones en cada lugar, demuestra claramente el progreso alcanzado por el programa.

La tecnología responsable de los resultados anteriores consistió básicamente en:

1. Preparación adecuada del suelo.

2. Buena selección de estacas.

3. Tratamiento de las mismas.

4. Siembra en posición vertical usando caballones en suelos pesados y con precipitación superior a los 1.200 mm por año.

5. Uso de fertilizante solamente en regiones de suelos ácidos.

6. Buen control de malezas.

En la sección de Utilización, se están llevando a cabo estudios de evaluación de la calidad de las raíces, de procesamiento de las mismas mediante secado de trozos de yuca y de evaluaciones nutricionales con pollos y cerdos.

Estudios colaborativos previamente realizados con el Tropical Products Institute de Inglaterra, ha permitido obtener valiosa información experimental sobre la geometría de los trozos de yuca y las condiciones óptimas para su secado.

En base a la experiencia Tailandesa y en los resultados experimentales recientemente obtenidos en la Sección de Utilización, se ha montado un proyecto piloto en un área de producción de yuca de la Costa Norte de Colombia, en donde en coloboración con el Programa de Desarrollo Rural Integrado se están estudiando los detalles y factores que son requeridos para estudios de factibilidad económica de la agroindustrialización del cultivo para su uso en alimentación animal.

Siendo la yuca una fuente importante de energía, muchos países de América Latina y Asia, han visto en la yuca una solución para satisfacer las necesidades energéticas. Sin embargo, teniendo en cuenta que el desarrollo de la investigación en yuca en estos países es poco comparado con otros cultivos, el proposito de la cooperación internacional del programa ha sido ayudar en la formación de los programas nacionales de investigación.

La cooperación a los países se ofrece mediante capacitación de profesionales, servicios de documentación, intercambio de germoplasma, identificación de problemas y asistencia directa del personal científico del CIAT en la planeación, establecimiento y desarrollo del programa nacional.

En el proceso de cooperación internacional el CIAT pone a disposición de los programas nacionales de los diferentes países la tecnología generada para que ellos hagan los ajustes necesarios de acuerdo a sus condiciones ecológicas y socio-económicas.

Antes de recomendar el desarrollo de un programa de investigación en yuca, se hace en cooperación con la institución nacional, un cuidadoso estudio de factibilidad en el cual se determine la necesidad de dicho programa y el potencial y los posibles usos de la yuca. La cooperación en estos programas depende del interés de los gobiernos y de las instituciones nacionales, así como del desarrollo del programa mismo y de la producción de yuca del país.

La actividad más importante que complementa a la investigación, es la capacitación de profesionales de las instituciones nacionales de países interesados. Estos profesionales son las personals que tendrán a su cargo la tarea de ajustar la tecnología, implementarla y difundirla entre los agricultores de sus países quienes son los verdaderos beneficiarios de todo el proceso.

El Programa de Yuca del CIAT desea que con su apoyo, los países interesados logren el desarrollo económico, confianza e independencia a través de sus propios programas de investigación.