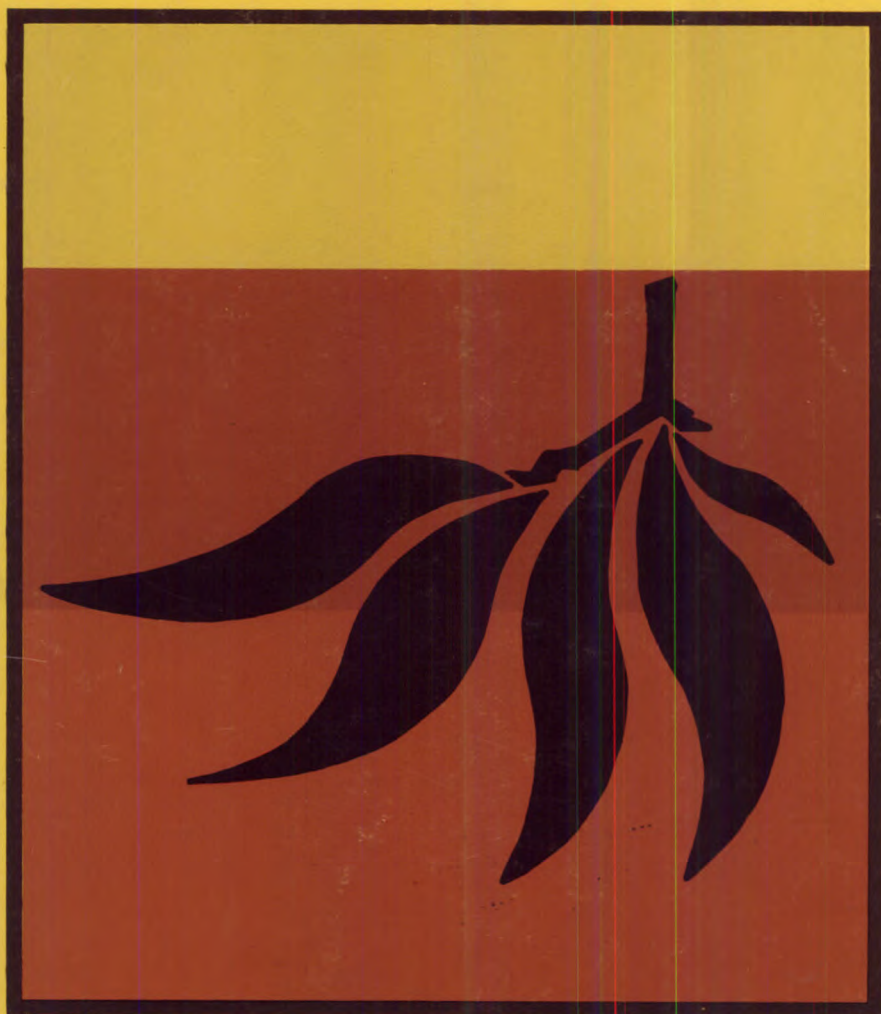


O MANDIOCA

Alvaro Montaldo



editorial IICA

LA YUCA O MANDIOCA



editorial IICA

CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION

" RODRIGO PEÑA "

IICA - COLOMBIA

Digitized by Google

004350

**CULTIVO, INDUSTRIALIZACION, ASPECTOS ECONOMICOS,
EMPLEO EN LA ALIMENTACION ANIMAL, MEJORAMIENTO.**

LA YUCA O MANDIOCA

Alvaro Montaldo

Con la colaboración de:

Tomás Gunz

Juan J. Montilla

Salvador Pérez Alemán

Angel Esteban Reverón

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA
AGRICULTURA
San José, Costa Rica
1985**

© Alvaro Montaldo
© para esta edición, IICA, 1979

Primera edición: 1979

Primera reimpresión: 1985

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin autorización del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA –.

Diseño de cubierta: Víctor Ramiro Acosta y Mario Loaiza
Composición de texto: Zaida Sequeira, IICA
Editora de la obra: Matilde de la Cruz
Editor de la Serie: Julio Escoto B.

IICA
LME-38 Montaldo, Alvaro

La yuca o mandioca: cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. – 1a. ed. 1a. reimpresión. – San José, Costa Rica: IICA, 1985.

386 p. – (Serie de libros y materiales educativos/IICA ; no. 38).

ISBN 92-9039-053-0

1. YUCA-Cultivo. I. Título. II. Serie.

AGRIS F00



DEWEY 633.68

Serie de Libros y Materiales Educativos No. 38

Este libro fue publicado por el Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola – CIDIA – del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA –. La Serie de Libros y Materiales Educativos tiene como fin contribuir al desarrollo agrícola del continente americano.

San José, Costa Rica, 1985.

CONTENIDO

	Página No.
Agradecimientos	ix
Introducción	xi
 CAPITULO 1. SINONIMIA Y NOMBRES VULGARES (1)	
Sinonimia	1
Nombres vulgares:	1
Nombres americanos (1); asiáticos (2); africanos (3); otros nombres (3)	
 CAPITULO 2. HISTORIA, ORIGEN Y DISPERSION GEOGRAFICA ACTUAL (5)	
Historia	5
La yuca en América (5); la yuca en Africa (10); la yuca en Asia y el Pacífico (10)	
Origen	11
Dispersión geográfica actual	13
Area, producción y rendimiento (13); principales continentes productores de yuca y rendimiento máximo por hectárea (15); la yuca en la población mundial (16); la yuca en el mundo actual y futuro (19)	
Bibliografía	23
 CAPITULO 3. BOTANICA (28)	
Taxonomía	28
Posición sistemática (28); el género Manihot (28)	
Morfología y anatomía	31
La planta (31); el tallo (31); las hojas (31); las raíces (34); la corteza (34); el cilindro central, estela, pulpa o región vascular (35); caracteres generales de las raíces reservantes (35)	

	Página No.
Fases de desarrollo de la yuca	36
Primer ciclo de vegetación (36); segundo ciclo de vegetación (37)	
Problema por investigar	45
Bibliografía	46

CAPITULO 4. COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO (48)

Consideraciones generales	48
Raíz de la yuca	49
Follaje	57
Toxicidad de la yuca	62
Problemas por investigar	71
Bibliografía	72

CAPITULO 5. FACTORES AMBIENTALES (76)

Luz	76
Fotosíntesis (76); fotoperiodo (77)	76
Precipitación	80
Temperatura	80
Viento	84
Problemas por investigar	84
Bibliografía	85

CAPITULO 6. ECOLOGIA (86)

Clasificación ecológica de la yuca	86
Cultivos de la zona ecológica de la yuca elegibles para posible diversificación de la producción	99
Cultivos (99)	
Problemas por investigar	100
Bibliografía	100

CAPITULO 7. SUELOS Y FERTILIZANTES (101)

Suelo	101
Requisitos generales (101)	
Aptitud de los suelos al cultivo de la yuca	102
Acidez del suelo (102); conservación y combate de la erosión (106); fertilidad (106); el suelo como reservorio de agua (108); posiciones geomorfológicas y clasificación de los suelos para el cultivo de la yuca (108)	
Fertilizantes	109
Acción de los elementos N, P, K, solos o combinados y forma de aporte (109); acción del calcio y del manganeso (118); los elementos menores (119); forma de aplicar los fertilizantes (119); la materia orgánica (119); uso de soluciones nutritivas (121); precios de los fertilizantes (122)	

	Página No.
Problemas por investigar y esquema por desarrollar	123
Investigaciones por desarrollar (123); esquemas por desarrollar (123)	
Bibliografía	124
 CAPITULO 8. CULTIVOS (126)	
Sistemas de producción, asociación y rotación cultural	126
Sistemas de producción (126); asociación rotación de cultivos (127); rota- ción de cultivos (129)	
Preparación de la tierra	130
Características y capacidad de operación de la maquinaria. Costo de la labor (131)	
Material de propagación	133
Campo de multiplicación (133); tipos de estacas (133); otras formas de propagación (140); tratamientos especiales (141); almacenamiento de las estacas (142); requerimiento de material de propagación y costo (143)	
Plantación	143
Diseño (143); orientación de las estacas (144); profundidad de la planta- ción (146); número de estacas por punto de plantación (146); densidad (147); época (148); gastos de la plantación (148)	
Labores culturales	149
Limpias y escardas (149); reabonamiento (149); aporque (150); regadío (150); control de malezas (151); control de plagas y enfermedades (159); otros trabajos (160); gastos de cultivo por hectárea (160)	
Cosecha	161
Factores que determinan la época de cosecha (161); forma de cosecha (162); rendimientos (163); gastos de cosecha (163)	
Mecanización	166
Mecanización de la plantación (166); mecanización de la cosecha (169); costos de la plantación y cosecha mecánica (171)	
Problemas por investigar	171
Esquemas por desarrollar	172
Bibliografía	172
 CAPITULO 9. GENETICA Y MEJORAMIENTO (177)	
Genética	177
Biología floral (177); citología (181); esterilidad y fertilidad (182); esterili- dad masculina (183); herencia de caracteres (184); pertenocarpia (184); mutaciones (185); programa genético (185)	
Mejoramiento	188
Objetivos (188); métodos (191); métodos de mejoramiento por vía asexual (192); métodos de mejoramiento por vía sexual (193); autofecundaciones (193); cruzamientos (193); producción de poliploides (196); técnica del cruzamiento (197); valoración agronómica (198); utilización de la variabili- dad genética bajo bases internacionales (200); programas de mejoramiento genético de la yuca (201)	
Bibliografía	207

CAPITULO 10. COMPETIDORES BIOTICOS (211)

Enfermedades virosas	211
Enfermedades bacterianas	213
Enfermedades fungosas	214
Enfermedades del follaje (214); enfermedades de las estacas y raíces (217)	
Plagas debidas a insectos y a ácaros	220
Plagas más comunes debidas a insectos (220); otras plagas de importancia local o secundaria (229); plagas comunes debidas a ácaros (229)	
Plagas debidas a nematodos	233
Daños causados por mamíferos	233
Daños debidos a plantas parásitas y semiparásitas	234
Problemas por investigar	235
Bibliografía	235

CAPITULO 11. ALMACENAMIENTO (240)

Introducción	240
Pérdidas por almacenamiento	240
Daños mecánicos (240); daños fisiológicos (241); daños por patógenos (241); daño por ataque de insectos roedores y otros (242)	
Estado actual del problema	242
Raíces frescas (242); raíces secas elaboradas (253)	
Problemas por investigar	255
Naturaleza del rayado marrón (255); tipos de tratamiento al producto por almacenar (257); atmósfera controlada (257); uso de productos químicos (258)	
Bibliografía	258

CAPITULO 12. PRODUCTOS DE LA YUCA (260)

Productos de la yuca en uso doméstico	260
Casabe (260); gari (262); couac (271); harina seca o mañoco (272); bolas de yuca (274); harina de agua (274); sipipa o polvillo (275); tapioca (275); yare (276); catara (276); carato (276); otros productos (276)	
Yuca para uso industrial	277
Trozos (277); harinas (278); pelets cilíndricos (279); almidones (280); harinas de hojas y follaje (281); tallos (281)	
Problemas por investigar	281
Bibliografía	282

CAPITULO 13. PROCESAMIENTO DE LOS PRODUCTOS (284)

Introducción	284
Procesamiento de la yuca para harinas y pelets	284
Trozado (285); secado (285); molienda (292); peletización (292)	

**Página
No.**

Procesamiento de la yuca para almidón	293
Recepción y pesaje (293); lavado y descascarado (293); selección (294); trozado (294); rallado o molido (294); tamizado (294); centrifugado (294); deshumidificación (294); clasificación (295); ensacado (295)	
Establecimiento de una fábrica de harina de yuca	295
Requisitos previos (295); tipos de fábricas (295); cifras de operación de una fábrica tipo (296); observaciones (298)	
Problemas por investigar	299
Bibliografía	299

CAPITULO 14. LA YUCA EN LA ALIMENTACION ANIMAL (300)

La yuca en raciones para aves	300
Residuos de raíces de yuca (300); harina de raíces de yuca (300); harina de follaje de yuca (304)	
La yuca en raciones para cerdos	305
Introducción (305); raíces de yuca fresca y harina (309); ensilaje de yuca (322); harina de follaje de yuca (323); recomendaciones (325)	
La yuca en raciones para rumiantes	326
Problemas por investigar	328
Bibliografía	329

CAPITULO 15. ASPECTOS ECONOMICOS (334)

Producción, superficie y rendimiento medio a nivel americano.	334
Producción, superficie y rendimiento medio a nivel venezolano	336
Superficie (336); producción (337); rendimiento anual (337); distribución regional de la producción (338)	
Valor de la producción a nivel venezolano	339
Precios a nivel del productor, mayor y detal	340
Oferta y demanda	342
La oferta (342); la demanda (343)	
Costos de producción	344
La producción de yuca y otros carbohidratos	346
Prospección del cultivo en Venezuela	347
Problemas por investigar	348
Bibliografía	348

Abreviaturas usadas en el texto	351
Glosario	353
Indice de materias	363
Indice de autores	381

AGRADECIMIENTOS

Se deja constancia de nuestro agradecimiento al siguiente personal de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, Profesores: José Rafael Barrios, Rubén D. Guillén y Francisco Quintero, de la Cátedra de Raíces y Tubérculos; Celestino Bonfanti, Director de la Comisión de Información y Documentación; Víctor M. Badillo, de la Cátedra de Botánica, por sus continuas críticas y ayuda durante la redacción del trabajo; al Ing. Agr. Humberto Echeverría, por su colaboración en la redacción de los aspectos de mecanización agrícola; a Juan José Castillo, por su ayuda y guía en la interpretación de las observaciones de tejidos en cortes de hoja de yuca, efectuadas en el microscopio electrónico.

A los Ing. Agron. Javier García Benavides y Fernando Granados, de las Secciones de Meteorología y Agrología, del Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias de Venezuela, Maracay, por haber leído, hecho aportes y corregido los originales de los capítulos correspondientes. Al Perito Agrícola Sérbulo Azuaje, al Sr. Domingo Mansuti, Jefe de Campo de la Estación Experimental Samán Mocho, y a la dactilógrafa, Srta. Elsy Yadira Gutiérrez, por su eficiente colaboración.

A los Ing. Agr. Helio Campos Giral, Felipe Gómez Alvarez y al Dr. Pompeyo Ríos, por su continuo interés y estímulo en el trabajo con este cultivo.

En forma especial deseamos agradecer a la Fundación Kellogg y al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, por el respaldo brindado en la publicación de este libro, dentro de la Serie de Libros y Materiales Educativos, que desarrollan conjuntamente estas instituciones.

Finalmente, los autores desean expresar su agradecimiento a la Srta. Matilde de la Cruz, Editora de la Serie de Libros y Materiales Educativos, del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, sin cuya constante dedicación esta obra hubiera quedado inédita.

LOS AUTORES

Maracay, Venezuela
Agosto, 1978.

INTRODUCCION

Al considerar el mapa de la distribución de la ingestión calórica y proteica en las diferentes regiones de la tierra, que se presenta en la Fig. 1, se encuentra que en la totalidad de las áreas tropicales, la ingestión es en ambos casos de baja a mínima. A esto se agrega el hecho de que en estas zonas habita el 59,2% de la población mundial, o sean 2.209,7 millones de personas (Montaldo⁷) Fig. 2.

En América Latina las tasas medias de crecimiento de la población son de las más elevadas del mundo. Venezuela con 10.755.000 habitantes en 1970 tiene para los períodos 60-70, 70-80 y 80-85, las siguientes tasas de crecimiento medias anuales estimadas: 3,34%, 3,37% y 2,98%. Lo mismo sucede con Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú. Los porcentajes medios para América Latina señalados por CELADE² para estos períodos son de 2,86%, 2,92% y 2,88%.

Gran parte de la humanidad vive en déficit alimentario, tanto en relación al componente proteico como al componente energético de la ración, por lo que la acción requerida de la ciencia, la tecnología y especialmente de la política tienen que dirigirse a una solución global y no parcial. Pero como el problema no es único, las soluciones tampoco lo serán. Al lado de la acción que le corresponde a la ciencia y a la tecnología, tienen que actuar la sociología, la educación, la sanidad, y especialmente, la política con acciones audaces, que despejen el camino para implantar los cambios socioeconómicos que se requieren para redimir la parte de la humanidad hoy postergada.

Tampoco puede ser única la solución del problema alimenticio propiamente dicho y menos aún, si se considera que al lado de las deficiencias energéticas y proteicas, a las que se puede denominar macrodeficiencias, existen otras, como las vitamínicas, minerales y de aminoácidos, cuyas respuestas no dependen o pueden no depender en alto grado, del trabajo agrícola.

Por otra parte, Alvin¹ afirma que hay 340 millones de hectáreas de tierras arables en el trópico americano (Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela), lo que representa cinco veces la superficie actualmente bajo explotación agrícola.

Hay que incorporar al hombre al trabajo del campo tropical. Hay que enseñar al indio del Paraná, Paraguay, Amazonas, Río Negro, Orinoco, Meta o Magdalena a trabajar. Hoy es un ser ignorante, abúlico y que sólo le interesa el presente inmediato: tener un plátano, una yuca, un ocumo que echar al hervido junto a una pieza de caza o pesca. La culpa de esta situación es del hombre blanco o del mulato, a quienes les interesa que el indio no tenga aspiraciones de superación, para arrebatárles paulatinamente sus tierras y recursos naturales y construir autopistas, aeropuertos y campos de explotación ganadera "científica". Hay que

enseñar al indio a trabajar, a asentarlo definitivamente en su “conuco”, a mejorarle sus condiciones de vida, para que por fin “vislumbre” un futuro para él y los suyos.

El sabio Codazzi³ como resultado de sus exploraciones en las selvas de Venezuela hizo observaciones, aún hoy totalmente vigentes. Al referirse a la yuca dijo: “la lentitud de la cosecha en las selvas húmedas de la Guayana ejerce una benéfica influencia en las costumbres de los indios; por esta circunstancia están obligados a permanecer más largo tiempo en un mismo sitio, lo que les fija y pega al suelo que cultivan”.

Dentro de la política de asentamientos campesinos que siguen los países latinoamericanos, ya sea en la selva o en la sabana, debiera considerarse esta observación hecha ya hace más de 130 años. La forma de realizarla sería estableciendo sencillos “complejos yuqueros” en la base de cada asentamiento, colonia o reducto indígena, que no sólo produzca yuca, sino que ésta sea secada y con ella y otros recursos de la región —granos de leguminosas espontáneas o cultivadas— “cogollo” de caña de azúcar, produzca alimentos baratos para humanos, y también para aves, cerdos y rumiantes.

Las leguminosas son abundantes, especialmente los géneros: *Lathyrus*, *Canavalia*, *Phaseolus*, *Vigna*, *Dolichos*, *Stylosanthes*, a los que podrían agregarse las especies exóticas que se producen en regiones áridas de suelos pobres: *Cyamopsis tetragonolobus*, *Kerstingiella geocarpa* y *Voandzeia subterranea*. Con ello se hará a estas poblaciones autosuficientes en alimentos energéticos y proteicos y se logrará su estabilización en el campo, mejorando substancialmente su nivel de vida.

La preparación técnica del indio y del agricultor pequeño y mediano es necesaria para que mejoren sus condiciones de vida en el campo, lo mismo que sus ingresos, hay que zonificar su producción y organizar la comercialización de los productos agropecuarios, para asegurarles precios justos.

Si por otra parte, se hace abstracción de las dificultades inherentes a malos hábitos alimenticios, vías de comunicación deficientes, bajo nivel de utilización de insumos, vicios y deficiencias de comercialización, los obstáculos con que se tropieza en las áreas tropicales de la tierra para producir abundantemente el componente energético de las raciones, tanto para la población humana como animal, radican en la baja productividad de la mayoría de las cosechas cerealeras, las cuales clásicamente aportan la mayor parte de las calorías ingeridas por el hombre y también por los animales domésticos, cuando éstos se explotan intensivamente. Así, la producción promedio de los países de clima templado y frío es, en kilogramos por hectárea, de 3.579, 4.755 y 1.680 para el maíz, arroz y trigo, respectivamente; mientras que las mismas producciones, en el mismo orden, para los países tropicales son de 1.246, 1.733 y 1.089 Kg (MAC⁶).

La yuca, cultivo marginado de la investigación científica hasta años muy recientes, sin el paquete tecnológico que se aplica a los cereales, y con una utilización de insumos mínima, rinde en promedio, 10 Ton/Ha en el trópico, lo cual corresponde a 3,5 Ton de equivalente cereales. En países como Brasil, donde se han adelantado algunos trabajos, sobre todo en relación a variedades, el rendimiento medio por hectárea es ya superior a 15 Ton, para un área de 2,5 x 10⁶ Ha. En Venezuela son frecuentes las producciones superiores a 30 Ton/Ha de raíz de yuca, y se considera que este volumen de producción es una meta factible al generalizarse el cultivo de variedades de altos rendimientos y se apliquen técnicas agronómicas adecuadas.

El caso de la caña de azúcar es similar al de la yuca. Con el estado actual de la agricultura en el trópico, la caña produce alrededor de 7,5 Ton de equivalente

maíz, en valor energético por hectárea (5 Ton de azúcar y 2,5 Ton de melaza). En Venezuela se encuentra que la caña de azúcar y la yuca (excluyendo la masa verde y el bagazo), producen alrededor de 30 millones de kilo calorías por hectárea, contra sólo 6 millones logrado por los cereales. Sin embargo, los países tropicales dedican 289,6 millones de hectáreas (44,3% del total de tierras arables utilizadas) al cultivo de cereales y sólo 20,4 millones de hectáreas (3,3% del área de tierra arable utilizada) en conjunto, a la yuca y a la caña de azúcar (FAO⁵). Esto constituye un flagrante contrasentido, que evidencia claramente el sometimiento de los países tropicales a esquemas calcados de países con otras condiciones ecológicas, o lo que es lo mismo, que se está vulnerando el sistema ecológico al imponer cultivos que no son los más convenientes.

Este enfrentamiento entre la escasez de alimentos que se hace más crítico cada día y la potencialidad casi inexplorada del recurso tierra y la existencia de plantas autóctonas capaces de captar la energía radiante, es lo que ha llevado a dedicar todos los esfuerzos al cultivo de la yuca. Con él se resuelve no sólo el problema energético de la alimentación humana y animal, sino también el proteico, al transformar esta energía en huevos, leche y carne, como también directamente por el empleo del follaje en la alimentación animal, cuyas hojas contienen 25% de proteína y es posible obtener en un mismo campo cosechas sucesivas hasta de 150 Ton/Ha del follaje al año.

Y así, la yuca podrá aprovechar parte de esas 340 x 10⁶ Ha del trópico americano, sin competencia con otros cultivos. Posiblemente el trópico tenga además para mañana, algunos de los recursos conocidos y empleados ayer por el indio, y que fueron menospreciados por el blanco invasor.

Ya yuca es una de las primeras cosechas tropicales americanas que el hombre industrializó.

El interés del indio por la yuca debió ser estimulado por varias características de esta planta, típicamente tropical, entre las cuales se destacan:

- a. Las sequías prolongadas que son características en extensas zonas tropicales, afectan poco al cultivo.
- b. Tanto la planta como sus productos, cuando son debidamente procesados, son poco atacados por enfermedades o plagas.
- c. La cosecha puede recolectarse desde los 10 hasta los 24 meses, sin la premura característica de los otros cultivos.
- d. Los productos de la yuca tienen una vida útil muy larga, en comparación con otros alimentos, cuando no se emplean métodos de conservación que requieran de una tecnología especial.

Con respecto a este último punto, Codazzi³ escribió:

“De la yuca hacen el ‘mañoco’, esto es, una harina de esta raíz, tostada, la cual conservan por muchos años en saquitos de marima. En sus largas peregrinaciones usan de esta harina desliéndola en agua o caldo, lo que la hace crecer considerablemente, formando una sopa espesa que les da suficiente nutrimento, pues días enteros están con dos pequeñas ‘totumas’ de esta harina, medida equivalente a lo que puede encerrar el puño de una mano regular”.

En la actualidad, se estima que 55 millones de toneladas de los 98 millones producidos a nivel mundial se destinan a alimentación humana (Nestel⁶) y si

los países subdesarrollados, ubicados prácticamente en las áreas tropicales de la tierra, desean salir del estado de subdesarrollo en que se encuentran y conociendo la estrecha interrelación existente entre una buena nutrición y la capacidad de los pueblos para desarrollarse, pocas alternativas, distintas a la yuca, le quedan a estas regiones para compensar el actual déficit energético de la dieta humana y de la dieta de los animales domésticos, los cuales con sus productos enriquecerán las raciones de los primeros. Por lo tanto, es posible que las predicciones de Phillips⁹ sean superadas por amplio margen a corto plazo.

La yuca, a pesar que está en América Tropical en su habitat natural y como lo indican Sanoja y Vargas¹⁰ ya se practicaba su cultivo hacia el primer milenio antes de Cristo, en sitios como Puerto Hormiga, Barlovento y Canapote, en Colombia, y en Monagrillo, Panamá, combinada con la caza terrestre y la pesca fluvial y marina, tiene que vencer intereses económicos fuertes:

- a. El que ejercen los países desarrollados exportadores de cereales, que no dejarán perderse el mercado del “pan de trigo” para los trópicos.
- b. El que ejercen los grandes consorcios exportadores de maquinaria agrícola, para que se mantenga el cultivo de cereales como fuente calórica, y no el de yuca. El cultivo de esta planta es muy sencillo, casi no usa máquinas; el maíz, el sorgo y el arroz requieren sembradoras, cultivadoras, asperjadoras, cosechadoras automotrices, secadoras y clasificadoras de granos.

Y se le ataca porque:

- a. es baja en proteína frente a los cereales;
- b. sus productos serían portadores de aflotoxinas;
- c. se dice que la yuca amarga procesada contiene principios tóxicos cianogénicos;
- d. se señala que, en Africa, en las zonas eminentemente yuqueras, están presentes dos importantes enfermedades humanas, la neuropatía atáxica y el bocio endémico.

Pero debe tenerse presente que la neuropatía está siempre asociada con una dieta no balanceada. Algunas poblaciones autóctonas, como las del Oriente de Venezuela, consumen yuca amarga en forma de “casabe” (pan de yuca), pero equilibran su ración, con pescado, fuente de proteínas, y no hay problemas de HCN.

El problema de las enfermedades nutritivas de las poblaciones tropicales que consumen yuca, se deben a una dieta no balanceada, y no al consumo de yuca en sí.

Recuérdese que los cereales contienen un nivel superior de proteínas que llega a 8-10% en comparación con la yuca seca (a igual nivel de humedad que los cereales 12-14%) que llega a 4-6%, pero los cereales son deficientes en aminoácidos esenciales, especialmente lisina, que es indispensable para el crecimiento normal del organismo y para mantener la salud. La raíz de yuca seca contiene un nivel regular de lisina 3,9 (N = 16%), dentro de un contenido de proteína de

2,5%. La presencia de aflotoxinas se puede bajar a cero en condiciones higiénicas de elaboración.

Mientras no se supere el fracaso de la agricultura vegetal tropical, tampoco se podrá mejorar la pobre producción de la agricultura animal, porque ésta es consecuencia de la primera. Así se encuentra, según el Anuario de Producción de la FAO⁵ que mientras en los países desarrollados de Occidente 277.7 millones de cabezas de ganado bovino producen 20.5 millones de toneladas de carne, 688.0 millones de cabezas del mismo ganado, que existen en los países tropicales sólo producen 10.9 millones de Ton de carne. Igualmente la producción de leche por vaca al año es de 3.563 y 633 litros para los países desarrollados y tropicales respectivamente. En los mismos países y en el mismo orden, 175,5 y 142,8 millones de cerdos producen 17.7 y 3.3 millones de Ton de carne, respectivamente. En los países desarrollados 1.664 millones de aves producen 11.5 millones de Ton de carne y 11.5 millones de Ton de huevos, mientras que en los países subdesarrollados tropicales, con 1.780 millones, sólo producen 2.3 y 3.3 millones de Ton de carne de aves y huevos, respectivamente.

El éxito de la producción animal de los países desarrollados reside en la producción masiva de cereales, los cuales dedican en su mayor parte a la alimentación animal. Los países tropicales pueden hacer algo parecido si masifican la producción de cosechas, que como la yuca, rinden abundantemente en este medio ecológico.

Como se podrá apreciar al revisar el texto, los problemas por investigar en yuca, en cada capítulo, son amplios y requieren no sólo el trabajo a tiempo completo de equipos de ingenieros agrónomos y médicos veterinarios, sino también de nutricionistas humanos y animales, bioquímicos, tecnólogos, ingenieros mecánicos, economistas, sociólogos y extensionistas, que sientan y conozcan la realidad agrícola, económica y social de América.

El principal programa agrícola de Paraguay, Brasil, Guayana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Cuba, República Dominicana, y algunos países centroamericanos, debiera ser en yuca y su tecnología industrial, a base de secado al sol, o en complejos yuqueros verticales, de bajo costo, en que el productor sea a la vez empresario de la industria de alimentos concentrados, para uso en la finca.

Gran impulso se está dando a este cultivo en los trópicos. Se han fundado en los últimos años dos Institutos Transnacionales de Agricultura Tropical, uno en Cali, Colombia y otro en Nigeria, dedicados preferentemente a yuca, lo mismo que a su aprovechamiento como materia prima, de fuente energética por los países de clima frío. Alemania consume anualmente 2.000.000 Ton de yuca seca como reemplazo de los cereales en las raciones para aves y cerdos, especialmente; todo esto contrasta, con la poca investigación que había en 1967 cuando apareció la primera bibliografía de raíces de tubérculos tropicales.

Otro producto importante de la yuca que se extrae en los trópicos, es el almidón que se exporta a los países templados y fríos para su uso en la industria papelerá, textilera y de alimentación en especial.

El trópico debiera vender su materia prima "yuca seca", transformada en forma de carne, leche, huevos, papel, en caso de que se produjeran excedentes.

En este texto se usa el sistema métrico decimal. En un anexo al final, se indican algunas abreviaturas.

Todos los cálculos económicos y evaluaciones fueron hechos en la moneda legal de Venezuela, el bolívar, debido a que es el signo monetario que ha tenido más estabilidad en Latinoamérica en los últimos 50 años. Se cotiza a razón de Bs. 1 = US\$ 0,23 1/2.

Por carencia de información en los países tropicales americanos, en el Capítulo "Aspectos Económicos", se tomó como ejemplo, y se analizó el caso venezolano, que es distinto al de los otros países del continente.

En el Capítulo 14 "La yuca en la alimentación animal", el autor tuvo la colaboración de los siguientes profesionales en las partes que se detallan seguidamente: Médicos Veterinarios, Dres: J.J. Montilla y A.E. Reverón "La yuca en raciones para aves", A.E. Reverón "La yuca en raciones para rumiantes"; S. Pérez Alemán "La yuca en raciones para cerdos".

El Capítulo 15 "Aspectos Económicos", fue escrito por el Ing. T. Gunz.

El resto de la obra pertenece al autor, quien es responsable de esta publicación.

Alvaro Montaldo

BIBLIOGRAFIA

1. ALVIM, P. de T. Los trópicos bajos de América Latina. Recursos y ambiente para el desarrollo agrícola. In: Simposio sobre la potencialidad del trópico bajo. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. pp. 43-61.
2. CELADE, Boletín demográfico. Centro Latinoamericano de Demografía. Santiago, Año III, no. 6. 1970. 20 p.
3. CODAZZI, A. Resumen de la geografía de Venezuela. Paris, Imprenta H. Fournier, 1841. 648 p.
4. EHRLICH, P.R. y EHRLICH, A.H. Population resources environment. San Francisco, Freeman, 1970. 383 p.
5. FAO. Anuario de Producción 1972. Roma, 1973. pp. 186-218.
6. MAC. Anuario 1972. Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas, Venezuela. 1973. pp. 170-177.
7. MONTALDO, A. Importancia de la yuca en el mundo actual con especial referencia a Venezuela. In: Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Revista Facultad de Agronomía, (Venezuela). Alc. 22:17-40. 1973.
8. NESTEL, B. Current trends in Cassava research. Ottawa, Canadá, International Development Research Centre. 1974. 32 p.
9. PHILLIPS, T. P. Cassava utilization and potencial markets. Ottawa, International Development Research Centre, 1973. 181 p.
10. SANOJA, M. y VARGAS, I. Antiguas formaciones y modos de producción venezolanos. Caracas, Monte Avila, 1974. 290 p.

CAPITULO 1

SINONIMIA Y NOMBRES VULGARES

SINONIMIA

Familia: Euphorbiaceae Benth. et Hook.f.

Género: *Manihot* Tournefort

Especie: *Manihot esculenta* Crantz

Sinonimia:

- Manihot utilissima* Pohl
- Manihot tyri* Pohl
- Manihot edulis* Rich
- Manihot aipi* Pohl
- Manihot dulcis* Pax
- Manihot manihot* Cockerell
- Manihot flabellifolia* Pohl
- Manihot diffusa* Pohl
- Manihot sprucei* Pax
- Manihot flexuosa* Pax et K. Hoffm.
- Manihot melanobasis* Muell. Arg.
- Manihot digitiformis* Pohl
- Mandioca aipi* Pohl
- tioca utilissima* Pohl
- tioca edulis* Parodi
- ppha manihot* L.
- ppha dulcis* Rottboell
- ppha stipulata* Vell
- ppha manihot* H.B.K.

_____	Nº
_____	Vol.
_____	Año

NOMBRES VULGARES

ERICANOS

Yuca (en taíno, la raíz tuberosa); Yucubía (en taíno, la planta). Yuca (Venezuela, Colombia, Panamá, Ecuador, Perú, Bolivia, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo, Costa Rica, Salvador, Honduras, Nicaragua).

Mandioca (en tupí, la raíz tuberosa); Mandiba (en tupí, la planta); Mandió (en guaraní del Estuario del Plata); Mandioc (en guaraní del Brasil).

Mandioca (Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil). Macaxeira (Brasil); Aipim, Aipi (Brasil sólo para los cultivares de raíces dulces).

Cuauhcamotli (náhuatl). Guacamote, Huacamote, Guacamotli, Quiscamote (México); Caxcamote (Guatemala). Aripa, Rumu (quichua).

Otros nombres en lenguas americanas. Colombia: Entaha, Enbutac (malibú y tamalameque del Bajo Magdalena); Aro (munzo); Lom, Lon, Lo (paez y dialectos); Nase-tasi, Nasetasi (yurumanguí), Ikade (catío); Aunquezo (lengua del Putumayo-Caquetá); Kuchu, Kucho (cayapa), Arr (chimú); Ixcade (emberá); Bekira (noamamá) (Chocó).

En lenguas caribes. En cumanagoto: kicarapo (yuca amarga); kacite (yuca dulce). En cachama: kere (yuca amarga); dup. po (yuca dulce). En mamo: kudere (yuca amarga); dupwo (yuca dulce). En burama: kiede (yuca amarga). En macusi: kitsire, kissera (yuca amarga). En karamakoto: kusira (yuca amarga). En makiritare: klede, siede (yuca amarga). En apalai: wui (yuca amarga). En yupa: po (yuca dulce). En bakairi: opa (yuca amarga); taise (yuca dulce).

NOMBRES ASIATICOS

Nombres locales en India, Pakistán, Nepal, Sikkim. Butam (Druk-Yul) y Birmania.

En Sikkim: Tunglu-bok (lepchas); Simul-torul (nepaleses); Sha-Shingken (butias).

En Assam y Bengala: Simul-alu, Simla alu, Hemalu allu, Roti alu, Gach alu, Kath alu. Thabalchi (garos).

En las Provincias Unidas: Maida-darakht (Pertabgarth); Alugach, Shafat alu, Chkna aru (Lucknow); Simul alu (Cawnpore).

En la parte sur de Madras: Kuchu-valli Kilangu, Mara valli Kilangu, Al-valli Kilangu, Savari-kattai.

En la costa este: Kara pendalum Manupendalum.

En la Costa Malabar: Mara-chini, Kappa Kilangu.

En Birmania: Tan-u, Pulu-penang myouk, Themban myouk, Ka-lapinan myouk.

En Vietnam: Cursan Tau; Kaoaimi.

Nombres locales de Filipinas: Kamóteng-káhol Balañgai (Samar-Leyte Bisaya); Kamóte ti moro (Iloko, Ibanag); Kamóteng-kahoi, Panggi-kahui (Sulu); Kamoting-káhoi (Sambali, Bikol, Bisaya, Tagalog); Malamboña (Tagbanua); Padpédi (Bontok).

Nombres locales en Indonesia: Ebaé, Kikohak (Isla Enggano, S. Sumatra); Ketila, Keutila, Oebe Kajée (Atjeh); Gadoeng kajoe (Gajo); Gadoeng kajoe (Alas); Gadoeng kajoe, Gadoeng haoe de Garoeng kaeo (Bat.); Gowi farasi (Isla Nias); Oebi benggala, Oebi djindral, Oebi inggris, Oebi kajoe, Oebi parantjih, Oebi gao, (Malang); Hoewi dangdeur, Hoewi djendral, Kasapen, Sampeu, Singkong (Soend.) Bodin, Bolet, Kasawé, Kaspá, Kaspé Katéla boedin, K. djendral, K. kaspé, K. mantri, K. marikan, K. menjog, K. poeng, K. prasman, K. sabekong, K. sarmoenah, K. tapah, K. tjengkol, Sikong, Singkong, Téla pohoeng (Java); Balandong, Manggala, Ménjok, Poehoeng, Pohong, Sabhran ba andha, S. tenggang, Sawe, Sawi, Tela balandha, Tenggsag (Isla Madau, Papua); Kastela (Kangean, Kepulauan); Kesawi, Kedala kajoe, Sabrang sawi (Balabalangan); Loea ai (Soembra); Wei kepaka (Isla Savoe); Oewi kadjoe, Oewi ai (Isla Flores); Bangkahe (Sangir); Watata kajoe, Katoebi, Bataba gangai, Kapoe'kajoe en Kapoe ne tooemboedoe, Kapoe'kai en K. Koelo, Kapoet kajoe, Oewi kajoe de Wolaang kajoe, Ibi chajoe de Tis chajoe (Norte Celebes); Kasoebi (Gorontalo, Celebes); Woe'i gongo (Boeol); To malo'oe, Kasoebi, Pasikela, Oewi geoe (Toradjaas); Lame kajoe (Mak., Celebes); Lame adjoe (Boeg.); Lame adjoe, Legone adjoe, Kandora kajoe (Mandar, Teluk, Celebes); Obi kajoe (Badjos, Celebes); Oefi ai (Roti); Ai aoehi (Timor); Mangkale (Tanimbar, Kepulauan); Kasewawa (Aroe); En bal (Kai); Banggala, Panggala (Gorams); Benggala (Isla Ceram E.); Kasbi, Kasabi, Kasate, Kasbing, Kaspini, (Isla Ceram O.); Kasbi, Kasipi, Kasebi (Isla Ceram S.); Kasbi (Amb.); Kasbi, Mang Kaeo (Boeroe); Tasibie. (Soela); Asbii, (Isla Halmahera S.); Pangala (Nueva Guinea O.); Nota, Amberpome, Timoerio, Beurmah, Koesbin, Nimboh (Nueva Guinea N.); Peka reta, (Nueva Guinea S.O); Ima gota, Mandarasi en Nasibioe, Nahibi, Madarahi, Bibiligota en Tahoebi, Nasibi imara gota en Mandarasi, Mandarahi en Nahibi (Isla Halmahera N.); Kasibi (raíz), Inggrisi (follaje) (Ternate); Kasabi (raíz), Inggris (follaje) (Isla Tidore).

NOMBRES AFRICANOS

Cassade (Oeste africano); Bedé, Agba (Costa de Marfil); Kute, Agbeli* (Togo); Mangahazo, Bafafanapaka, Delahazo (Madagascar); Mayaca, Moutsiantso (Congo); Nanan, Djambalan, Banan'gou,

(*) Agbeli = aquí hay vida.

Banankou, Goulou mamankoui (Guinea); Banankou (Mali); Rogo (Nigeria); Dion-a cukis, Batara Kétié, Gniambi (Senegal).

OTROS NOMBRES

Manioc, Camanioc, soso (francés); Manioka (alemán); Cassave, Cassava (holandés); Cassava, Cassada, Tapioca, Manioc, Brazilian arrow-root (inglés).

CAPITULO 2

HISTORIA, ORIGEN Y DISPERSION GEOGRAFICA ACTUAL

HISTORIA

LA YUCA EN AMERICA

Según Acosta Saignes² la yuca era cultivada por los timotes-cuicas de la Sierra de Mérida, Venezuela.

Acuña³ al describir el descubrimiento del gran río Amazonas, indica a la yuca o mandioca, como planta alimenticia de esas regiones.

Aguado⁷ también menciona la yuca en el Amazonas, en la Cuenca del Orinoco y en los Llanos de Venezuela. Según este autor, Sedeño avitualló a sus tropas españolas, con casave preparado en Carao.

En el Siglo 16 el cultivo de la yuca era común en Trinidad, Venezuela y Nueva Granada. Los saes y guayupes de Ariari hacían “casabe*” y “chicha”**. **

Andagoya⁸ hace relación de la yuca en Chame y Cherú (Panamá) y en el Valle del Cauca (Colombia).

Jahn^{4 6} afirma que el cultivo de la yuca es un rasgo distintivo de los aruacos. Según Federmann^{4 0}, la yuca era cultivada por las tribus que habitaban la extensa región que va desde Coro hasta el Yaracuy (Venezuela). Oviedo y Baños^{6 0} en la “Historia de la Conquista y Población de la Provincia de Venezuela” dice que en los tiempos de la expedición de López de Varilla, la yuca se cultivaba en Apure, Sur del Lago de Maracaibo y también por los caracas y por los cumana-gotos de la costa oriental de Venezuela. Oviedo y Valdés^{6 2} en su “Sumario de la Natural Historia de las Indias”, dicen que la yuca brava o amarga abundaba en las Antillas y la yuca boniata o dulce en tierra firme.

Arellano^{1 1} al citar al Gobernador Alfiñguer del Siglo 16, dice: “que los onotos, señores de la laguna de Maracaibo, obtienen muchos géneros de pescados y éstos lo truecan a los bobures de la provincia de Puruara por yuca y otras cosas”. Arellano menciona el consumo

(*) Pan de yuca.

(**) Bebida fermentada.

de la yuca en regiones tropicales calientes, al transcribir la relación geográfica y descripción de las ciudades de Trujillo, Nueva Segovia (Barquisimeto) y del Tocuyo (Venezuela), hechas en 1578 y 1579.

Humboldt^{4 5} describe el cultivo y consumo de la yuca por los naturales del Alto Orinoco y del Río Negro, lo mismo que la elaboración del "casabe". Weston⁹⁰ comenta sobre los hábitos de los goajiros, que viven en el límite entre Colombia y Venezuela, en la costa del Caribe, y dice que su principal alimentación son: carne, plátanos y yuca. Pérez Triana^{6 5} describe la región del Orinoco y da detalles de la fabricación del casabe que es hecho con yuca amarga y de su conservación posterior en "mapires" o canastos especiales. Rosa^{7 1} describe la yuca en Ocaña y Sierra Nevada (Colombia) y dice que los indios chimilas limpian durante el verano, época de correrías de los españoles, de todo vestigio aéreo sus yucales, previniendo con esta cautela que los soldados encuentren provisiones y que así aumenten su hostilidad.

Cuervo^{3 7} menciona a la yuca como una planta alimenticia de la región comprendida entre los Ríos Putumayo y Caquetá, Colombia. En un estudio de la cultura de los indios muzos, habitantes del Alto Magdalena, Morales Padrón^{5 8} dice que éstos usaban la hoja de la yuca como alimento. Castellanos^{2 4} indica a la yuca en la Costa Atlántica de Colombia, en los Llanos de Venezuela y en la región del Orinoco. Dice que el expedicionario español Jiménez de Quesada en su búsqueda de "El Dorado", llegó a la Provincia de Palenques, donde los indios dejaron abandonados cibucanes* y rallos**.

Arango^{1 0} menciona la presencia de almidón de yuca en sepulturas o guacas en el Quindío (Colombia), lo que revela una influencia europea pues los americanos, antes de la llegada de los españoles, no prepararon almidón de yuca.

Cuervo^{3 6} al describir las campañas de los conquistadores españoles en Colombia, señala que la yuca fue encontrada en la Costa Atlántica, Hoya del Río Cauca, Cordillera de los Andes Orientales y en la Amazonía.

Patiño^{6 3} afirma que todas las informaciones concuerdan en que la parte Occidental de Tierra Firme, Centro América, los valles interandinos y la Costa del Pacífico sólo cultivaban la yuca dulce. Hace además una extensa revisión histórica del cultivo de la yuca en la América Equinoccial.

Cieza de León^{2 6} señala que la yuca era cultivada a la llegada de los españoles comúnmente en la parte alta del Valle del Cauca y al sur de Cali (Colombia), y en la isla de Puná (Ecuador).

(*) Cibucán, tubo elástico hecho de fibras de palmera, que una vez lleno de yuca rallada y ser estirado, hace las veces de prensa y extrae el "yare" o líquido.

(**) Rallo, instrumento filudo contra el cual se presiona la raíz de yuca para tamizarla.

Otras referencias geográficas son las de Crevaux^{3 4} sobre el cultivo de la yuca por los rucuyos de Guayana y de Aublet^{1 3} en la Guayana francesa.

Cieza de León^{2 7} y Carvajal^{2 2} describen a la yuca en el Amazonas desde los primeros tiempos de la ocupación española y portuguesa.

Friede^{4 2} también se refiere a la yuca en el Amazonas al describir y estudiar la tribu andaki.

Spruce^{8 3} hace mención a leyendas sobre el origen de la yuca entre los indios “barrés” del Río Negro.

El navegante español Pedro Sarmiento de Gamboa^{7 6}, en sus correrías en defensa del Estrecho de Magallanes ante los piratas y filibusteros, llega hasta Bahía, por el Atlántico a avituallarse con “160 toneladas con 600 alcahices” de harina de yuca y otras cosas.

Bethune^{1 7} al redactar las observaciones del viaje del pirata Hawkins, al Mar del Sur en 1593, con el propósito de seguir los “ejemplos” de Drake y Cavendish, manifiesta que Hawkins aprovisionó el “Dainty” en Brasil, con harina de “cassavi” y que dijo “esta (farinha de paw) como la llaman los portugueses, sirve de mercancía en Angola, además de alimento a los tripulantes de los barcos, y para alimentar los esclavos negros que se traen al mercado del Río de la Plata”. Agregó: “esta harina es hecha de cierta raíz que los indios llaman ‘yuca’, parecida a la papa. Hay dos tipos: una dulce, buena para comer como las papas y otra de la cual hacen un pan llamado “cassavi”, la que es altamente venenosa, si el licor o jugo no se extrae bien”. También agrega informaciones sobre la forma de plantar la yuca.

Piso^{6 8} ya en 1648 dice: “varias regiones de las Indias, carecen hasta los tiempos actuales, del trigo, pero la benigna naturaleza no quiso que le faltara a los hombres y a los animales el sustento de la vida. Así, la raíz sativa o alimenticia llamada mandihoca por los salvajes, reducida a harina, hace las veces de trigo. Ahora los habitantes de Angola, la Hispaniola y de otras Indias donde según Monardes llaman a esta raíz “huica” y cuando preparada y reducida a harina ‘cassavi’, consumen esa planta, natural del Brasil, donde se cultiva con gran esmero”. Agrega que “hay varias especies en este arbusto llamada Maniiba y Manduba y estas son: Mandiiparati, Mandiibabuara, Mandiibumana, Aipi, Tapecima, Arpipoca, Mandijupeba y Macaxera”.

Dyott^{3 8} dice que en Brasil en las proximidades del Río Kuluseu (14,5° Lat. S. y 54° Long. O.) la bondad de la tierra para producir yuca, es uno de los factores principales que determina la localización de los indios “anauqua”; además la proximidad del bosque les proporciona el fruto llamado “piqui”.

Léry^{5 1} en la relación de un viaje hecho a Brasil en el año de 1578, anota: “lo que es admirable y digno de consideración es la producción de raíces por la yuca o mandioca”.

McGovern⁵² dice que alrededor de Manaos, las mujeres hacen los trabajos agrícolas, las plantaciones son de camote (batata) y yuca y de otras raíces llamadas macaichera y cará (ñame), la primera pariente de la yuca. La yuca es amarga y el veneno se extrae por inmersión y prensado de la yuca una vez rallada. La raíz rallada se seca y se prepara el “beiju”, un tipo de torta que siempre se come con mucho ají. El “kashiri” es otro producto de la yuca y las mujeres lo preparan mascando la torta de yuca, escupiendo el producto en grandes recipientes donde este fermenta y está en condiciones de consumo, al cabo de dos días.

El jugo que se extrae del prensado de la yuca amarga rallada es venenoso (yare) y después de hervirlo se bebe bajo el nombre de “maniokoera”.

McGovern agrega que cerca de Pisco, 20 millas al sur de la Península de Paracas (Perú), fue testigo de escavaciones que realizaba Tello en tumbas de civilizaciones primarias donde se encontró: algodón, papa, yuca y resto de otras plantas disecadas.

Jiménez⁴⁷, Cabello²⁰ y Cieza de León²⁵, dan cuenta del cultivo de la yuca en el Ecuador durante la conquista española.

Safford⁷³ encontró en Ancón (Perú), tumbas con momias junto a las cuales había semillas de maíz, porotos, maní, ají, chirimoya, pepino (*Solanun muricatum*), lúcumas, algodón, además de papa, camote y yuca seca. También manifiesta que en Chimbote, cerca de Trujillo (Perú), se han encontrado vasos funerarios en forma de achira, papa y yuca. Sanderman⁷⁴ menciona a *Manihot peruviana* (yuca dulce) y *Manihot utilissima* (yuca amarga). Dice que en Moyobamba los naturales toman por la mañana media totuma de “masato*” que les da fuerza para el día.

Según Nordenskiöld⁵⁹ las raíces de yuca y camote encontradas por Tello en las tumbas de las primeras civilizaciones de Paracas (Perú), eran pequeñas y torcidas, lo contrario de lo que encontró en las tumbas abiertas posteriormente. Bingham¹⁸ dice que en Macchu Picchu (Cuzco, Perú), hay condiciones muy variadas. “En los valles bajos se encuentra: yuca (*Manihot esculenta*), plátano (*Musa* sp.) y coca (*Erythroxylon coca*), y en los valles altos: quinua (*Chenopodium quinua*) papas dulces (*Solanun* sp.), papas blancas (*Solanun andigenun*), oca (*Oxalis tuberosa*), ñu (*Tropaeolum tuberosum*) y ullucu (*Ullucus tuberosus*)”.

Yacovleff y Herrera⁹² al estudiar el mundo vegetal de los antiguos peruanos, manifiestan que la yuca estaba representada en las muestras de cerámica encontradas en diversas tumbas de la costa peruana. Vazquez⁸⁸, en un itinerario en América escrito en 1628 a 1629, dice: “hacia abajo del Río Marañón hay abundancia de yuca, camo-

(*) El masato se hace mezclando agua con yuca cocida y fermentada con saliva, la que los indios conservan envuelta en hojas de plátano.

tes, ñames y otras raíces; en Chuquisaca, Alto Perú, cultivan yuca; y en Asunción, cultivan camote, yuca, banana, piña y cebada”.

Tello^{8 4} hace referencia a sus descubrimientos de arqueología peruana en la Península de Paracas, entre los que se menciona a: yuca, papa, y camote.

Vargas^{8 6} estudia las representaciones fitomórficas de Perú. Manifiesta que los chimus usaban vasos en forma de raíces de yuca y los nascas produjeron excelentes representaciones de las raíces. Agrega que en Perú esta planta se cultiva en regiones tropicales hasta altitudes de 1800 msnm y que en los valles xerófitos y subxerófitos crecen especies silvestres afines a la yuca.

El cultivo de la yuca en montículos y la preparación de “casabe”, bebidas y comidas fue descrita en las Grandes Antillas y Centro América (Honduras) por Angleria⁹. El padre Bartolomé de las Casas^{2 3} dice que “al llegar Pedrarias a Castillo del Oro, Panamá, en 1514, los indígenas le proporcionaron ‘casabe’ y raíces frescas de yuca”, también se refiere al uso de la yuca en las Antillas. Ufeldre^{8 5} señala la yuca en Panamá como parte de las escasas subsistencias de los guaymés. Oviedo y Valdés^{6 1} describe seis variedades de yuca en Santo Domingo hacia 1548 y que llaman: ypatex, diacanán, nubaga, tubaga, coro y tabacán.

Peralta^{6 4} informa sobre plantaciones de la yuca en Centro América, y costa del Pacífico, donde era cultivada en el Siglo 16 por los quepos.

Vega^{8 9} indica la presencia del cultivo de la yuca en el Lago de Nicaragua hacia 1539; Fernández^{4 1} menciona su uso por los naturales del valle Tarire-Sixaola, Centro América, en 1541; y Ximenez^{9 1} dice que en el Siglo 17 ya se preparaba almidón de yuca en México. Esto último indicaría que el cultivo había sido completamente adoptado por los invasores españoles.

Sloane^{8 1} describe a la yuca como el alimento de uso más general en todas las Indias (Américas), especialmente en las partes calientes y que se usa mucho para avituallar barcos.

El historiador colonial, Joseph de Acosta¹, se refiere a la yuca en Las Antillas, a la llegada de los españoles. Colón^{3 0} describe la preparación de “casabe” en la Isla Guadalupe por los compañeros de Cristóbal Colón. El cultivo de la yuca y la fabricación rutinaria de “casabe” es adoptada por los españoles en Las Antillas en el Siglo 17, según Cobo^{2 9}. Benzoni^{1 6} en su Historia del Nuevo Mundo, aparecida en Venecia en 1572, describe la elaboración del pan de “iucca”, la extracción del jugo venenoso o “yare”, el secado al sol para terminar el secado del “casabe”, y la guarda que se hace de este pan, “por años”. Dice que la Hispaniola es un punto de aprovisionamiento de “casabe” de los barcos que regresan a Europa. Hace una buena descripción de los métodos de propagación de la yuca. En Nombre de Dios, después de enumerar las introducciones hechas de España, dice: “todo el

resto de los productos es de la Hispaniola, Cuba, Nicaragua, como maíz, 'cazabi', batata, etc."

Philippi⁶⁶ menciona el cultivo de la yuca en la Isla de Pascua, (Chile), en 1873.

LA YUCA EN AFRICA

La primera mención de la introducción de la yuca en Africa es la que hace Bethune¹⁷ al decir que ésta fue llevada desde Brasil a Angola. Jones⁴⁸ hace una extensa revisión sobre este aspecto y muestra cómo la yuca llegó al Congo y cómo siguió su dispersión hasta llegar a Madagascar, La Reunión y Mauricio. Riviere⁶⁹ menciona la yuca en Algeria y en la Cuenca del Mediterráneo; Hennings⁴⁴, Agboola⁴, Bedu¹⁵, Clainis²⁸, Scaife⁷⁸, Cours³² y Miège y Lefort⁵⁷, se refieren a la yuca en Congo, Nigeria, Camerún, Senegal, Tanzania, Madagascar y Costa de Marfil, respectivamente.

De Candolle²¹ menciona al abate Raynal que erróneamente asignó a la yuca un origen africano. Otra mención temprana de la yuca en Africa es la de R. Brown, en su *Botánica del Congo*, editada en 1818, también citado por De Candolle.

LA YUCA EN ASIA Y EL PACIFICO

Según Burkill¹⁹ la yuca fue introducida en Sri Lanka desde la Isla Mauricio en el año 1786. Fue llevada a Calcuta y Serampur, India, de Sur América en 1794. Birmania recibió la planta en parte de Malasia o en parte de Calcuta o Madras via Arakán. Alrededor del año 1900 la yuca era cultivada en gran parte de India.

Otras referencias sobre cultivo de yuca en el Sureste Asiático corresponden a Atkinson¹² en Assam, Bengala, y partes de Nepal; a la Sociedad Agrihortícola de la India⁴ que indica la yuca para Sikkim, India, en 1899. Maingay⁵³ hace mención al cultivo de la yuca en la península Malaya, y Balencie¹³, a su cultivo en Indochina. Jumelle⁴⁹ indica el enorme desarrollo del cultivo de la yuca en Indonesia.

Kumar⁵⁰ amplía la información sobre la introducción de la yuca en el Sureste Asiático por los portugueses y holandeses. Massal y Barrau⁵⁴ se refieren al cultivo de la yuca en el Pacífico.

Mendiola⁵⁵ dice que la yuca debió ser transportada a las Islas Filipinas desde México en los primeros años de la Colonia. Afirma que la yuca en América ya estaba industrializada a la llegada de los españoles y se usaban dos técnicas de preparación: por raspado de las raíces peladas, lavado de la molienda y extracción de la harina seca o del "casabe", o poniendo las raíces bajo agua, peladas o nó, para que sufrieran una fermentación, después de lo cual eran molidas, y el almidón lavado, con lo que se obtenía la harina de agua.

ORIGEN

De Candolle^{2 1} afirma definitivamente el origen americano de la yuca o mandioca e indica al Brasil como su posible sitio de origen, pero donde sólo se le ha encontrado en su forma cultivada.

Vavilov^{8 7} indica a la yuca (*Manihot esculenta*), junto con el maní (*Arachis hypogaea*), el caucho (*Hevea brasiliensis*), el mate (*Ilex paraguayensis*), y la piña (*Ananas comosa*), en lo que denomina Centro Brasileiro Paraguayo de origen de plantas cultivadas. Sapper^{7 5} cita a Spinder que cree que el maíz, (*Zea mays*), es la primera planta americana cultivada, en cambio Nordenskiöld^{5 9}, cree que es la yuca. Sapper está de acuerdo que independientemente del conocimiento del maíz, la papa, (*Solanum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*) y la quinua (*Chenopodium quinua*), fueron plantas fundamentales en la región andina. Cree que el noroeste de Suramérica es la región en que se originó la yuca más rústica y de más bajo contenido en almidón —no venenosa— hasta alturas de 1500 m, siendo la Amazonía la región de yucas venenosas hasta los 700 m de altitud.

Para Cowgill^{3 3} la yuca no tuvo influencia en la alimentación de los mayas. Manifiesta que en diversos estudios palinológicos efectuados en el valle de México, a través de Guatemala y El Salvador no se ha encontrado polen proveniente de plantas tuberosas, lo que demuestra que la yuca no es un cultivo antiguo en esa región.

Smith^{8 2} cita a Towle que dice que restos macroscópicos de yuca fueron encontrados en Perú desde cerca de 800 años A.C. en adelante. Hace la observación que estos restos son de áreas desérticas, por lo que supone que la planta fue introducida allí ya en forma domesticada. Hace mención a la identificación hecha por él, de una semilla encontrada en la Sierra de Tamaulipas, México, que le fue enviada por R. S. MacNeish, la que sería de *Manihot esculenta* (?). También incluye trabajos de E.O. Callen, quien identifica como de yuca, material de fibras y almidón en coprolito de depósitos del área de Tamaulipas y de Tehuacán. De acuerdo a Smith^{8 2}, no habría otra evidencia arqueológica en México o América Central sobre el cultivo temprano de la yuca. Smith recomienda comprobar antes de dar un veredicto definitivo sobre la semilla de yuca de la Sierra de Tamaulipas, porque en México crecen muchas especies de *Jatropha* que se parecen bastante en sus semillas a *Manihot esculenta*.

Galvao^{4 3} establece que una cultura de cierta extensión ocupó la Isla de Marajó, en la boca del Río Amazonas y que hay evidencia indirecta del cultivo de la yuca entre los años 600 y 1000 D.C. Esta cultura desapareció completamente desde entonces. Merrill^{5 6} sólo le asigna a la yuca un origen americano.

Sauer⁷⁷ señala la parte Noroeste de Suramérica como el corazón del cultivo de las plantas de raíces tuberosas en el Nuevo Mundo. Estas plantas son una característica esencialmente tropical, a pesar que se han extendido hasta la región andina.

De acuerdo a Schwerin⁸⁰ ocurrieron cambios climáticos en el área señalada por Sauer⁷⁷, entre los años 5000 a 7000 A.C., creando modificaciones dramáticas en las formas de subsistencia de sus habitantes. De cazadores de grandes piezas, pasaron a depender de los recursos del litoral y ribereños, como proteína de peces, reptiles acuáticos, mamíferos y especialmente moluscos. Los sitios de habitación de este período están invariablemente marcados por grandes depósitos de conchas. Esto los llevó a un semisedentarismo, brindó la oportunidad de conocer los recursos florales y permitió la domesticación de algunas plantas, como la yuca. Evidencia arqueológica señalada por Rouse y Cruent⁷² indica que la yuca fue cultivada en la localidad de Rancho Peludo, cuenca del Lago de Maracaibo, hacia 2700 A.C., según los restos de partes de “budares”*, encontrados allí.

Para Schwerin⁸⁰ el cultivo de raíces tuberosas —principalmente yuca— y la manufactura de cerámica fue realizada primero por varios grupos de arauacos en el Noroeste de Suramérica. Algunos de estos arauacos emigraron por la costa del Caribe hacia la cuenca de la Laguna de Tacarigua (Lago de Valencia), cruzaron el Llano y llegaron al Orinoco. Otros siguieron el curso de los ríos hacia el interior. Los que entraron al Orinoco distribuyeron la yuca a través de sus afluentes. El movimiento principal fue remontando el Orinoco, siguiendo a través del canal del Casiquiare hacia el Río Negro. De este punto se abre toda la cuenca del Amazonas para el establecimiento de la yuca. De ahí, río arriba, la yuca fue llevada a través del Purús, Jurúa, Ucayali, Marañón, Napo, Putumayo, Caquetá y pequeños afluentes. De la confluencia del Río Negro y del Amazonas sólo hay una corta distancia al Madeira, lo cual abre otra extensa área que va hasta los contrafuertes de la meseta boliviana.

Toda la evidencia anterior demuestra que la yuca (*Manihot esculenta*) es un cultivo que se ha desarrollado en una amplia área de tierras bajas y calientes de los trópicos americanos que va del Noroeste de Suramérica (Venezuela y Colombia), hasta el Noreste de Brasil, predominando en la sección norte, los tipos de yucas dulces y en el área brasilera, los tipos amargos.

Para las especies silvestres del género *Manihot*, hubo, según Rogers⁷⁰, dos centros de origen: uno en México y América Central y otro en el noreste de Brasil.

(*) Disco de metal o de barro, plano o ligeramente cóncavo.

DISPERSION GEOGRAFICA ACTUAL

AREA, PRODUCCION Y RENDIMIENTO

CUADRO No. 2.1. Area, producción y rendimiento medio de yuca (*Manihot esculenta*) año 1972. (FAO³⁹).

	Area Ha x 10 ³	Producción Ton x 10 ³	Rendimiento Ton/Ha
AMERICA	2659	36881	13,9
Argentina	24	244	10,0
Bolivia	20	240	12,0
Brasil	2100	31000	14,7
Colombia	160	1600	10,0
Cuba	17	195	11,4
Ecuador	42	415	9,8
Haití	33	135	4,0
Paraguay	125	1850	14,8
Perú	36	479	13,3
Rep. Dominicana	17	195	11,4
Venezuela	40	320	8,0
Otros Países*		3	
AFRICA	5999	46220	7,7
Angola	123	1620	13,1
Burundi	185	1580	8,5
Camerún	200	1000	5,0
Costa de Marfil	176	570	3,2
Congo	112	460	4,1
Chad	18	57	3,1
Benin	115	750	6,5
Gabón	63	169	2,6
Ghana	210	2390	11,3
Guinea	40	400	10,0
Guinea Ecuatorial	17	45	2,6
Kenia	95	640	6,7
Liberia	63	240	3,8
Madagascar	195	1310	6,7
Mali	10	160	16,0
Mozambique	440	2140	4,8
Niger	29	149	5,0

(*) En otros países, con cultivos de menos de 10³ Has: Barbados, Costa Rica, Salvador, Guadalupe, Guatemala, Honduras, Jamaica, Martinica, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, Trinidad y Tobago, Guyana, Surinam, y Guayana Francesa.

Continúa en página siguiente

CUADRO No. 2.1. Cont.

	Area Ha x 10 ³	Producción Ton x 10 ³	Rendimiento Ton/Ha
Nigeria	960	9570	9,9
Imp. Central africano	210	1100	5,2
Ruanda	40	350	8,7
Senegal	40	160	4,0
Sierra Leona	25	83	3,3
Sudán	220	1100	5,0
Tanzania	800	6000	7,5
Togo	154	980	6,3
Uganda	550	2200	4,0
Zaire	810	10500	12,9
Zambia	46	145	3,1
Otros países**			
ASIA	2331	22188	9,5
China	20	300	15,0
Filipinas	140	500	3,5
India	355	5939	16,7
Indonesia	1350	10099	7,4
Malasia	18	160	8,8
Sri Lanka	62	350	5,6
Tailandia	225	3687	16,3
Vietnam	136	1055	7,7
Otros países***			
PACIFICO	11	128	11,2
Incluye: Fiji, Polinesia (francesa), Nueva Caledonia, Islas del Pacífico, Tonga, Samoa.			
TOTAL MUNDIAL	10998	105417	9,5

(**) Otros países con cultivos de menos de 10³ Has: Alto Volta, Gambia, Guinea, Bissau, Malawi, Mauricio, Reunión, San Tomé, Seychelles, Somalia.

(***) Otros países con cultivos de menos de 10³ Has: Brunei, Birmania, Immer, Laos, Malisabah, Singapur.

El Cuadro 2.1, muestra que Brasil planta 2.100.00 Ha con yuca, de un total mundial de 10.998.000, lo que representa el 19% del total. La producción es de 31.000.000 toneladas sobre el total mundial de 105.417.000 toneladas, lo que constituye el 29% del total mundial. Otros países que plantan grandes áreas con yuca son: Nigeria, Tanzania, Zaire e Indonesia, pero los rendimientos medios son manifiestamente más bajos que Brasil, a excepción de Zaire. En América la yuca es actualmente importante además de Brasil, en Paraguay, Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela.

PRINCIPALES CONTINENTES PRODUCTORES DE YUCA Y RENDIMIENTO MAXIMO POR HECTAREA

En el Cuadro 2.2, se muestra las tendencias de la producción de yuca en los períodos de 1948-1952; 1952-1956; 1962-1966; 1966-1969; 1969-1972 en los diversos continentes.

En el período 1948-1952, el 50% de la producción de yuca correspondió a Africa, con 25.232.000 Ton, siguió América con 15.622.000 Ton (31%). Ya en el período 1962-1966, la producción en Africa ocupó el 38,0% y el de América subió el 37,7%, tendencia que se mantuvo en 1972 cuando América tenía 35,0% y Africa 43,9%, no experimentando un aumento Asia. Las producciones mundiales totales han subido para los diversos períodos de, 50.516.000 Ton en 1948-1952 a 93.604.000 Ton en 1969-1972, y esta cifra irá en rápido aumento en los próximos años.

CUADRO No. 2.2. Tendencias de la producción de yuca en los períodos 1948-1952, 1952-1956, 1962-1966, 1966-1969 y 1969-1972, en los diversos continentes.

Continente	1948-1952		1952-1956		1962-1966		1966-1969		1969-1972	
	x10 ³ Ton	%	x10 ³ Ton	%	x10 ³ Ton	%	x10 ³ Ton	%	x10 ³ Ton	%
América	15.622	30,8	17.374	31,0	28.238	37,7	32.356	37,7	35.116	37,5
Asia	9.662	19,3	12.105	21,5	18.211	24,7	19.591	23,0	20.918	22,4
Africa	25.232	49,9	26.638	47,5	28.506	38,0	33.672	39,4	37.570	40,1
MUNDO	50.516		56.117		74.955		85.619		93.604	

El Cuadro 2.3, presenta los 15 países con rendimiento máximo por hectárea de producción de raíces de yuca, cualquiera que sea la su-

perficie plantada. Entre ellos Brasil y Zaire tienen zonas de producción en la misma línea ecuatorial: Bolivia, Paraguay, República Dominicana, India, Tailandia, China, Angola, Guinea y Mali están entre 10 y 20 grados de latitud (Norte o Sur). Más alejado se encuentra Argentina. Se ve la influencia decisiva en el rendimiento de este cultivo semipermanente, de la energía radiante, de valor medio, pero constante, que existe en las zonas tropicales.

CUADRO No. 2.3. Países con rendimiento máximo por hectárea de raíces de yuca (1972) Ton/Ha.

América	Ton/Ha	Asia	Ton/Ha	Africa	Ton/Ha
Argentina	10,0	India	16,7	Angola	13,1
Bolivia	12,0	China	15,0	Ghana	11,3
Brasil	14,7	Tailandia	16,3	Guinea	10,0
Cuba	11,4			Mali	16,0
Paraguay	14,8			Zaire	12,9
Perú	13,3				
Rep. Dominicana	11,4				

LA YUCA EN LA POBLACION MUNDIAL

El Cuadro 2.4, muestra la distribución de la población mundial en regiones frías y templadas comparadas con regiones tropicales, libres de heladas. Las cifras totales fueron tomadas del Anuario de la FAO³⁹.

Dentro de las regiones templadas y frías se ha considerado a Europa y URSS, Japón y la mitad de China, Australia y Nueva Zelanda, Argentina, Chile y Uruguay, EUA y Canadá, lo que da un total de 1.507.114.000 habitantes, o sea el 40% de la población mundial.

Las regiones libres de heladas abarcan: Africa, Asia y la otra mitad de China (menos Japón y URSS), Islas del Pacífico, resto de Sud América, México, América Central y el Caribe. Esto da un total de 2.253.631.000 habitantes, que es el 60% del total mundial.

Se ve la importancia de la yuca como planta alimenticia, para el 60% de la población mundial.

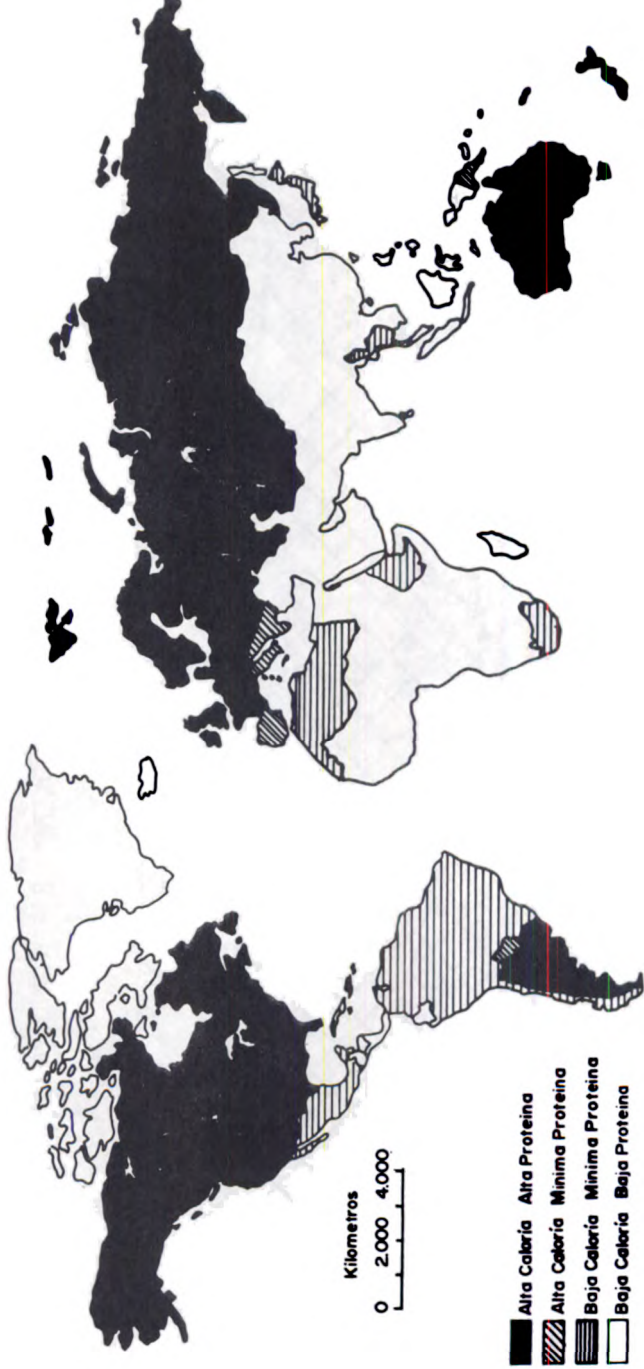


Fig. 1. Mapa de distribución de la ingestión calórica y proteica en las diferentes regiones de la tierra.

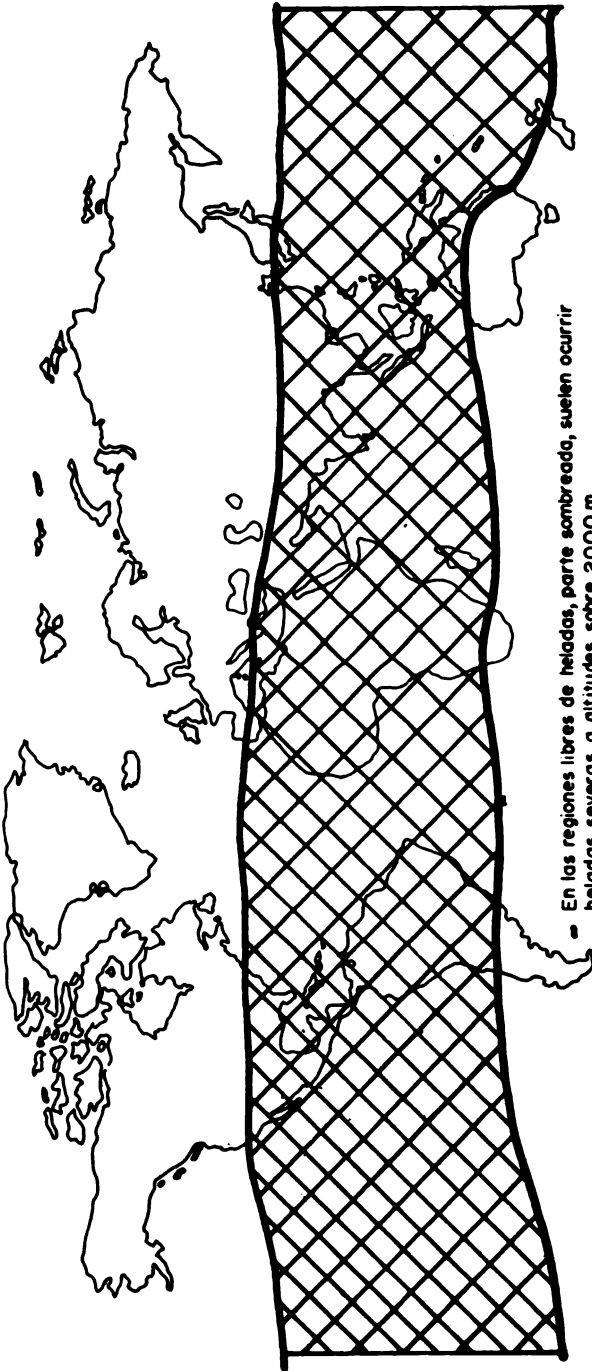


Fig. 2. Regiones libres de heladas, en las cuales se da la yuca y abarcan el 59,3% de la población mundial.

CUADRO No. 2.4. Distribución de la población mundial en regiones frías y templadas comparadas con regiones tropicales. (Población x 10³).

Regiones templadas y frías		Regiones tropicales (libres heladas)	
Europa más toda U.R.S.S.	714.262		
		Africa	363.322
Japón más Media China	507.409	Asia más Media China menos Japón y la U.R.S.S.	1.624.349
Australia, Nueva Zelanda	15.919	Islas del Pacífico	4.217
Argentina, Chile, Uruguay	38.119	Resto de Sur América	162.641
EUA, Canadá	231.305	México, América Central y Caribe	99.102
Total	1.507.114	Total	2.253.631

LA YUCA EN EL MUNDO ACTUAL Y FUTURO

El Cuadro 2.5, presenta la producción promedio mundial de calorías comestibles por hectárea y por día de ciclo vegetativo en los cereales y tuberosas más importantes:

La columna 1 muestra los rendimientos medios que da la estadística mundial para cada uno de los cultivos.

La columna 2, indica las calorías por kilogramo de producto, dada por diversos textos de alimentación.

La columna 3, se refiere a la porción comestible. Es decir, en cada caso se ha aplicado este porcentaje al rendimiento promedio y en esta forma se ha obtenido el rendimiento en porción comestible, cifra que multiplicada por el factor calorías/Kg da calorías comestibles por hectárea. (Ver columna 4). El ciclo vegetativo del cultivo, es el que corresponde a condiciones tropicales (columna 5).

La cifra calorías/Ha (columna 4) dividida por el número de días de ciclo del cultivo (columna 5) da las calorías por hectárea y por día, producida por cada uno de los cultivos comparados (columna 6).

Dos de los cultivos de ciclo corto, maíz y papa, se realizan también fuera de los trópicos en la estación de verano astronómico, con días largos y altas temperaturas y cielos despejados, y por lo tanto, gran aporte de energía radiante.

Cuando al cultivo del maíz, se le resta la producción de la faja maicera de EUA producida en verano de zona templada, el rendimiento medio mundial baja a 1,4 Ton/Ha; es decir, el maíz en el trópico sólo produce 34.000 calorías por día. Con la papa ocurre algo similar, ya que su cultivo no sólo va hasta las zonas templadas, sino que aun penetra en las frías.

Se aprecia, en definitiva, la ventaja de los cultivos de tuberosas sobre los cereales producidos en el trópico.

CUADRO No. 2.5. Producción promedio mundial de calorías comestibles por hectárea y por día de ciclo en los cereales y tuberosas más importantes.

	Rend. Ton/Ha (1)*	Cal/Kg (2)	Porción Comestible % (3)	Cal/Ha x 10 ⁶ (4)	Ciclo Vegeta- tivo (5)	Cal (Ha/Día) x 10 ³ (6)
CEREALES						
Maíz	2,78	3.630	100	1,0	135	74
Arroz	2,25	3.520	70	5,5	150	37
Sorgo	1,17	3.550	90	3,7	125	30
TUBEROSAS						
Yuca	9,6	1.530	83	12,1	300	40
Papa	12,6	760	85	8,1	100	81
Ocumo	8,5	1.230	85	9,6	240	40
Ñame	9,5	1.040	83	8,2	280	29
Batata	8,3	1.140	85	8,0	180	44

(*) Cifras promedios mundiales, Anuario FAO, 1972³⁹.

Phillips^{6 7} apoyándose en las tablas de balance alimenticio de FAO para 1964-1966 que determinan que 37% de los requerimientos de calorías son extraídos de la yuca en Africa, 11% en América y 7% en Asia, hizo una estimación de demanda de yuca comparada con los requerimientos totales de calorías para 1980, y llegó a los resultados del Cuadro 2.6, que se presenta a continuación:

CUADRO No. 2.6. Demanda proyectada de calorías de yuca comparada con los requerimientos calóricos totales, 1980. (De acuerdo a Phillips^{6 7}).

País	Demanda por yuca Calorías x 10 ⁶	Requerimientos de calorías Calorías x 10 ⁶	Demanda de yuca como % del requerimiento
Argentina	398.840	24.194.218	1
Bolivia	550.940	5.513.632	9
Brasil	25.133.680	108.343.406	23
Colombia	2.528.240	25.042.267	10
Ecuador	419.120	7.397.608	5
Paraguay	1.865.760	2.872.933	64
Perú	1.896.180	16.044.239	11
Venezuela	1.335.100	13.287.858	10
Sri Lanka	1.338.480	12.696.708	10
Taiwan	33.800	14.714.423	—
India	13.256.360	574.692.416	2
Indonesia	49.713.040	127.474.644	38
Tailandia	2.947.360	39.244.742	7
Vietnam N.	3.281.980	21.805.429	15
Vietnam S.	1.064.700	18.953.377	5
Malasia O.	344.760	9.799.217	3
Filipinas	2.785.120	44.199.120	6
Angola	4.728.620	5.414.505	87
Burundi	175.760	3.752.565	4
Camerún	2.507.960	6.261.666	40
Congo	1.740.700	926.425	187
Chad	182.520	3.673.305	4
Costa Marfil	1.172.860	5.825.301	20
Benin	1.791.400	3.046.885	58
Gabón	645.580	481.537	134
Ghana	5.722.340	10.358.550	55
Guinea	1.521.000	4.351.716	34
Guinea Ecuatorial	---	4.351.716	—
Kenia	1.977.300	12.772.193	15
Liberia	953.160	1.231.539	77
Madagascar	2.240.940	7.548.602	29
Mali	246.740	5.332.687	4
Niger	432.640	4.697.740	9
Nigeria	31.684.120	78.495.382	40
Imperio Central Africano	2.298.400	1.630.404	140
Ruanda	270.400	4.177.852	6
Senegal	686.140	4.088.361	16
Sierra Leona	287.300	2.627.566	10
Sudán	9.328.800	18.533.572	50
Tanzania	5.208.580	14.892.653	34

Continúa en página siguiente

Cont. Cuadro 2.6.

País	Demanda por yuca Calorías x 10 ⁶	Requerimientos de calorías Calorías x 10 ⁶	Demanda de yuca como % del requerimiento
Togó	2.014.480	2.096.597	96
Uganda	3.728.140	9.601.730	38
Zaire	35.422.400	19.403.460	184
Zambia	686.140	5.099.163	13
América	36.632.400	327.251.671	11
África	199.800.720	316.637.208	37
Asia	72.054.840	1.079.404.448	6
MUNDO	241.670.000	3.982.811.183	6

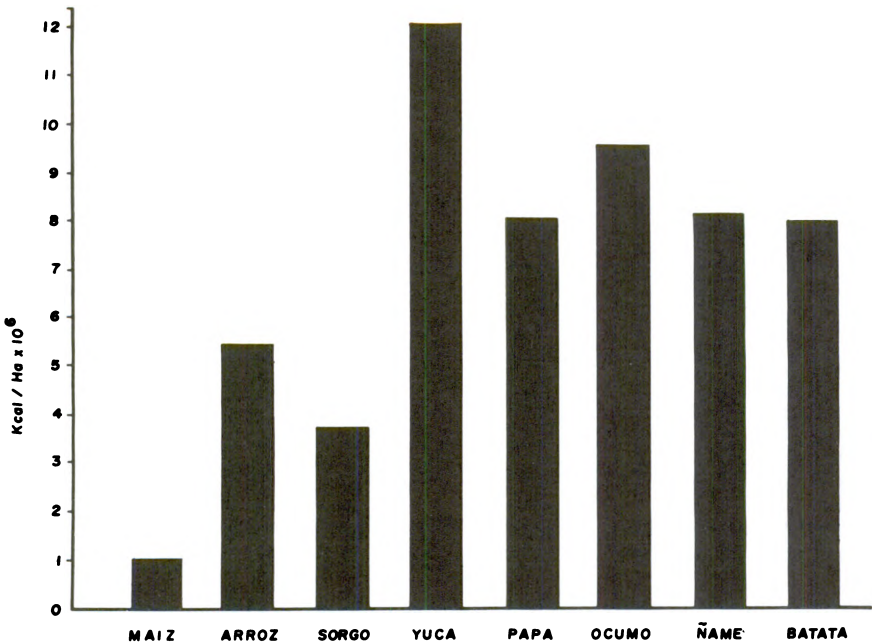


Fig. 3. Kilocalorías producidas por hectárea, a nivel mundial, por cereales y tuberosas.

Se espera que para 1980 la yuca proporcione la mitad de sus requerimientos de calorías a 500.000.000 de habitantes.

Se estima que los antecedentes presentados, son suficientes para considerar la importancia de la yuca como recurso tropical actual y futuro para hacer frente a la escasez de cereales, tanto en la alimentación humana, como en la alimentación animal, en los países situados en las regiones libres de heladas y con una provisión constante de energía radiante durante todo el año.

BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA, J. de. Historia natural y moral de las Indias. Madrid, Estades, Artes Gráficas, 1954. pp. 110-111.
2. ACOSTA SAIGNES, M. Estudios de etnología antigua de Venezuela. Caracas, Imprenta Universitaria, 1961. pp. 47-48.
3. ACUÑA, C. de. Nuevo descubrimiento del gran río de las Amazonas. In: Maldonado, J. de y Acuña C. de. Relaciones del descubrimiento del Río Amazonas. Bogotá, Imprenta Instituto Geográfico, 1942. pp. 89-90 y 139.
4. AGBOOLA, S. A. Introduction and spread of cassava in Western Nigeria. Nigerian Jour. Econ. Soc. Stud. 10(3):369-385. 1968.
5. AGRI-HORTICULTURAL SOCIETY OF INDIA. Report on Cassava. Dept. Land Records and Agriculture, Bengal, for 1898-1899. pp. 34.
6. AGUADÓ, P. de. Historia de Santa Marta y Nuevo Reino de Granada. Madrid, Real Acad. Hist. T. I. pp. 587, 590, 703, 793, 794, 795, 809, 811. 1916. T. II. pp. 132, 134, 374, 377, 507, 515, 536, 708, 739. 1917.
7. ———. Historia de Venezuela. Bogotá, Empresa Nacional de Publicaciones. T. I. pp. 222, 290, 441, 588, 590, 591. 1918. T. II. pp. 223, 323, 398. 1919.
8. ANDAGOYA, P. de. Relación de los sucesos de Pedrarias Dávila de la Tierra-Firme y de los descubrimientos en la Mar del Sur. En CUERVO, A.B. Geografía y viajes. Costa Pacífica, provincias litorales y campañas de los conquistadores. Bogotá, 1892. T. II: 77-125.
9. ANGLERIA, P. M. de. Décadas del Nuevo Mundo. Buenos Aires, Editorial Bajel, 1944. pp. 8, 228-229, 246, 263, 264, 580.
10. ARANGO, L. L. Recursos de la gUAQUERÍA en el Quindío. Barcelona, 1927. pp. 107, 162.
11. ARELLANO, A. Fuentes para la Historia Económica de Venezuela (Siglo 16). Caracas, Tipografía El Compás, (3a. Conferencia Interamericana Agrícola, Caracas, Cuadernos Verdes, Ser. Nac. 83). 1950. pp. 26, 28, 45, 97, 98, 116, 117, 144, 153.
12. ATKINSON, R. W. Economic products of the North-Western Provinces, Part V, Allahabad. 1883. pp. 22-23.
13. AUBLET, F. Histoire des plantes de la Guiane Francaise, rangées suivant la méthode sexuelle, avec plusieurs mémoires sur différens objets intéressans, relatifs a la culture et au commerce de la Guiane Francaise, et une Notice des Plantes de l'Isle-de-France. Paris, Pierre Francois, Lib. Faculté Médecine, 1775. T. I. pp. 1-621, T. II. pp. 622-976.

14. BALENCIE, H. Notes on manioc in Indo-Chine. *Int. Rev. Sci. Prat. Agric.* 11(10):114-115. 1920.
15. BEDU, P. Note sur le manioc au Cameroun. Marseille, Congrès du Manioc. 1949. pp. 93-99.
16. BENZONI, G. Los historia del Mondo Nuovo-di M. Melanese. Venetia, F. Rampazeto, 1572. 179 p.
17. BETHUNE, C. The observations of Sir Richard Hawkins in his voyage into the South Sea in the year 1593. London, Hakluyt Soc., 1847. v. I.
18. BINGHAM, H. Inca land, explorations in the highlands of Perú. Boston, Houghton Mifflin, 1922. 365 p.
19. BURKILL, I. H. The tapioca plant: its history, cultivation and uses. A review of the existing information. Calcuttá, *Agric. Ledger* 11(10):447-472. 1904.
20. CABELLO y BALBOA, M. Obras. Quito, Editorial Ecuatoriana, 1945. v. I: 16.
21. CANDOLLE, A. de. L' origine des plantes cultivées. Paris, Bibliotheque Scientifique Internationale, 1883. 377 p.
22. CARVAJAL, G. de. Relación del nuevo descubrimiento del famoso Río Grande que descubrió por muy gran ventura el Capitán Francisco de Orellana. Quito, Imprenta Ministerio de Educación. 1942. 253 p.
23. CASAS, B. de las. Historia de las Indias. México, Gráfica Panamericana, 1951. T. II. pp. 87, 104, 250, 259, 483, 484, 513. T. III: 36.
24. CASTELLANOS, J. de. Obras. Biblioteca de la Presidencia de Colombia. Bogotá, Editorial ABC, 1955. T. I. pp. 528. T. II. pp. 441. T. III: 77. y T. IV: 535, 537, 540, 541.
25. CIEZA DE LEON, P. Guerra de Salinas. Guerras civiles del Perú. Madrid, 1877. pp. 84.
26. ———. Guerra de Chupas. Guerras civiles del Perú. Madrid, 1884. pp. 71, 75, 78.
27. ———. La crónica general del Perú. Lima, Librería e Imprenta Gil, 1924. pp. 69, 93, 155, 179.
28. CLAINIS, M. G. L'arachide et le manioc au Sénégal. *Assoc. Colon. Sciences* 4:170-173. 1928.
29. COBO, B. Historia del Nuevo Mundo. Sevilla, Sociedad Bibliográfica Andaluces, 1890. v. I. pp. 351-354.
30. COLON, H. Vida del Almirante don Cristóbal Colón. México, Gráfica Panamericana, 1947. pp. 208.
31. COOK, O. F. Perú as a center of domestication. *Journ. Hered.* 16:36-46, 95-110. 1925.
32. COURS, G. Le manioc à Madagascar. *Mém. Inst. Sci. Madagascar Ser. B.*, 3(2):203-400. 1951.
33. COWGILL, U. M. Some comments on *Manihot* subsistence and the ancient Maya. *Southwestern Jour. Anthrop.* 27(1):51-63. 1971.
34. CREVAUX, J. De Cayena a los Andes. Paris, Le Tour du Monde. 1878. v. 25.
35. CRUXENT, J. M. y ROUSE, I. Venezuela and its relationships with neighboring areas. In: Stone, D. *Actas del 33 Congreso Int. Americanistas*, San José, 1958. San José, Costa Rica 1959. pp. 175-176.
36. CUERVO, A. B. Geografía y viajes. Costa Pacífica, Provincias litorales y campañas de los conquistadores. Bogotá, Editorial J. J. Pérez, 1892. T. II., Secc. 1a. pp. 212, 392, 393, 396, 407, 432, 495, 511, 521.

37. ———. Geografía, viajes, misiones, límites. Casanare y Caquetá durante la Colonia. Bogotá, Imp. de Vapor de Zalamea, 1894. T. IV., Secc. 2a., pp. 276.
38. DYOTT, G. M. Man hunting in the jungle, being the story of a search for three explorers lost in the Brazilian wilds. Indianapolis, The Bobbs-Merrill, 1930. 323 p.
39. F.A.O. Anuario Producción F.A.O. 1972. Roma, 1973. pp. 186-218.
40. FEDERMANN, N. Historia indiana. Madrid, Artes Gráficas, 1958. p. 43.
41. FERNANDEZ, L. Colección de documentos para la historia de Costa Rica. Barcelona, Imprenta Viuda L. Tasso, 1907. T. IV. pp. 268. T. VII. pp. 356, 388. T. IX. pp. 14, 24.
42. FRIEDE, J. Los andaki. 1538-1947. Historia de la aculturación de una tribu selvática. México, Editorial Jabez, 1953. pp. 112-113, 280.
43. GALVAO, E. Agriculturação indigena no Río Negro. Bol. Mus. Paranaense Emilio Goeldi. 1959. 60 p.
44. HENNINGS, P. Flore du Bas et Moyen Congo. Ann. Mus. Congo. 2:230. 1908.
45. HUMBOLDT, A. de. Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente. Caracas, Artes Gráficas, 1941/1942. T1. pp. 139, 443. T2. pp. 16, 30, 48, 249. 1941. T4. p. 111. T5. p. 256, 1942.
46. JAHN, A. Los aborígenes del occidente de Venezuela. Su historia, etnografía y afinidades lingüísticas. Caracas, Lit. Tip. Comercio, 1927. pp. 54, 215.
47. JIMENEZ DE LA ESPADA, M. Relaciones geográficas de Indias. Perú. Madrid. Ministerio de Fomento. 1897. T. IV. pp. XX, CXCVI, CXCVIII.
48. JONES, W. O. Manioc in Africa. Palo Alto, California, Stanford University Press. 1959. 315 p.
49. JUMELLE, H. La culture du manioc aux Indes Néerlandaises, Paris, Prod. Colon et Mater. Colón no. 83. 1935.
50. KUMAR, L. S. S. Scope and importance of plant introduction in South Asia. Indian Jour. Gen. Pl. Breed. New Delhi 17(2):362-369. 1957.
51. LERY, J. de. Journal de bord de Jean de Lery en la terre de Brésil, 1557. Paris, Editions de Paris, 1957. 413 p.
52. McGOVERN, W. M. Jungle paths and Inca ruins. New York, The Century Co., 1927. 526 p.
53. MAINGAY, A. C. Notes on the tapioca plant (*Manihot utilissima* Pohl) as cultivated in the Malay Peninsula Madras. Jour. Agric. Hort. Soc. Ser. 2, 1:184-191. 1869.
54. MASSAL, E. y BARRAU, J. Food plants of the South Sea Islands, Noumea, South Pacific Comm., (Tech. Paper no. 94). 1951. pp. 24-26.
55. MENDIOLA, N. B. Cassava growing and cassava starch manufacture. Los Baños. Philippine Agric. 20(7):447-476. 1931.
56. MERRILL, E. D. Domesticated plants in relation to the diffusion of culture. Bot. Rev. 4:1-20. 1938.
57. MIEGE, J. y LEFORT, M. Le maniot en Côte d'Ivoire. Marseille, Congrès du Manioc, 1949. pp. 86-90.
58. MORALES PADRON, F. Aspectos de la cultura de los indios Muzos (alto Magdalena). Relación de la región de los indios Muzos y Colimas ordenada hacer por el gobernador Juan Suárez de Cepeda. Sevilla, Anuario Estudios Americanos 15:551-582 y 583-616. 1958.

59. NORDENSKIOLD, E. Origin of the indian civilizations in South America. Göteborg, Elanders boktryckeri aktiebolag, 1931. 205 p.
60. OVIEDO y BAÑOS, J. de. Historia de la Conquista y población de la provincia de Venezuela. Madrid, Luis Navarro Editor. 1885. T. I. p. 126. T. II. pp. 29-30, 306.
61. OVIEDO y VALDES, G. F. de. Historia general y natural de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano. Madrid, Imprenta Real Academia de la Historia. 1851. T. I. p. 272. T. II. p. 221.
62. ————. Sumario de la natural historia de las Indias. México-Buenos Aires. Fondo de Cultura Económica. Serie Cronista de Indias. 1950. pp. 95-98.
63. PATIÑO, V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Plantas alimenticias. Cali, Imprenta Departamental. 1964. T. II. pp. 43-57.
64. PERALTA, M. M. de. Costa Rica, Nicaragua y Panamá en el Siglo XVI. Madrid-Paris, 1883. pp. 771-772.
65. PEREZ TRIANA, S. Down to Orinoco in a canoe. London, Heineman, 1902. 253 p.
66. PHILIPPI, R. A. La Isla de Pascua i sus habitantes. Santiago, Universidad de Chile, Anales 43:365-434. 1873.
67. PHILIPS, T. P. Cassava, utilization and potential markets. Ottawa, International Development Research Centre, 1973. 181 p.
68. PISO, G. Historia natural do Brasil. Sao Paulo, Comp. Edit. Nac. 1948. pp. 61-63.
69. RIVIERE, C. Le manioc au Algérie et dans le bassin méditerranéen. Paris, Bull. Soc. Nat. Acclim. France Ser. 4. 44:490-496. 1897.
70. ROGERS, D. J. Studies of *Manihot esculenta* Crantz and related species. New York, Bull. Torrey Bot. Club 90(1):43-54. 1963.
71. ROSA, J. N. de la. Floresta de la Santa Iglesia Catedral de la ciudad y provincia de Santa Marta. Biblioteca Departamental del Atlántico. Biblioteca de Escritores Costeños. Barranquilla, Empresa Litográfica S.A., 1945. T. I. pp. 263, 265, 296-297.
72. ROUSE J., y CRUXENT, J. M. Venezuela and its relationships with neighboring areas. 33 Congreso Internacional de Americanistas (Actas), San José, 1959. v. 1. pp. 176-183.
73. SAFFORD, W. E. Our heritage from the American Indians. Annual Report 1926. Washington, Smithsonian Institution, 1927. pp. 405-410.
74. SANDERMAN, C. A forgotten river. A book of Peruvian travel and botanical notes. Oxford, Oxford University Press, 1939. p. 97.
75. SAPPER, K. Geographie und geschichte der indianschen landwirtschaft. Hamburg, Ibero Amerikanischen Institut, 1936. 98 p.
76. SARMIENTO DE GAMBOA, P. Narratives of the voyages of Pedro Sarmiento de Gamboa to the straits of Magellan. London, The Hakluyt Society, 1895. 401 p.
77. SAUER, C. O. Agriculture origins and dispersals. New York, American Geographic Society, 1952. 110 p.
78. SCAIFE, A. Cassava cultivation in Western Tanzania. Ukiriguru, Tanzania, Western Research Centre, Progress Report no. 3. 1966. 2 p.
79. SCHWERIN, K. H. Apuntes sobre la yuca y sus orígenes. Caracas, Bol. Inf. de Antrop. 7:23-27. 1970.

80. ———. Arawak, caraib, ge, tupi: cultural adaptation and culture history in the tropical forest, South America. 39 Congreso Internacional de Americanistas (Actas y Memorias), Lima, 1972. v. 4. pp. 39-57.
81. SLOANE, H. Natural History of Jamaica. 1707. p. 131.
82. SMITH, C. E. The new world centers of origin of cultivated plants and the archaeological evidence. Baltimore, Econ. Bot. 22(3):253-266. 1968.
83. SPRUCE, R. Notas de un botánico sobre el Amazonas y los Andes. Quito, Imprenta de la Universidad Central, 1941. T. I., pp. 266-267. 1942.
84. TELLO, J. C. Los descubrimientos del Museo de Arqueología Peruana en la Península de Paracas. 22 Congresso Internazionale degli Americanist, Roma, 1926. v. 1 pp. 679-690. (Roma, Stabilimento Tipografico R. Garroni, 1928).
85. UFIELDRE, A. de (Fr). Conquista de la Provincia del Guaymí, en el Reyno de Tierra Firme. Melendez, I. Tesoros verdaderos de las Indias. Roma, 1682. T. III., pp. 2, 7.
86. VARGAS, C. Phytomorphic representations of the ancient Peruvians. Baltimore, Econ. Bot. 16(2):106-115. 1962.
87. VAVILOV, N. I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Waltham, Chronica Botanica, 1949/1950. v. 13. 357 p.
88. VAZQUEZ DE ESPINOSA, A. Compendio y descripción de las Indias Occidentales. Transcrito del manuscrito original por C. U. Clark. Washington DC., Smithsonian Institution, 1942. 801 p.
89. VEGA, A. Documentos para la historia de Nicaragua. Madrid. Imp. Lit. Juan Bravo, 1955. T. VI, pp. 81-82, 157, 195-196, 289, 300, 306, 312, 313, 397, 409, 440, 456, 471.
90. WESTON, J. A. The cactus eaters. London, H.F. and Witherby Ltd, 1937. 240 p.
91. XIMENEZ, F. Cuatro libros de la naturaleza y virtudes medicinales de las plantas y animales de la Nueva España. Extracto de las obras del Dr. Francisco Hernández. (Primera edición en México en 1615). Morelia, Imprenta y Litografía Escuela de Artes, 1888. p. 100.
92. YACOVLEFF, E. y HERRERA, F. L. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Lima, Perú, Revista Museo Nacional, 3(3):243-322. 1934.

CAPITULO 3

BOTANICA

TAXONOMIA

POSICION SISTEMATICA

División: Phanerogamas
Subdivisión: Angiospermas
Clase: Dicotiledoneas
Subclase: Choripetales
Orden: Geraniales
Suborden: Tricoccae
Familia: Euphorbiaceae
Subfamilia: Crotonidae
Tribu: Manihoteae
Género: Manihot

EL GENERO MANIHOT

El género *Manihot*, tiene alrededor de 180 especies (Rogers^{1 6}). En el género hay árboles de más de 15 m de alto. Entre los árboles hay algunos que producen caucho de poco valor industrial. El género se compone principalmente de arbustos y está confinado al Nuevo Mundo desde Arizona, en EUA, hasta Argentina.

Rogers y Appan^{1 8} encontraron tres grupos de especies que tienen gran afinidad morfológica a la especie cultivada. Estos se encuentran en México, en América Central, en las Guayanas, en Brasil, en Paraguay, y en Argentina y cada grupo tiene varios representantes. Las especies de México y América Central son: *Manihot aesculifolia* y *Manihot rubricaulis*. Entre las especies de las Guayanas está *Manihot tristis* subsp. *saxicola*. Las especies afines de Brasil, Paraguay y Argentina son: *Manihot pilosa*, *Manihot leptopoda*, *Manihot caerulescens* subsp. *caerulescens*, *Manihot zehntneri* y *Manihot grahami*.

Manihot esculenta y sus especies afines son todos arbustos de regiones tropicales bajas.

Especies afines a *Manihot esculenta*:

Manihot aesculifolia Pohl. (*Janipha aesculifolia*, *Manihot intermedia*, *Manihot olfersinna*, *Manihot gualanensis*).

Habita México y América Central (Pohl¹⁴, Rogers y Appan¹⁹).

Manihot rubricaulis I.M. Joluiston. Se le encuentra en Durango, México (Johnston³).

Manihot tristis Mueller Arg. subsp. *saxicola*. (Lanjouw) Rogers et Appan¹⁹.

Arbustos erectos 1-3 m. Plantas glabras. Raíces tuberosas hasta de 7 cm de diámetro. Produce frutos. Habita en el noreste de Sudamérica: Guayanas y Brasil, en suelos húmedos.

Esta especie se considera de valor por el alto contenido en proteína de sus raíces reservantes (Lanjouw⁶, Rogers y Appan¹⁹). Nombre vulgar: boesi-ingi-kasabu.

Manihot caerulea subsp. *caerulea*.

(*Manihot coerulea*, *Jatropha coerulea*, *Manihot speciosa*, *Manihot grandiflora*, *Manihot piauhyensis*, *Manihot toledi*, *Manihot cuneata*, *Manihot ferruginea*, *Manihot trifoliata*, *Manihot rotundata*, *Manihot babiensis*, *Manihot microdendron*, *Manihot labroyana*, *Manihot discolor*, *Manihot harmesiana*, *Manihot lyrata*, *Manihot caerensis*).

Planta originaria de Brasil (Rogers y Appan¹⁹, Ule²¹).

Manihot grahmi

(*Janipha loeflingii* var. *multifida*, *Manihot tweediana*, *Manihot lobata*, *Manihot enneaphylla*).

Planta originaria de sitios húmedos y sombríos, Brasil (Mueller¹¹, Pax¹³ Uruguay, Argentina y Paraguay (Rogers y Appan¹⁹).

Vulgarmente se le denomina: guazú-mandioca, mandioca brava, mandioca de veado, mandioca do matto, mandio-guazú, mandio-quazú, sacha mandioca.

Manihot leptopoda

(*Janipha palmata*, *Manihot palmata*).

Especie de las regiones húmedas de Brasil (Mueller¹⁰, Rogers y Appan¹⁹) Nombres vulgares: mandioca brava, maniba.

Manihot pilosa

(*Manihot pedicellaris*, *Manihot hemitrichandra*, *Manihot tubuliflora*).

Especies de la Hoya Amazónica (Mueller¹¹). Es muy parecida a *Manihot leptopoda*.

Manihot zehntneri Ule

Se le encuentra en Bahía, Brasil (Ule²¹). Arbusto de 1,5 m de alto (Rogers y Appan¹⁹).

ESPECIES CAUCHIFERAS

Manihot glaziovii

Nombres vulgares: Arbol de goma Ceará, Ceará, Pokok chat, árbol de la pintura, Manicoba.

Originario de la región montañosa del noreste de Brasil, Ceará Paraíba, Pernambuco y Bahía, a unos pocos grados al sur del Ecuador. Produce un caucho de buena calidad, pero alto en resina, por lo que no ha logrado competir con el caucho de Pará (*Hevea brasiliensis*).

Las hojas segregan una sustancia plástica blanca que no es caucho. Las semillas tienen un aceite comestible claro, lento en secarse (Poisson¹⁵). Las hojas, las flores y los frutos poseen principios cianogénicos, pero aun así los animales las comen. Las flores parecen ricas en nectar y son muy visitadas por abejas.

La planta posee resistencia genética al virus del mosaico africano de la hoja por lo que se ha usado en mejoramiento de la especie cultivada *Manihot esculenta*.

Manihot dichotoma

Nombres vulgares: Tequie, Manicoba.

Crece en los bosques secos o cantingás del noreste de Brasil y en los suelos rojos en el interior de Bahía. Es de menor tamaño que *M. glaziovii*, y produce igualmente menos caucho que éste. (Ule²⁰).

Manihot hoptaphylla

Habita en las regiones secas de Brasil, en suelos arenosos (Ule²⁰). Es de importancia secundaria como planta cauchífera.

ESPECIE CULTIVADA

Manihot esculenta

Rogers¹⁹, de acuerdo a estudios taxonómicos efectuados encuentra que varias especies son sinónimos de *Manihot esculenta*. Entre éstas se incluye: *M. utilissima*, *M. aipi*, *M. dulcis*, *M. flexuosa*, *M. flabellifolia*, *M. diffusa*, *M. melanobasis*, *M. digitiformis* y *M. sprucei*.

La distinción de yuca dulce y yuca amarga que se encuentran en algunos trabajos antiguos, no vale, ya que el contenido en el glucósido linamarina que genera ácido cianhídrico, que es el que las distingue, es muy variable, y depende en parte de las condiciones ecológicas del cultivo.

Se ha observado que existe gran variación entre los diversos cultivares de *Manihot esculenta*. Rogers y Appan^{1 8} sugieren en esta planta (que ha sido por tan largo tiempo multiplicada por vía asexual, y que muchos de sus cultivares son estériles) usar una clasificación dentro de la especie con la ayuda de la computadora basada solamente en los caracteres morfológicos. Esta clasificación permite identificar varios tipos morfológicos dentro del complejo de la especie, y por lo cual, investigadores de distintos lugares, pueden relacionar sus plantas con las colecciones de otras áreas.

MORFOLOGIA Y ANATOMIA

LA PLANTA

La yuca es un arbusto de tamaño variable de 1-5 m de altura. Los cultivares se agrupan según su tamaño en: 1) bajos (hasta 1,50 m); 2) intermedios (1,50-2,50 m); y 3) altos (más de 2,50 m).

EL TALLO

La estaca plantada da nacimiento preferentemente en su extremo apical a uno o a varios tallos. Cada tallo, puede ramificarse, a cierta altura del suelo, constituyendo esta división la ramificación primaria. Puede haber también otras ramificaciones.

Las variedades, según el número de ramificaciones primarias se clasifican en: 1) con ninguna ramificación; 2) con dos ramificaciones; y 3) con tres o más ramificaciones.

El tipo que predomina en la yuca cultivada es con tres ramificaciones. Un carácter importante, desde el punto de vista agronómico, especialmente para efectuar labores de escardas y limpias durante los 2-4 primeros meses del cultivo, es el nivel de ramificación primaria del tallo, y así se consideran los siguientes tres grupos: 1) nivel de ramificación bajo (menos de 50 cm); 2) nivel de ramificación intermedio (50-100 cm); 3) nivel de ramificación alto (más de 100 cm).

Se prefieren las variedades de ramificación alta que hacen más fácil las labores del cultivo.

La posición de los tallos puede ser: 1) erecta; 2) decumbente; y 3) acostada.

El grosor del tallo, es otro carácter importante y se le ha indicado como asociado directamente con alto rendimiento en raíces reservantes.

En el Banco de Germoplasma Samán Mocho, Venezuela (Montaldo⁹) el grosor del tallo, se determina, por su diámetro a 20 cm del suelo, en variedades de: 1) tallo delgado (menos de 2 cm); 2) tallo intermedio (2-4 cm); y 3) tallo grueso (más de 4 cm).

El color del tallo, a los 6-8 meses de desarrollo se manifiesta como: rojo claro; rojo; rojo oscuro; marrón; verde oscuro; verde; verde claro; amarillo.

Según Cours², el color del tallo, en las yucas que se cultivan por dos años, varía por el quebramiento de la corteza debido al crecimiento.

Otro carácter del tallo se refiere a la longitud de los entrenudos. Se ha visto que este carácter está condicionado por el medio en que se desarrolla el cultivo.

Para una condición determinada se han dividido las yucas, de acuerdo al largo de sus entrenudos en variedades de entrenudos: cortos (hasta 8 cm); intermedios (8-20 cm); y largos (más de 20 cm).

La determinación debe hacerse en un lugar establecido de la planta, y se ha elegido efectuarla inmediatamente debajo de la ramificación del tallo. En las variedades que no se ramifican, la determinación se hace a 75 cm del suelo. El tallo muestra una corteza y un cilindro central. La corteza está dividida en: corteza externa, que comprende la epidermis y el suber o corcho y lleva colores variados asociados al color de las raíces reservantes, y el felógeno; la corteza media o felodermis, llena de un latex ácido, generalmente verde o a veces roja, y está atravesada por tejido de sostén y esclerenquima; la corteza interna que está formada de parenquima cortical, floema primario y floema secundario y es de color blanca. El cilindro central está compuesto de xilema secundario y de médula, que es un tejido esponjoso.

LAS HOJAS

Las hojas de la yuca son alternas, simples y tienen vida corta (1-2 meses). Son de forma palmipartidas, con 5-7 lóbulos, los que pueden tener forma aovada o linear. El tamaño de la hoja se mide por el largo del lóbulo medio, y por lo general es de 14-17 cm. (Figs. 4 y 5).

El color de la cara superior de las hojas puede ser: verde; verde marrón; y verde claro.

Los pecíolos son largos y delgados de 20-40 cm y sus colores son: rojo; rojo verdoso; verde rojizo; y verde.

Las hojas de la yuca son bifaciales y poseen una epidermis superior brillante con una cutícula bien marcada, viene después un tejido en palizada, un tejido lagunoso denso y una epidermis inferior en que las células sobresalen, dando a esta cara un aspecto aterciopelado opaco (Fig. 6). Agronómicamente las variedades de yuca se agrupan de acuerdo a la defoliación en la estación seca en: sin follaje; retienen algo de follaje; retienen gran parte del follaje (sobre el 60% de las hojas).



Fig. 4. Variedad de yuca con hojas de forma aovada.



Fig. 5. Variedad de yuca con hojas de forma linear.

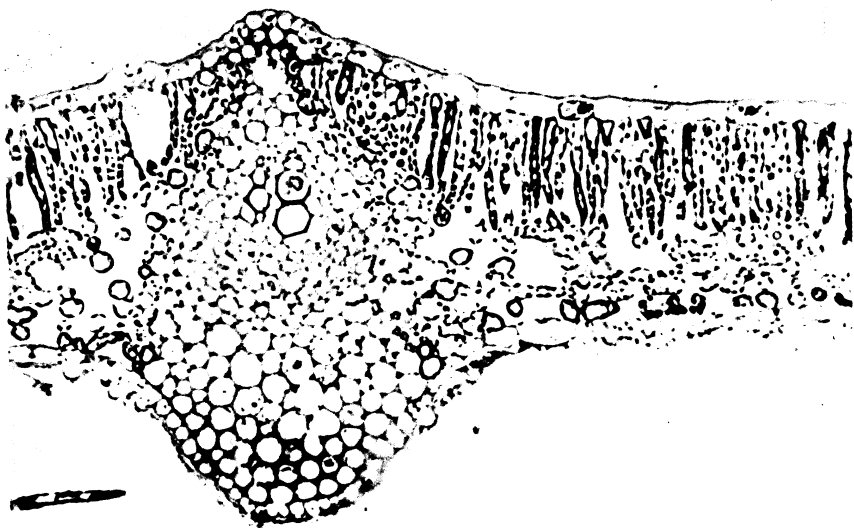


Fig. 6. Corte de una hoja adulta de yuca, tomada de una planta de la variedad UCV 2078. Según la arquitectura histológica corresponde a plantas del Grupo 3C. Obsérvese los cristales en el parenquima de la nervadura. (Foto gentileza J.J. Castilloa).

LAS RAICES

Según Indira y Kurian⁵ en las estacas de yuca se forman (previo a las raíces), callos en el extremo distal a una semana de la plantación; de allí se originan las raíces dentro de dos o tres días.

Las raíces así formadas, debido a diferenciación, manifiestan un crecimiento secundario de la región vascular, que comienza a las tres semanas, dando origen a las raíces reservantes. Un corte transversal de una raíz reservante de yuca muestra dos divisiones principales: la corteza y el cilindro central o pulpa.

CORTEZA

Comprende la corteza externa, la corteza media y la corteza interna.

La corteza externa, llamada también suber o corcho, está compuesta de una serie de células aplastadas, entrelazadas las unas con las otras, derivada de un felógeno que produce continuamente tejidos que se suberizan y desprenden. Forma 0,5-2,0% del total de la raíz.

En la colección del Banco de Germoplasma de Samán Mocho, Venezuela (Montaldo⁹), se distinguen los siguientes colores de la

corteza externa de la raíz: marrón; marrón claro; bronceado; rosado; amarillo; y blanco.

Las variedades de yuca se han clasificado como de corteza externa, de adherencia fuerte o débil. Para la industria del almidón y de las harinas, se prefiere las variedades de adherencia débil.

Sigue hacia el interior, el felógeno, que es un meristema que diferencia feloderma y floema; cambio del corcho.

La corteza media está formada por felodermis que no lleva esclerénquima como en el tallo.

El felodermis puede ser de color rosado, amarillo, crema, blanco o violáceo. El espesor de la corteza media y de la corteza interna va de 2-3 mm en las raíces nuevas, hasta 10 mm en las adultas. Según Cours¹ la proporción de la corteza media e interna con relación al resto de la raíz va de 9-15%. El contenido en almidón es bajo y alto en principios cianogenéticos. Produce un latex ácido que se coagula al contacto del aire.

La corteza interna está formada de parte del parenquima de la corteza primaria, floema primario y floema secundario.

Cilindro central, estela, pulpa o región vascular

Está separado de la corteza interna por el periciclo o zona generatriz de varias capas de células que posteriormente dan origen al cambio vascular. La parte principal del cilindro central la constituye el xilema secundario, formado de parénquima, de vasos y de fibras y es el principal tejido de almacenamiento. Así, la expansión del xilema secundario, seguido por el depósito de almidón, representa el primer estado de las raíces reservantes.

La raíz reservante no tiene médula. Posee tres tipos de coloración y son: raíces de pulpa amarilla; raíces de pulpa crema; y raíces de pulpa blanca.

A veces la pulpa de las raíces recién cosechadas presenta manchas irregulares de aspecto ferrugineo, que pueden deberse a deficiencias en nutrición o a otras causas no determinadas hasta ahora.

Caracteres generales de las raíces reservantes

El número de raíces reservantes por planta va de 2-3 hasta 10 ó más. Estas se clasifican para fines del mercado hortícola fresco inmediato en: raíces domésticas y en raíces no domésticas. Las domésticas tienen más de 20 cm de largo y sobre 5 cm de diámetro; las no domésticas, no cumplen los requisitos anteriores. El principal factor de las raíces para uso industrial, es el rendimiento total y el contenido en materia seca; no es de primera importancia su tamaño.

El rendimiento de raíces por planta es normalmente de 1-3 Kg y puede llegar bajo buenas condiciones ecológicas y con cultivo con tecnología mejorada a 5-10 ó 20 Kg por planta.

De acuerdo al tipo de inserción de la raíz con la planta de yuca se clasifican en: 1) sésiles, las que prácticamente no tienen pedicelo; 2) pedunculadas, con una inserción hasta de 10 cm de largo por 2-3 cm de diámetro; 3) largamente pedunculadas, con inserción de sobre 10 cm de largo.

En las raíces pedunculadas y largamente pedunculadas la unión de la raíz a la planta está compuesta de un tejido fibroso compacto que se prolonga en la raíz, lo que dificulta su rallado en las fábricas de harina.

Las plantas que producen raíces largamente pedunculadas deben desecharse por la cantidad de tierra que se necesita remover para su cosecha.

De acuerdo a la dirección de crecimiento de las raíces, éstas pueden ser: horizontales; oblicuas; o verticales.

Entre los tipos cultivados se seleccionan los tipos horizontales u oblicuos.

Otro factor es la profundidad de enraizamiento y que está directamente relacionado con la faena de la cosecha.

La yuca tiene su producción de 0-30 cm de profundidad.

Se prefieren los tipos que acumulan su producción en los primeros 15 cm del suelo.

Las formas predominantes de las raíces de yuca son: cilíndricas; cónica; fusiforme; e irregular.

FASES DE DESARROLLO DE LA YUCA

La planta de yuca sigue cuatro fases principales de desarrollo y son: brotación de las estacas, formación del sistema radicular, desarrollo de tallos y hojas y engrosamiento de las raíces reservantes y acumulación de almidón en sus tejidos.

Cours¹ estudió estas fases de desarrollo de la yuca para las condiciones de la Estación Experimental del Lago Alaotra en Madagascar, situado a 14,4° S, 770 msnm, con una temperatura promedio de 20°C y una precipitación anual de 1140 mm de lluvia.

La yuca en esta región se cosecha al final del segundo año de vegetación y en ella ocurren las siguientes fases:

Primer ciclo de vegetación

Brotación de las estacas. Las primeras raíces se forman al nivel de los nudos de las estacas (5 a 7 días después de la plantación). Poco después se desarrollan los tallos aéreos y a los 10 ó 12 días aparecen las hojas.

A los 15 días la plántula está constituida y la fase de brotación ha terminado.

Formación del sistema radicular. Es la fase de instalación (2 y 1/2 meses).

Las primeras raíces formadas desaparecen casi enteramente. Las otras llegan hasta 50 cm de profundidad.

Desarrollo de los tallos y las hojas. Los tallos se ramifican y toman el aspecto típico de la planta y las hojas se desarrollan en gran número sobre los tallos y las ramas (3 meses).

Las hojas adquieren su tamaño máximo de 10-12 días y duran 60-70 días en las variedades precoces y 85-95 en las tardías.

Engrosamiento de las raíces. La migración de las materias de reserva, especialmente almidón, comienza en la fase precedente. Luego se acelera y las ramas se lignifican. En este período (5 meses), aparecen nuevas hojas, especialmente a comienzos, pero su número disminuye progresivamente en la planta.

Reposo. La planta ha perdido la mayor parte de sus hojas. La actividad vegetativa disminuye, aunque el almidón continúa migrando a las raíces (1 mes).

Segundo ciclo de vegetación

Formación de nuevos tallos. Doce meses después de la plantación comienza un segundo período de actividad que se manifiesta por la formación de nuevos tallos y hojas.

Después del décimo sexto mes, la superficie foliar pasa de nuevo por un máximo, siendo en este momento sólo 2/3 de lo que era en el primer año (duración de la fase: 5 meses).

Acumulación de materias de reserva. Durante cinco meses se reemprende el engrosamiento de las raíces. En este mismo período las ramas se lignifican.

Reposo. Medio mes después de haber cesado la migración de las materias de reserva en las raíces, la planta entra en reposo. Todas las hojas caen y la planta queda totalmente desnuda.

Para tener un mejor conocimiento del progreso del engrosamiento de las raíces reservantes y de la acumulación de almidón, Montaldo⁸ realizó en dos localidades de Venezuela, experimentos de cosechas sucesivas con seis variedades. Estas localidades fueron: Asentamiento Campesino Manzanito, Sabana de Londres, Estado Lara, situado a 10°N, 69,5° Longitud Oeste, altitud 400 msnm, 800 mm de precipitación y 25,5° temperatura promedio anual y en la Estación Experi-

mental Samán Mocho, del Estado Carabobo (Venezuela), situado a 10,5°N, 68° Longitud Oeste, altitud 450 msnm, 1.100 mm de precipitación, 25° de temperatura promedio anual.

Es costumbre general de la región la cosecha de la yuca a los 12-14 meses de ciclo.

En Manzanito (Lara), se utilizaron las variedades amargas de yuca denominadas UCV 2078 y UCV 2194, y las variedades dulces UCV 2062, UCV 2106, UCV 2112 y UCV 2191.

En Samán Mocho (Carabobo), las variedades amargas UCV 2078 y UCV 2194, y las variedades dulces UCV 2106 y UCV 2191.

Se hicieron cosechas sucesivas mensuales de dos plantas por localidad desde los 10 a los 17 meses en Lara y de los 10 a los 14 meses en Carabobo. En cada una de estas cosechas se registró el peso total de las raíces reservantes (todos los tamaños), el peso de las raíces domésticas (de más de 5 cm de diámetro) y el porcentaje de materia seca total en las raíces. Con estos valores se obtuvo el rendimiento total de las raíces en toneladas por hectárea y rendimiento en materia seca total en toneladas por hectárea.

El cultivo se hizo sin riego, con distancias de plantación de 1,40 m entre hileras y 1 m sobre la hilera, dándose las limpias y escardas necesarias, a 7140 plantas por hectárea.

EXPERIMENTO No. 1. Fases de desarrollo de la yuca de seis variedades. Asentamiento Manzanito, Estado Lara (Venezuela).

CUADRO No. 3.1. Cosechas sucesivas desde los 10 a los 17 meses, de dos plantas de cada una de seis variedades de yuca (*Manihot esculenta*), en Manzanito, Estado Lara.

Variedad	Peso raíces total Kg	Peso raíces domest. Kg	Materia seca %	Rendim. raíces total Ton/Ha	Rendim. materia seca Ton/Ha
1	2	3	4	5	6
10 meses					
2191	7,1	7,1	30,7	25,33	7,78
2194	8,8	8,0	39,5	31,39	12,40
2078	4,7	2,8	36,3	16,77	6,09
2062	6,2	5,4	32,9	22,12	7,28
2106	4,3	3,8	40,1	15,34	6,15
2112	5,8	4,9	31,3	20,69	6,47

Continúa en página siguiente

Cont. Cuadro 3.1.

Variedad	Peso raíces total Kg	Peso raíces domest. Kg	Materia seca %	Rendim. raíces total Ton/Ha	Rendim. materia seca Ton/Ha
1	2	3	4	5	6
11 meses					
2191	8,5	7,6	29,0	30,33	8,79
2194	6,0	5,7	33,0	21,41	7,06
2078	9,7	9,0	39,0	34,61	13,50
2062	8,2	7,7	30,5	29,26	8,92
2106	6,0	5,9	35,0	21,41	7,49
2112	6,5	5,8	29,0	23,19	6,72
12 meses					
2191	8,8	7,1	31,0	31,40	9,73
2194	7,1	5,8	41,0	25,51	10,50
2078	6,0	4,1	40,0	21,41	8,56
2062	6,7	6,4	32,0	23,90	7,65
2106	6,3	4,9	41,0	22,48	9,22
2112	7,9	5,6	35,5	28,19	10,00
13 meses					
2191	3,8	3,0	34,0	13,74	4,67
2194	6,5	4,9	40,0	23,19	9,28
2078	6,1	5,2	41,0	21,76	8,92
2062	9,7	8,2	32,0	34,79	11,13
2106	2,9	2,0	38,5	10,52	4,05
2112	3,3	2,6	31,0	11,95	3,70
14 meses					
2191	4,8	4,1	35,5	17,13	6,08
2194	5,6	4,2	43,0	19,98	8,59
2078	14,5	13,0	40,5	50,40	20,41

Continúa en página siguiente

Cont. Cuadro 3.1.

Variedad	Peso raíces total Kg	Peso raíces domest. Kg	Materia seca %	Rendim. raíces total Ton/Ha	Rendim. materia seca Ton/Ha
1	2	3	4	5	6
14 meses, cont.					
2062	9,5	9,2	37,0	34,07	12,60
2106	5,6	4,7	41,5	19,98	8,29
1212	9,8	8,7	35,5	34,97	12,41
15 meses					
2191	8,2	7,5	42,0	29,96	12,28
2194	7,8	6,5	41,0	27,83	11,55
2078	8,8	7,7	46,0	31,40	14,44
2062	9,7	9,7	40,0	34,61	13,84
2106	5,5	3,8	44,0	19,62	8,63
2112	15,5	14,4	36,0	55,30	19,91
16 meses					
2191	6,6	6,3	35,0	23,55	8,24
2194	16,5	16,0	41,0	58,87	24,14
2078	19,0	17,5	40,3	67,79	27,32
2062	12,4	11,5	37,3	44,24	16,50
2106	8,4	7,6	37,0	49,97	11,09
2112	8,5	7,5	38,2	30,33	11,59
17 meses					
2191	12,5	11,8	39,0	44,64	17,41
2194	10,4	9,9	43,5	37,14	16,15
2078	8,9	8,6	38,5	31,78	12,23
2062	7,8	7,8	36,5	27,85	10,16
2106	6,0	5,5	38,0	21,43	8,14
2112	5,9	5,0	34,0	21,07	7,16

CUADRO No. 3.2. Máximos rendimientos en raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en toneladas por hectáreas en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 17,5 meses, Manzanito, Lara. Comportamiento de variedades.

Variedades	Rendimiento en raíces tuberosas total Ton/Ha	Meses de producción
2191	44,64	17,5
2194	58,87	16
2078	67,79	16
2062	44,24	16
2106	29,97	16
2112	55,30	15

CUADRO No. 3.3. Máximos rendimientos en raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en toneladas por hectárea en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 17,5 meses, Manzanito, Lara. Comparación de meses de cosecha.

Variedades	Rendimiento en raíces tuberosas total Ton/Ha	Meses de cosecha
2191	44,64	17,5
2078	67,79	16
2112	55,30	15
2078	50,40	14
2062	34,79	13
2191	31,40	12
2078	34,61	11
2194	31,39	10

CUADRO No. 3.4. Contenido máximo en materia seca total, en porcentaje en las raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 17,5 meses, Manzanito, Lara.

Variedad	Materia seca %	Meses de producción
2191	42	15
2194	43,5	17,5
2078	46	15
2062	40	15
2106	44	15
2112	38,2	16

CUADRO No. 3.5. Producción máxima de materia seca total en toneladas/hectárea en las raíces tuberosas de la yuca (*Manihot esculenta*) en estudios de fases de desarrollo entre 10 y 17,5 meses, Manzanito, Lara.

Variedad	Materia seca total Ton/Ha	Meses de producción
2191	17,41	17,5
2194	24,14	16
2078	27,32	16
2062	16,50	16
2106	11,09	16
2112	19,91	15

EXPERIMENTO No. 2. Fases de desarrollo de la yuca, cuatro variedades. Estación Experimental Samán Mocho, Municipio Tacarigua, Distrito Arvelo, Estado Carabobo (Venezuela).

CUADRO No. 3.6. Cosechas sucesivas desde los 10 a los 14 meses, de dos plantas cada una de cuatro variedades de yuca (*Manihot esculenta*), en la Estación Experimental Samán Mocho, Tacarigua, Carabobo.

Variedad	Peso raíces total Kg	Peso raíces domest. Kg	Materia .seca %	Rendim. raíces total Ton/Ha	Rendim. materia seca Ton/Ha
1	2	3	4	5	6
10 meses					
2191	1,6	1,1	35,4	5,71	2,01
2194	3,7	3,2	42,0	13,20	5,54
2078	4,2	1,7	37,2	14,98	5,57
2106	1,7	1,1	35,5	6,06	2,15
11 meses					
2191	5,0	3,1	31,5	17,84	5,62
2194	3,4	2,3	37,5	12,13	4,55
2078	5,2	4,2	33,0	18,55	6,12
2106	0,7	0,0	38,0	2,50	0,95

Continúa en página siguiente

Cuadro No. 3.6. Cont.

Variedad	Peso raíces total Kg	Peso raíces domest. Kg	Materia seca %	Rendim. raíces total Ton/Ha	Rendim. materia seca Ton/Ha
1	2	3	4	5	6
12 meses					
2191	2,9	2,7	30,0	10,52	3,16
2194	6,5	6,3	38,5	23,19	8,93
2078	3,7	2,0	35,5	13,20	4,69
2106	1,6	1,3	40,5	5,71	2,31
13 meses					
2191	4,7	3,9	35,3	16,77	5,92
2194	3,9	3,4	41,5	13,91	5,77
2078	3,0	2,1	35,3	10,70	3,78
2106	3,4	2,8	38,5	12,31	4,74
14 meses					
2191	4,9	4,9	35,0	17,48	6,12
2194	10,0	7,9	39,0	35,68	13,91
2078	4,5	3,1	34,5	16,06	5,54
2106	1,4	1,0	32,0	4,66	1,60

CUADRO No. 3.7. Máximos rendimientos en raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en Ton/Ha en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 14 meses, Samán Mocho, Carabobo. (Comparación de variedades).

Variedad	Rendimiento en raíces tuberosas total Ton/Ha	Meses de producción
2191	17,84	11
2194	35,68	14
2078	18,55	11
2106	12,31	13

CUADRO No. 3.8. Máximos rendimientos en raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en Ton/Ha en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 14 meses, Samán Mocho, Carabobo. (Comparación de meses de cosecha).

Variedad	Rendimiento en raíces tuberosas total Ton/Ha	Meses de cosecha
2194	35,68	14
2191	16,77	13
2194	23,19	12
2078	18,55	11
2078	14,98	10

CUADRO No. 3.9. Contenido máximo de materia seca total, en porcentaje, en las raíces tuberosas de yuca (*Manihot esculenta*) en estudio de fases de desarrollo, entre 10 y 14 meses, Samán Mocho, Carabobo.

Variedad	Materia seca %	Meses de producción
2191	35,5	10
2194	42,0	10
2078	37,2	10
2106	40,5	12

CUADRO No. 3.10. Producción máxima de materia seca total en Ton/Ha en las raíces tuberosas de la yuca (*Manihot esculenta*) en estudio de fases de desarrollo entre 10 y 14 meses, Samán Mocho, Carabobo.

Variedad	Materia seca total Ton/Ha	Meses de producción
2191	6,12	14
2194	13,91	14
2078	6,12	11
2106	4,74	13

En el Experimento No. 1 ubicado en Lara, Venezuela, los resultados indican que el cultivo de la yuca para la zona ecológica que representa, con época de plantación en plena estación de lluvias, los máximos rendimientos en raíces tuberosas, el mayor porcentaje de materia seca total en las raíces y la máxima producción de materia seca total por hectárea ocurre para las 6 variedades de yuca estudiadas entre los 15 y los 17 meses (Cuadro 3.1). Que la variedad con más alto rendimiento en raíces reservantes fue UCV 2078 con 67,79 Ton/Ha (Cuadro 3.2) a los 16 meses. Que cuando se comparan las producciones en cada uno de los meses de cosecha (Cuadro 3.3) UCV 2194 aparece como la más precoz en rendimiento en raíces con 31,39 Ton/Ha y 12,40 Ton/Ha de materia seca total a los 10 meses. Que la variedad con más alto porcentaje de materia seca total es UCV 2078 a los 15 meses con 46% (Cuadro 3.4) y que el más alto rendimiento de materia seca total es también de UCV 2078 a los 16 meses con 27,32 Ton/Ha (Cuadro 3.5).

En el Experimento No. 2, ubicado en Carabobo, los resultados indican que el cultivo de la yuca para la zona ecológica que representa Samán Mocho, con época de plantación en plena estación de lluvias —cuando se estudia la producción entre 10 y 14 meses— los rendimientos máximos en raíces reservantes, que son relativamente bajos, varían entre 11 y 14 meses (Cuadros 3.6 y 3.7). Que las variedades que mejor se comportan son UCV 2194 y UCV 2078, ambas amargas (Cuadro 3.8).

El máximo de materia seca total, en porcentaje (Cuadro 3.9), ocurre alrededor de los 10 meses. La máxima producción de materia seca en Ton/Ha está entre 13 y 14 meses (Cuadro 3.10).

Estos resultados indican la necesidad de estudiar las fases de desarrollo de la yuca en cada una de las diversas zonas ecológicas potenciales de producción.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Recolección y estudio de las especies silvestres de yuca.
2. Recolección y estudio morfológico y agronómico de los cultivares de *Manihot esculenta*.
3. Determinación de los caracteres estables y de las variables, según el medio ecológico, en *Manihot esculenta*.
4. Estudio de la persistencia de las hojas en diversos cultivares de yuca y su relación con la profundidad de enraizamiento.

5. Estudio de la brotación de las estacas, formación del sistema radicular, desarrollo de los tallos y hojas y engrosamiento de las raíces reservantes en diversos medios ecológicos.
6. Establecimiento de Bancos de Germoplasma.

BIBLIOGRAFIA

1. COURS, G. Les études scientifiques sur le manioc à la Station Agricole du Lac Alaotra. In: Congrès du Manioc, Marseille, 1949. pp. 124-131.
2. ————. Le manioc à Madagascar. Memoires de L' Institut Scientific de Madagascar. Serie B, Tome III, Fasc. 2. 1951. 400 p.
3. JOHNSTON, I. M. Diagnoses and notes relating to the spermatophytes chiefly of North America. Contrib. Gray Herb., n.s. 68:90. 1923.
4. HENAIN, E. y CENOZ, H. M. La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Corrientes, Argentina Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Agronomía y Veterinaria, publicación no. 12, 1971. 72 p.
5. INDIRA, P. y KURIAN, T. A comparative study of the anatomical changes associated with tuberization in the roots of cassava and sweet potato. Ibadan, 3er. Inter. Symp. Trop. Root Crops, 1973. 7 p.
6. LANJOUW, J. Mededelingen van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijksuniversiteit Utrecht no. 67. 1939. p. 544.
7. LOPEZ, L., y HERRERA, H. *Manihot carthaginensis*, una yuca silvestre con alto contenido proteico. 8a. Reunión Sociedad Latinoamericana de Fitotecnia, Bogotá, 1970. 16 p.
8. MONTALDO, A. Fases de desarrollo de la yuca. Maracay, Instituto de Agronomía, 1971. 11 p.
9. ————. Clones venezolanos de yuca. Maracay, Instituto de Agronomía. 1975. pp. 125-131.
10. MUELLER-ARGOVIC, J. Euphorbiaceae. In: De Candolle Prodrum Systematic Universalis Regni Vegetabilis Pars XV, Sect., II. 1862. p. 1062.
11. ————. Euphorbiaceae. In: Martii Flora Brasiliensis. 1873. v. XI, Pars. II. 454 p.
12. PAX, F. Euphorbiaceae. Leipzig, II. Pflanzenreich (Heft 44) 4, 147. II:61. 1910.
13. ————. Euphorbiaceae. Leipzig, Pflanzenreich 4, Fam. 147, 17:196. 1924.
14. POHL, J. E. Plantarum Brasiliae incomes et descriptiones. *IV-Manihot*. T.I., 1827. pp. 17-56.
15. POISSON, A. *Manihot glaziovii*. Paris, Journal d'Agriculture Tropicale 10:221. 1910.
16. ROGERS, D. J. Studies of *Manihot esculenta* Crantz and related species. New York, Bull. Torrey Bot. Club. 90(1):43-54. 1963.
17. ————. A computer-aided morphological classification of *Manihot esculenta* Crantz. Ist. Int. Symp. Trop. Root Crops, Trinidad, 1967. Proc. v. 1(1):57-58. 1969.

18. _____, y APPAN, S. G. Untapped genetics resources for cassave improvement. 2nd. Symp. Trop. Root Crops, Hawaii, 1970. v. 1. pp. 72-75.
19. _____ y APPAN, S. G. *Manihot* and *Manihotoides* a computer assisted study. Flora Neotropica. New York, Hafner Press. 1973. 272 p. (Monograph 13).
20. ULE, E. Kautschukgewinnung und kautschukhandel in Bahia. Notizblatt des Konigl. Botanischen gartens und Museum zu Berlin-Dahlem 5:1-52. 1908.
21. _____. Beitrage zur kenntnisa der brasilianischen *Manihot* arten. Leipzig, Bot. Jour. 50(114):1-20. 1914.

CAPITULO 4

COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO

CONSIDERACIONES GENERALES

Se pueden obtener dos productos del cultivo de la yuca de mucho valor nutritivo, cuando balanceados con otros componentes de la dieta, como son la raíz o el follaje de la planta. En el Cuadro 4.1, puede observarse la composición química de estos dos productos y su valor nutritivo puede definirse como de signo opuesto. Así, mientras la raíz es fundamentalmente rica en carbohidratos, el follaje es uno de los materiales vegetales verdes con mayor riqueza proteica y contiene además, tres y media veces más grasa y el doble de fibra. En la raíz, el contenido de humedad es marcadamente menor que en el follaje, lo que hace recomendable el estudio separado de estos dos productos, los que aunque sea factibles obtener de la misma planta a la vez se recomienda hacer el cultivo por separado; es decir, para obtener, sólo raíz o sólo follaje.

CUADRO No. 4.1. Composición comparativa, base húmeda, de la raíz y del follaje de la yuca. (Montaldo⁴²).

Fracciones	Raíz (%)	Follaje (%)
Humedad	61,0	77,2
Proteína	1,2	6,8
Grasa	0,4	1,4
Carbohidratos	34,9	12,8
Fibra	1,2	2,4
Cenizas	1,3	1,8

La yuca se clasifica en variedades dulces y amargas, de acuerdo al contenido de HCN de las raíces, el que es bajo en las primeras y alto

en las segundas. La ingestión por el hombre o los animales de las variedades amargas de yuca, sin el debido procesamiento, involucran grave riesgo de intoxicación; su ingestión no debe ocurrir sin la previa eliminación de HCN.

Sin embargo, debe aclararse que, como lo afirma Doku^{1 5}, la clasificación de la yuca por su contenido en HCN es un concepto muy subjetivo y que además no es posible trazar una línea que, basada en este criterio, diferencie unas variedades de otras, por el gran número de tipos intermedios que existen.

Por otra parte, de acuerdo al mismo autor, una serie de factores, tales como el ambiente, la sequía, la fertilidad del suelo y la deficiencia en potasio afectan el contenido de HCN, pudiendo encontrarse variedades dulces que en ciertas circunstancias se comportan como amargas, y viceversa.

RAIZ DE LA YUCA

La raíz de yuca consta de las siguientes partes:

- a. La película suberosa que se desprende fácilmente y que representa 1-2% de la raíz total;
- b. la cáscara o corteza que forma del 12-20% de la raíz;
- c. el cilindro central o pulpa, que tiene dos clases de elementos: los vasos leñosos y las células parenquimatosas llenas de almidón; forma del 78-85% de la raíz (Montaldo^{4 3}).

En el Cuadro 4.2, se da la composición de la raíz entera, de la corteza y del cilindro central, tanto en sus bases húmedas como en secas. Puede observarse que la mayor riqueza proteíca se encuentra

CUADRO No. 4.2. Composición media de la raíz entera, de la corteza y del cilindro central. En porcentaje (Montaldo^{4 2}).

Fracciones	Raíz entera		Corteza		Cilindro central	
	húmeda	seca	húmeda	seca	húmeda	seca
Humedad	61,0	—	72,0	—	59,0	—
Proteína	1,2	3,1	1,5	5,4	1,0	2,4
Grasa	0,4	1,1	0,6	2,1	0,4	1,0
Carbohidratos	34,9	89,4	21,7	77,5	37,3	91,0
Fibra	1,2	3,1	2,1	8,9	1,1	2,7
Cenizas	1,3	3,3	1,7	6,1	1,2	2,9

en la corteza, así como también la mayor parte de la fibra y de las cenizas; en cambio, la mayoría de los carbohidratos se encuentran en el cilindro central.

Tal como ocurre con otros alimentos tuberosos, las raíces de la yuca son fundamentalmente una fuente de carbohidratos y un producto alimenticio imbalanceado cuando se trata aisladamente.

El Cuadro 4.3 muestra la composición química promedio, como porcentaje de la materia seca, para las yucas amargas y las dulces, integrales y peladas, y de las cortezas correspondientes. Aunque en ambas clases de yuca el contenido de materia seca es muy similar, las amargas tienen un mayor contenido de proteína cruda, proteína verdadera, y fibra cruda, mientras que en las dulces, los contenidos de elementos libres de nitrógeno, extracto etéreo y cenizas, son ligeramente mayores. En las cortezas se observa un contenido de proteína bruta muy similar, pero el contenido de proteína verdadera es muy superior en la yuca amarga, la cual también tiene mayor contenido de fibra y de cenizas.

CUADRO No. 4.3. Composición química promedio de yucas amargas y dulces; valores de la raíz total, pulpa y corteza, determinadas como porcentaje de la materia seca (Oyenuga^{5 3}).

	Materia seca %	Proteína cruda %	Proteína verdadera %	Extracto etéreo %	Fibra cruda %	ELN %	Ceniza total %	Cenizas libre de sílíce %
Yuca amarga, raíz total	31,94	2,71	1,68	0,53	3,09	91,01	2,66	2,4
Yuca amarga, pulpa	28,50	2,58	2,58	0,46	0,43	94,12	2,41	2,29
Yuca amarga, corteza	27,94	5,29	4,59	1,18	20,97	66,63	5,93	4,60
Yuca dulce, raíz total	31,94	2,38	1,30	0,65	1,95	92,13	2,89	2,73
Yuca dulce, pulpa	28,50	1,66	1,66	0,65	1,60	90,86	5,23	4,96
Yuca dulce, corteza	27,94	5,61	2,37	1,39	10,31	78,25	4,44	3,83

En cambio la corteza de la yuca dulce tiene un mayor contenido de extracto etéreo y de ELN. Estas diferencias, deben ser reevaluadas

porque se conocen las variaciones que existen entre las variedades de yuca. Esto se corrobora en los Cuadros 4.4 y 4.5, donde se evidencia la variación bastante amplia para todas las fracciones químicas consideradas.

CUADRO No. 4.4. Composición química promedio y variación de ocho variedades de yucas centroamericanas (Barrios y Bresani⁴).

Fracción	Promedio		Ambito	
Humedad, % (base fresca)	66,8	56,7	—	76,7
Extracto etéreo, % (base seca)	0,9	0,6	—	1,1
Fibra cruda, % (base seca)	5,2	3,8	—	7,3
Proteína cruda, % (base seca)	2,2	1,8	—	2,9
Carbohidratos, % (base seca)	88,9	85,3	—	90,4
Cenizas, % (base seca)	2,9	1,6	—	4,0
Calcio, mg/100 g	81,5	29,9	—	131,0
Fósforo, mg/100 g	101,9	69,6	—	116,2

CUADRO No. 4.5. Análisis próximo de quince variedades colombianas de yuca (Maner^{3 3}).

Variedad	Humedad %	Proteína %	Fibra %	Grasa %	Ceniza %	Extracto no nitroge- nado %
Llanera	67,90	2,33	0,97	0,18	0,95	27,67
Santa Catalina	64,76	2,14	1,16	0,24	1,00	30,71
H-50	66,71	0,56	2,03	0,35	1,71	28,58
Tolima	61,85	0,40	1,35	0,25	1,54	34,61
C.M.C.-50	60,61	1,55	1,09	0,36	1,40	35,07
I-35 Brava	61,21	2,06	1,18	0,31	1,03	34,14
Blanca No. 2	62,70	1,25	1,02	0,29	1,36	33,36
C.M.C.-1	62,18	1,97	2,16	0,30	2,49	30,89
C.M.C.-3	61,50	1,70	1,77	0,24	1,38	33,34
C.M.C.-4	67,59	1,71	3,46	0,35	1,59	25,27
Seis meses común	65,35	0,67	1,00	0,43	1,29	31,35
Amarilla	64,16	0,59	1,64	0,33	1,81	35,90
Tempranita	77,32	0,63	1,07	0,24	1,58	19,17
La Respetada	62,84	1,03	1,02	0,22	1,36	33,49
Bartolita	68,81	0,18	0,77	0,25	0,94	29,05
Promedio	65,03	1,25	1,45	0,29	1,43	30,84

En relación al contenido de minerales y vitaminas, Wu Leung y Flores^{7 2}, reportan la información que se da en el Cuadro 4.6, el cual también incluye el análisis proximal. Los contenidos de vitaminas y minerales además de ser muy variables, son pobres, lo que permite afirmar como Muller et al^{4 6}, que los aportes de la yuca al respecto, son insignificantes. Sin embargo, esta situación aparentemente negativa carece de importancia práctica porque esos nutrientes se encuentran en el mercado, en forma de concentrados y a precios relativamente bajos.

CUADRO No. 4.6. Composición media de yucas dulces y amargas de América Central (100 g de muestra, base seca). (Wu Leung y Flores^{7 2}).

Componentes	Raíz de yuca dulce	Raíz de yuca amarga
Valor energético, cal	132	148
Humedad, %	65,2	60,6
Proteína, %	1,0	0,8
Grasa, %	0,4	0,3
Carbohidratos totales, %	32,8	37,4
Fibra, %	1,0	1,0
Cenizas, %	0,6	0,9
Calcio, mg	40,0	36,0
Fósforo, mg	34,0	48,0
Hierro, mg	1,4	1,1
Vitamina A, Mcg. act.	tz	5,0
Tiamina, mg	0,05	0,06
Riboflavina, mg	0,04	0,04
Niacina, mg	0,60	0,70
Acido ascórbico, mg	19,00	40,00
Porción no comestible, %	32,00	32,00

El Cuadro 4.7 muestra el contenido de calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio de diez variedades colombianas de yuca.

CUADRO No. 4.7. Contenido de minerales de diez variedades colombianas de yuca seca con el 10% de humedad aproximadamente. (Maner³³).

Variedad	Calcio %	Fósforo %	Sodio %	Potasio %	Magnesio %
Llanera	0,06	0,17	0,05	0,92	0,40
Santa Catalina	0,09	0,15	0,04	0,65	0,40
H-50	0,14	0,23	0,04	1,30	0,33
Tolima	0,06	0,20	0,04	1,07	0,22
C.M.C.-50	0,06	0,15	0,07	0,80	0,22
I-35	0,05	0,16	0,07	0,70	0,34
Blanca No. 2	0,07	0,17	0,04	1,05	0,31
C.M.C.-1	0,28	0,10	0,09	0,84	0,45
C.M.C.-3	0,13	0,11	0,08	0,72	0,35
C.M.C.-4	0,21	0,19	0,05	0,58	0,70
Promedio de 10 muestras	0,12	0,16	0,06	0,86	0,37

En el Cuadro 4.8 se pueden observar de nuevo las variaciones ya referidas para la composición química de la yuca sobre yucas secas de diferentes procedencias.

CUADRO No. 4.8. Análisis químico de yucas secas de diferentes procedencias (Montaldo⁴²).

Procedencia	Madagascar		Indo-china	Martínica	Cabo Verde	Vietnam	Venezuela Min. de Agr. y Cría	Venezuela Instituto Agronomía*
Fracciones	%		%	%	%	%	%	%
Humedad	12,30	14,30	11,08	8,80	12,20	10,00	13,30	8,40
Grasa	0,85	0,65	0,52	0,20	0,15	0,40	0,50	0,40
Proteína	2,59	2,38	3,30	0,30	1,38	1,84	1,80	5,40
Fibra	2,35	2,45	3,08	2,35	2,30	2,46	1,60	1,30
Carbohidratos	79,26	78,93	81,04	86,85	83,77	83,40	81,20	83,30
Cenizas	2,70	1,29	0,98	1,50	0,20	1,90	1,60	1,00

(*) En la raíz completa.

Doku^{1 5} afirma que el contenido proteico de la yuca es el menor entre las cosechas tuberosas, pero que relativamente es rica en calcio y ácido ascórbico y contiene cantidades apreciables de tiamina, riboflavina y niacina (ver Cuadro 4.6). De acuerdo con Johnson y Raymond^{2 4}, la mayor parte del material seco de las raíces de yuca consiste de carbohidratos, los cuales contienen de 64% a 72% de almidón y éste a su vez contiene de 17% a 20% de amilosa. El 99% de la materia seca del almidón es amilosa y amilopectina.

El contenido de sacarosa puede llegar hasta 27% en las variedades dulces (Ewell y Willey^{1 9}) y aunque parte de ésta puede desaparecer durante el procesamiento, Willey^{6 8} informa de un contenido de sacarosa de 4,5% a 13,7% en harinas de yuca. Se han reportado también, cantidades relativamente altas de fructosa, dextrosa y dextrina, pero como lo afirman Johnson y Raymond^{2 4}, los trabajos sobre la identificación y contenido de azúcares en la raíz de yuca no son recientes y pueden requerir revisión y reevaluación.

Según Johnson y Raymond^{2 4}, el contenido de proteína de las raíces frescas de yuca varía entre 0,7% y 2,6%. Chadha^{1 3}, reporta que del 50% al 60% del nitrógeno contenido en la raíz de yuca, es no proteico.

Adriaens¹ afirma que la cantidad de aminoácidos esenciales puede variar considerablemente en muestras de harinas de diferentes variedades de yuca y encuentra también que la cantidad de nitrógeno por 100 g de muestra varía entre 183 y 500 mg, según el método de preparación de la harina. El mismo autor afirma que el contenido de aminoácidos sulfurados es bajo en la proteína de la raíz de yuca.

De acuerdo a Chadha^{1 3}, la proteína de la raíz de yuca es deficiente en aminoácidos esenciales y afirma que del 50% al 60% del nitrógeno total de las raíces no es proteico.

Un informe del CIAT⁹ indica que del 40% al 60% del nitrógeno que existe en las raíces de yuca está presente como proteína verdadera, 1% como nitratos, nitritos y ácido hidrocianico y del 25% al 30% como compuestos nitrogenados aun no identificados; indica igualmente que la suplementación de metionina, mejoró la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y la eficiencia de utilización de la proteína en ratas.

Vogt^{6 7}, reporta valores proteicos entre 1,8% y 3,3% para harinas de raíz de yuca utilizadas en alimentación de aves. Montilla et al^{4 5}, encuentra un contenido de proteína de 3,4% en harina integral de yuca destinada a raciones experimentales para pollos.

El Cuadro 4.9 muestra el análisis de aminoácidos de dos muestras de raíz de yuca.

CUADRO No. 4.9. Análisis aminoácido de dos muestras de raíz de yuca Llanera (Maner^{3 3}).

Aminoácido	Muestras		Muestras	
	1	2	1	2
	% de proteína cruda		% de N proteico	
Arginina	17,10	12,90	44,34	32,26
Histidina	0,60	0,53	1,67	1,33
Isoleucina	0,77	1,04	1,93	2,61
Leucina	1,24	1,52	3,09	3,80
Lisina	1,54	1,56	3,86	3,90
Metionina	NC	0,33	—	0,82
Cistina	0,51	NC	1,27	NC
Treonina	0,86	1,00	2,16	2,51
Fenilalanina	0,78	0,94	1,90	2,34
Valina	1,23	1,32	3,08	3,29
Triptófano	0,50	0,50	1,26	1,26

El poco contenido de grasa y proteína y el hecho de que el valor biológico de la proteína sea bajo, hacen de la raíz de yuca un alimento menos nutritivo que el arroz, el maíz u otros cereales. Sin embargo, las dietas, tanto para la población humana como para los animales domésticos, no se componen de ingredientes aislados, sino de combinaciones o mezclas de éstos, por lo tanto la yuca es un gran aporte en el mejoramiento de la alimentación de las áreas tropicales de la tierra, donde su rendimiento por hectárea es varias veces superior al de los cereales. Por otra parte, existe la posibilidad de combinar la raíz de yuca, fuente energética, con su follaje, que constituye uno de los materiales foliares de mayor contenido proteico. Además no puede descartarse la posibilidad de que mediante trabajos de mejoramiento genético puedan lograrse cultivares, donde el contenido proteico mejore cuantitativamente y cualitativamente. Ríos^{5 5}, da cuenta de la existencia en Colombia de seis clones de yuca cuyo contenido proteico, en harina de raíces con 11% de humedad, va de 2,38 hasta 6,40%. También en Surinan existe la especie *Manihot tristis* subespecie *saxicola* (Montaldo^{4 2}) de raíces pequeñas, con bajo contenido en almidón (22%) y alta proteína (2,3%).

La digestibilidad y el valor energético de la yuca son elevados como lo demuestra la información que se da en el Cuadro 4.10. Su valor es similar al del maíz, en cerdos, aves y vacunos, pero inferior en ovinos. Vogt^{6 7}, da los siguientes valores para la digestibilidad de

las diferentes fracciones químicas de la harina de yuca: proteína cruda, 75%; grasa cruda, 70%; y E.L.N., 99%. Maust et al^{3 8}, evalúan en pollos de engorde, de más de dos semanas de edad, la energía metabolizable de harina de yuca procedente de Tailandia, cuyo contenido de fibra y proteína era prácticamente ninguno y la cual era considerada como buena para el consumo humano; encontraron valores de 4,31 Kcal por g de materia seca los cuales son similares a los del maíz amarillo (Hill et al^{2 1}). Sin embargo, Maust et al^{3 8}, reportan que a pesar del alto valor energético de la harina de yuca por ellos evaluada, las aves que consumieron las raciones que la contenían no mostraron un crecimiento satisfactorio, de lo cual responsabilizan a "factores depresores del crecimiento", que no fueron totalmente eliminados durante el procesamiento. Olson et al^{5 1}, determinan la energía metabolizable de una harina de yuca, procedente de Brasil, con el siguiente análisis proximal: humedad, 10%; proteína cruda, 3,2%; extracto etéreo, 0,4%; fibra cruda, 2,7%; E.L.N., 87,0% y cenizas, 0,92%; encontraron un valor de 3,44 Kcal por g.

Las marcadas diferencias que se evidencian en la yuca y sus productos, pueden originarse en diferentes causas, tales como comportamiento de distintas variedades, tipos de suelos, épocas de cosechas, métodos de procesamiento e inclusive los sistemas de análisis utilizados. Con la importancia que a nivel mundial está tomando el cultivo, se impone la necesidad de definir y normar los métodos de análisis, el procesamiento y las características de los productos derivados y su probable diferenciación en categorías, de acuerdo a su calidad.

CUADRO No. 4.10. Valores calóricos de la yuca y del maíz (base de materia seca) (Muller et al^{4 6}).

Clase de animales	Categoría de las calorías	Harina de raíz de yuca	Maíz amarillo en grano
Cerdos	Energía digerible Kcal/Kg	4000	4055
Pollos	Energía metabolizable Kcal/Kg	3650	3660
Vacunos	Total nutrientes digeribles Kcal/Kg	90	91
Ovinos	Total nutrientes digeribles Kcal/Kg	85	98

FOLLAJE

Se sabe que las plantas verdes, representan la fuente potencial más económica y abundante de proteínas, porque pueden sintetizar aminoácidos, por fotosíntesis, partiendo de materiales primarios disponibles en forma casi ilimitada tales como la energía solar, el dióxido de carbono, el agua y el nitrógeno inorgánico (atmosférico en el caso de las leguminosas). Los aminoácidos así sintetizados son polimerizados a una forma más estable —proteínas— siendo almacenados como tales en las hojas; este proceso se sucede principalmente durante el desarrollo foliar temprano, siendo por lo tanto, el material vegetal verde tierno el de mayor valor proteínico (Oke^{5 0}).

La producción de follaje de yuca por hectárea, de acuerdo a evaluaciones realizadas en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, (Montaldo y Montilla^{4 4}) cuando el cultivo se destina exclusivamente a la producción de este material, es de aproximadamente de 150 toneladas por año. El contenido proteico del material es de alrededor de 20%, lo cual indica que es factible obtener 35 toneladas de harina de follaje (hojas y tallos) con 12% de humedad, que contiene a su vez unas 6 toneladas de proteína.

Terra^{6 4} afirma que pueden obtenerse rendimientos de 7 a 20 toneladas de hojas de yuca por hectárea por año, dependiendo del clima y los métodos de cultivo. Indica además que el rendimiento puede ser mayor efectuando dos cosechas en el año. Silva^{6 0} informa sobre rendimientos de follaje, cosechado al mismo tiempo que las raíces, hasta de 30,2 Ton/Ha, cuando se aplican herbicidas preemergentes.

Las hojas de yuca son uno de los vegetales verdes con mayor concentración proteica, siendo su composición proximal promedio la siguiente: 77,0% de agua; 8,2% de proteína cruda; 3,3% de carbohidratos solubles; 1,2% de grasa y 7,2% de fibra cruda (Johnson y Raymond^{2 4}).

En un estudio sobre la composición química de los vegetales de hoja, más comúnmente utilizados en Nigeria, Oke^{4 9} indica que el contenido de fibra cruda de las hojas de yuca varía entre 6,4% y 10,3% y el de grasa entre 1,5% a 4,2%.

Rogers^{5 6}, afirma que las hojas de yuca, de 11 a 12 meses de edad, contienen entre 20,6 y 30,4% de proteína cruda, base seca. Más tarde, Rogers y Milner^{5 7}, reportaron que el contenido proteico de las hojas de yuca, en base seca, varía entre 17,8% y 34,8% para variedades brasileñas y entre 18,5% y 32,4% para variedades jamaiquinas. De acuerdo con Van Veen^{6 5}, alrededor del 75% de la proteína de las hojas de yuca es proteína verdadera.

Montaldo^{4 2} reporta la composición de heno de yuca con 14% de humedad de 14 variedades, lo cual se resume así: grasa, entre 6,9-10,9% con promedio de 8,8%; proteína, entre 17,5-26,2% con promedio de 23,9%; y fibra, entre 9,0-16,6% con promedio de 12,9%.

Barrios y Bresani⁴ dan la siguiente composición promedio para una mezcla de hojas de yuca de ocho variedades: humedad, 76,7%; grasa, 3,4%; fibra cruda, 1,2%; proteína cruda, 7,3%; cenizas, 2,1%; carbohidratos solubles, 11,4%; y 328,2 y 47,8 mg de calcio y fósforo, respectivamente, por 100 g de muestra. Busson⁷ encontró valores de 1200 mg de calcio y 500 mg de fósforo en harina de hojas de yuca.

Oke^{5,8} comparó los patrones de aminoácidos de las proteínas de las hojas y las raíces de yuca con el patrón de aminoácidos esenciales de la FAO (Cuadro 4.11) y encontró que las hojas son bajas en metionina pero adecuadas en los demás aminoácidos, especialmente en lisina, y sugiere que podrían utilizarse como suplemento de los cereales.

CUADRO No. 4.11. Comparación de los patrones de aminoácidos de las hojas y raíz de yuca y el patrón de aminoácidos esenciales de la FAO (Oke^{5,8}).

Aminoácidos	Aminoácidos en g por 16 g de nitrógeno total		
	Hojas	Raíz	Patrón FAO
Isoleucina	5,0	3,0	4,5
Leucina	8,9	4,4	4,8
Lisina	7,2	3,9	4,2
Metionina	1,7	1,2	2,2
Fenilalanina	5,8	2,7	2,8
Treonina	4,9	2,9	2,8
Triptófano	1,5	—	1,4
Valina	5,4	4,5	2,2

Muller et al⁶, basados en la información que se da en el Cuadro 4.12 afirman que “el tipo de contenido de aminoácidos (de las hojas y tallos de yuca) es similar al que se encuentra en las harinas de gramíneas o leguminosas”, pero consideran que la proteína de estos materiales, aunque rica en lisina, es deficiente en metionina y marginal en cuanto a triptófano e isoleucina.

CUADRO No. 4.12. Valor proteico de la parte aérea deshidratada de la yuca y de algunas gramíneas tropicales, comparadas con la soya (base seca) (Muller et al^{4 6}).

Componentes	Yuca (<i>Manihot esculenta</i>)		Pasto elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	Pasto guinea (<i>Panicum maximum</i>)	Harina de soya (Extraída con disolvente)
	Hojas	Hojas y tallos			
Proteína bruta	27,0	20,3 g/16 g nitrógeno	12,6	11,9	45,7
Aminoácidos					
Arginina	5,21	3,89	6,10	5,64	7,41
Cistina	1,18	0,98	0,51	—	1,52
Glicina	4,92	5,10	5,85	5,00	5,23
Histidina	2,47	2,32	2,54	2,82	2,39
Isoleucina	4,12	4,40	4,32	3,45	5,45
Leucina	10,00	8,75	8,64	7,55	6,97
Lisina	7,11	5,89	6,02	4,82	6,32
Metionina	1,45	1,83	1,86	1,36	1,52
Fenilalanina	3,87	4,37	5,42	5,82	4,79
Treonina	4,70	5,70	4,41	4,73	4,14
Triptófano	1,09	1,24	—	—	1,30
Tirosina	3,97	4,12	3,73	3,18	3,27
Valina	6,18	8,43	6,27	5,18	5,23

El Cuadro 4.13, muestra la composición de aminoácidos y valores de calidad proteica, reportados por Eggum^{1 7} para hojas de tres variedades de yuca. Como puede observarse, la digestibilidad verdadera de la proteína de las hojas de yuca va de 70-75%. La utilización neta de la proteína es relativamente baja, estando entre 36-41%; sin embargo, debido al alto contenido de nitrógeno de las hojas, el nitrógeno utilizable es el doble del que aportan los cereales (Eggum^{1 6}). La información de Eggum^{1 7} en relación al contenido de aminoácidos es fundamentalmente coincidente con la de Busson⁷.

La metionina es el aminoácido más limitante en la proteína de las hojas y del follaje de la yuca. Luyken et al^{2 7}, lograron mejorar apreciablemente el valor biológico de ésta al suplementarla con me-

CUADRO No. 4.13. Contenido de aminoácidos (g/16 g de nitrógeno) y calidad de la proteína de diferentes variedades de hojas de yuca de Biafra (Eggum^{1 7}).

Aminoácido	Variedad 61584	Variedad CGH	Variedad 44086
Lisina	5,9	5,6	6,5
Metionina	1,9	1,8	2,1
Cistina	1,4	1,5	1,6
Metionina + Cistina	3,3	3,4	3,6
Acido aspártico	9,8	10,3	11,1
Treonina	4,4	4,3	4,7
Serina	4,6	4,6	5,2
Acido glutámico	12,3	12,4	13,8
Glicina	4,9	4,8	5,4
Alanina	5,7	5,7	6,2
Valina	5,6	5,4	6,2
Isoleucina	4,5	4,3	4,9
Leucina	8,2	8,1	8,8
Tirosina	4,0	4,1	4,0
Fenilalanina	5,4	5,3	5,5
Histidina	2,3	2,2	2,5
Arginina	5,3	5,1	5,5
Triptófano	2,0	2,2	2,2
N (% materia seca)	5,6	6,0	5,3
Valores proteicos expresados como % de digestibilidad verdadera	74,5	74,9	69,5
Valor biológico	48,9	54,1	57,1
Utilización proteica neta	36,4	40,7	39,7
Utilización nitrógeno	2,0	2,4	2,0

tionina sintética. El Cuadro 4.14 muestra los resultados obtenidos por Eggum^{1 7}, cuando el nitrógeno de la ración es aportado, mitad y mitad, por harina de hojas de yuca y bacalao seco y cuando una ración donde la única fuente proteica es la harina de hojas de yuca es suplementada con metionina sintética.

El bacalao seco contiene mayor cantidad de todos los aminoácidos esenciales, incluyendo la metionina y lógicamente, el valor biológico de su proteína es superior (78% contra 48% de la proteína de las hojas de yuca). Al combinarse estas dos fuentes de proteína en partes

CUADRO No. 4.14. Contenido de aminoácidos (g/16 g de nitrógeno) y valores proteicos del bacalao seco y hojas de yuca suplementada con metionina o bacalao seco (Eggum¹⁷).

Aminoácidos	Hojas yuca (variedad 61584)	Bacalao seco	Hoja yuca (variedad 61584) + ba- calao seco	Hojas yuca (variedad 61584) + me- tionina
Lisina	5,87	7,91	----	----
Metionina	1,86	2,92	----	----
Cistina	1,40	1,03	----	----
Metionina + Cistina	3,26	3,95	----	----
Acido aspártico	9,77	9,71	----	----
Treonina	4,39	4,02	----	----
Serina	4,55	4,23	----	----
Acido glutámico	12,32	14,23	----	----
Glicina	4,86	6,59	----	----
Alanina	5,73	6,08	----	----
Valina	5,56	4,53	----	----
Isoleucina	4,50	4,10	----	----
Leucina	8,19	7,20	----	----
Tirosina	4,04	3,03	----	----
Fenilalanina	5,42	3,67	----	----
Histidina	2,30	2,22	----	----
Arginina	5,34	5,88	----	----
Triptófano	1,99	1,24	----	----
N (% materia seca)	5,61	14,62	----	----
Valores proteicos expresados como % de				
digestibilidad verdadera	74,50	98,40	80,70	72,10
Valor biológico	48,90	78,10	72,80	80,40
Utilización proteica neta	36,40	76,80	58,70	56,50
Utilización nitrógeno	2,04	11,02	----	3,02

iguales, el valor biológico de la proteína de la mezcla alcanza el valor de 73%. Cuando la ración, cuya proteína es aportada íntegramente por hojas de yuca, es suplementada con metionina sintética, el valor biológico de la proteína se incrementa hasta 80,4% y el nitrógeno utilizable pasa de 2,04% a 3,20%, que es un valor muy alto para un producto foliar.

La utilización neta de la proteína que es de 36,4% en la ración a base de hojas de yuca, como única fuente proteica, se eleva a 58,7% al combinarla con bacalao seco y 56,5% cuando se suplementa con metionina.

Es un hecho afortunado que las hojas y el follaje de la yuca como un todo, tengan un contenido relativamente alto de lisina, ya que este aminoácido es el más limitante en la casi totalidad de las harinas de oleaginosas de las regiones tropicales (algodón, ajonjolí, maní).

Por otra parte, no siendo estas harinas de oleaginosas deficientes en metionina, su combinación con harina de hojas o de follaje de yuca resultará en un mejor valor biológico.

El follaje de la yuca aporta además, importantes cantidades de vitaminas. Los datos siguientes corresponden en el mismo orden a la información dada por Terra⁶⁴ y Wu Leung y Flores⁷² para el contenido vitamínico por 100 g de hojas, base fresca: tiamina: 0,12 y 0,14 mg; riboflavina: 0,27 y 0,26 mg; niacina: 1,7 y 1,5 mg y ácido ascórbico: 290 y 300 mg. Como puede observarse, son valores fundamentalmente coincidentes.

Es necesario definir, mediante la investigación y experimentación adecuadas, las combinaciones más convenientes de harinas de follaje y hojas de yuca con otras fuentes proteicas, así como también el grado de suplementación con aminoácidos sintéticos requeridos por las diferentes especies animales en sus distintos destinos productivos.

Es muy escasa o inexistente la información en relación al valor energético de la harina de hojas o de follaje de yuca. Sin embargo, su contenido de fibra, relativamente bajo al compararla con otras harinas de plantas verdes, sugiere que su aporte calórico a las raciones puede ser importante, y además favorece las posibilidades de su utilización en raciones para monogástricos.

TOXICIDAD DE LA YUCA

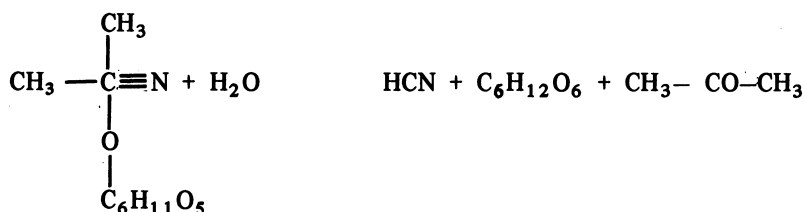
La propiedad de ciertas plantas para sintetizar bajo determinadas circunstancias, el ácido cianhídrico o sus precursores, se denomina cianogénesis. Aproximadamente mil plantas, representantes de 90 familias y por lo menos 250 géneros, se señalan como cianogenéticas y se han identificado 11 glucósidos cianogenéticos (Conn¹¹). Según este autor, la mayoría de ellos son sintetizados por la planta a partir de alguno de los siguientes aminoácidos: valina, isoleucina, fenilalanina y tirosina.

Los glucósidos cianogenéticos son tóxicos, porque de ellos se genera, por degradación enzimática, HCN.

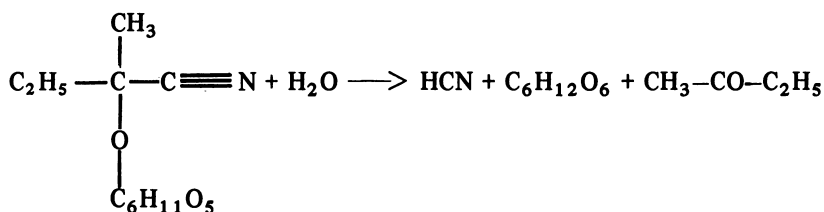
Entre las plantas cianogenéticas se incluyen muchas de gran valor económico, por su producción alimenticia y/o de materias primas para industrias. Entre otras se puede citar: el sorgo, el lino, el caucho, el almendro, el durazno, el damasco, la yuca, etc.

El ácido cianhídrico libre no existe como tal en las plantas, pero se forma cuando se cortan o trituran las plantas o las partes que contienen glucósidos; esto implica que en el mismo material deben estar presentes, tanto el glucósido como la enzima requeridos. En la yuca se han identificado los B-glucósidos linamarina (2 (-D-glucopirano-

siloxi) isobutironitrilo) y lotaustralina (2 (-D-glucopiranosiloxi) 2 metilbutironitrilo), cuyas fórmulas y el proceso por el cual generan HCN se esquematizan en la Fig. 7. La proporción en que la linamarina y la lotaustralina se encuentran en la yuca es de 96/4, según Butler⁸; de 93/7, según Nartley^{4,9} y de 97/3, según Bisset et al⁵.



Linamarina + agua \longrightarrow Ac. cianhídrico + azúcar + acetona.



Lotaustralina + agua \longrightarrow Ac. cianhídrico + azúcar + metiletil-acetona.

Fig. No. 7. Esquematación de la hidrólisis de los glucósidos de la yuca.

Bruijn⁶ afirma que la clasificación de los clones de yuca por la toxicidad de las raíces, no es siempre correcta para otras partes de la planta y agrega que la concentración de glucósidos en las hojas y en la corteza de las raíces de clones de baja toxicidad es ligeramente inferior a la de clones tóxicos.

En el Cuadro 4.15 se da el contenido de HCN, en hojas y raíces de 10 clones de yuca, considerados amargos en el oriente de Venezuela (Muñoz y Casas^{4,7}). Estos autores no encontraron correlación entre el contenido de HCN en las hojas con el de las raíces ($r = 0,079$); pero al considerar cada clon independientemente, las raíces resultaron con mayor concentración que las hojas, excepto para los clones "Querpepa" y "Lancetilla", los que sugieren deben considerarse como dulces.

CUADRO No. 4.15. Cantidad de ácido cianhídrico encontrado en hojas y raíces de 10 clones de yuca amarga (Muñoz y Casas^{4 7}).

Clones	Hojas	Raíces
	HCN, $\mu\text{g/g}$ Materia Seca	HCN, $\mu\text{g/g}$ Materia Seca
Bonifacia	722	1247
Querapa	645	290
Lancetilla	644	112
Juliana	405	458
Catira	402	1287
Piñona	398	847
Teta de india	396	628
José María	379	771
Mulata	313	1327
Muerteña	262	301

En el Cuadro 4.16 (Bruijn⁶), puede observarse que la concentración de glucósidos en las diferentes partes de la planta, así como en hojas de diferentes edades es muy variable; la mayor concentración se observa, aunque no siempre, en las hojas que han completado su crecimiento, en los peciolos muy jóvenes, en la corteza de la parte inferior del tallo y en la corteza de las raíces. Las concentraciones menores se encuentran en las hojas viejas y en la pulpa de la raíz.

CUADRO No. 4.16. Distribución de glucósidos ($\mu\text{g/g}$ peso fresco) en diferentes partes de cuatro clones (de Bruijn⁶).

Parte de la planta	Clones				Promedio
	Tabouca	A 13	Ta 25	461	
LAMINAS DE HOJAS					
Muy jóvenes, en expansión	330	330	490	790	490
Pleno desarrollo	420	340	570	1040	590
Más viejas	250	210	320	730	380
PECIOLOS DE LAS HOJAS					
Muy jóvenes en expansión	400	750	770	940	720
Pleno desarrollo	210	350	350	460	340
Más viejas	120	110	170	180	150

Continúa en página siguiente

Cont. Cuadro 4.16.

Parte de la planta	Clones				Promedio
	Tabouca	A 13	Ta 25	461	
CORTEZA DEL TALLO					
Cerca de las hojas más viejas	270	350	550	1330	630
A 2/3 de la parte sin hojas	90	230	330	580	310
A 1/3 de la parte sin hojas	190	420	430	650	420
Parte más baja	550	680	900	970	780
Corteza de las estacas	190	370	810	390	440
Corteza de las raíces tuberosas	400	540	890	730	640
Médula de raíces	36	55	210	240	140

Los resultados obtenidos en la Sección de Bioquímica del Instituto de Investigaciones Veterinarias de Venezuela²², al analizar una variedad amarga y otra dulce que se dan en el Cuadro 4.17, confirman la tesis de Bruijn⁶, de que la concentración es siempre alta en la corteza de la raíz, tanto en las variedades dulces como en las amargas.

CUADRO No. 4.17. Concentración de glucósidos ($\mu\text{g/g}$ de peso fresco de HCN) en la raíz integral, corteza y médula. (Instituto Investigaciones Veterinarias²²).

Parte de la raíz	Yuca amarga	Yuca dulce
Raíz integral	785	220
Corteza	877	433
Médula	486	152

Aunque Collens¹⁰ afirma que la parte inferior de las raíces contiene mayor cantidad de HCN que la parte superior, estudios realizados por Sinha y Nair⁶¹ muestran que la distribución en la raíz pelada es uniforme.

Sin embargo, Bruijn⁶ sostiene que es muy variable la distribución de los glucósidos dentro de las raíces, y que la mayor concentración existe en el extremo proximal, y cuando se considera una ubicación horizontal la concentración aumenta del centro hacia la periferia.

Bruijn⁶ dice que el efecto de la fertilización, incrementa el contenido de glucósidos en la raíz y en las hojas, cuando se le agrega nitrógeno, mientras que la aplicación de potasio y estiércol lo disminuye; y que menos importante es la influencia del calcio, del fósforo y del magnesio. También se ha establecido que períodos prolongados de sequía, incrementan la concentración de HCN, pero el efecto no se nota cuando la sequía es por corto tiempo.

Bruijn⁶, no encuentra ninguna relación entre el contenido de glucósidos de las raíces y la edad de la planta; sugiere que la diferencia de concentración hallada, algunas veces, en muestreos sucesivos, se debe más a cambios en las condiciones ecológicas que a cambios en la edad de las plantas. Este autor, al comparar 67 clones encontró valores pequeños de correlación entre el contenido de glucósidos de las raíces sin corteza y la cantidad de hojas ($r = 0,20$), tallos ($r = 0,24$) y raíces ($r = 0,20$).

Se han reportado evidencias de una variación diurna en el contenido de HCN de algunas plantas en las cuales se encuentra esta sustancia. Tarenko⁶², Wolf y Washko⁷¹ encontraron que su concentración llega al máximo a mediodía o en las primeras horas de la tarde, cuando la actividad fotosintética es mayor.

Siendo tan amplio el ámbito y tan abundantes los valores intermedios en relación al contenido de HCN de las raíces de yuca, es difícil establecer las líneas de diferenciación entre variedades inocuas o dulces y las variedades tóxicas o amargas. Koch²⁵ clasificó la médula de las raíces frescas de la yuca en tres clases en cuanto a su contenido de HCN: 1) inocuas menos de 50 $\mu\text{g/g}$; 2) medianamente tóxicas, 50-100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$; 3) muy tóxicas, más de 100 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de peso. El análisis de diferentes variedades en Trinidad y Tobago dio valores de 30 a 110 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco de HCN para las variedades dulces y de 130 a 350 $\mu\text{g/g}$ para las variedades amargas; en la India se han encontrado valores de menos de 160 μg y de hasta de 770 μg de peso de raíces frescas, para las variedades dulces y amargas respectivamente (Chadha¹³).

Como ya se afirmó, la generación de HCN a partir de los glucósidos es fundamentalmente una reacción enzimática, por lo que es importante revisar el contenido de linamarasa, la enzima requerida para la liberación de HCN de la linamarina. En el Cuadro 4.18 puede verse que la mayor concentración se encuentra en las hojas y en los pecíolos en formación; una concentración media se aprecia en las hojas que han completado su crecimiento y en las hojas viejas y cantidades menores en la corteza de las raíces; los valores menores corresponden a la médula de las raíces. Esta situación resulta interesante, si se considera que la mejor vía para obtener un producto

inocuo, a partir de las variedades amargas, es provocando la descomposición del glucósido, por acción enzimática, para que genere HCN y éste a su vez, pueda ser eliminado mediante el secado o calentamiento. El proceso de generación de HCN dependerá de la intensidad del contacto entre el glucósido y la enzima; este será máximo en el caso de las hojas y de la corteza de la raíz, pero mucho menor en el caso de la pulpa de las raíces. Cuando se procesa la raíz integral (con la corteza incluida) para alimentación animal, la liberación de HCN es eficaz y quizás pueda acelerarse si se mezclan, al tiempo que van a secarse, las raíces y el follaje, debidamente triturados. Bruijn⁶ informa que al agregar jugo de las hojas o de la corteza de las raíces, aceleró la degradación del glucósido a HCN en la médula de las raíces.

CUADRO No. 4.18. Distribución de la cantidad de la linamarasa (μg de HCN liberado/g de peso fresco/min) en diferentes partes de la planta en cuatro clones de yuca (de Bruijn⁶).

Partes de la planta	Clones				Promedio
	Tobouca	A 13	Ta 25	461	
LAMINAS DE HOJAS					
Muy jóvenes en expansión	450	1000	600	850	730
Pleno desarrollo	400	600	100	100	300
Más viejas	200	150	10	40	100
PECIOLOS DE LAS HOJAS					
Muy jóvenes en expansión	650	1150	350	400	360
Pleno desarrollo	200	550	300	400	360
Más viejas	250	600	300	350	380
CORTEZA DEL TALLO					
Cerca de las hojas más viejas	160	170	130	130	150
A 2/3 de la parte sin hojas	140	110	20	70	90
A 1/3 de la parte sin hojas	80	160	30	45	80
Parte más baja	0	15	0	10	6
Corteza de las estacas	10	120	0	15	35
Corteza de las raíces tuberosas	140	480	160	280	270
Médula de las raíces	9	13	6	7	9

La toxicidad de la yuca ha recaído en el alto contenido de HCN generado en algunas variedades de esta planta, y se sabe que esta sustancia es un potente inhibidor de la respiración celular. Gran parte de los síntomas de envenenamiento se explican conociendo su afinidad por los iones metálicos, tales como el cobre y el hierro; así al combinarse con el hierro de la hemoglobina (la cual se transforma en cianohemoglobina) y con el cobre de la oxidasa citocrómica, impide que estos compuestos cumplan sus funciones normales en el organismo animal. Los trastornos químicos así originados, causan una depresión neuronal en los centros moduladores, lo cual a su vez ocasiona problemas respiratorios y la muerte, según la intensidad del caso. El HCN puede definirse como un violento veneno protoplasmático para toda forma de vida; pero las consecuencias y el desarrollo de la dolencia dependerá de la magnitud de la dosis, de la continuidad en la ingestión de la misma y de otros factores, especialmente, del estado nutritivo del individuo.

La sintomatología del envenenamiento agudo, en animales, está representada por una respiración acelerada y profunda, pulso acelerado, falta de reacción a estímulos y movimientos musculares espasmódicos.

Las siguientes especies han sido incriminadas en este tipo de intoxicación: millo (*Sorghum vulgare*), pasto Johnson (*Sorghum halepense*), pasto estrella (*Cynodon plectostrachium*), alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), lino (*Linum usitatissimum*), habichuela (*Vicia sativa*), frijol de Lima (*Phaseolus lunatus*) y yuca (*Manihot esculenta*), sin embargo, la intoxicación aguda por HCN, podría definirse como accidental o debida a ignorancia por parte de los criadores, del ciclo evolutivo de algunas plantas o del procesamiento a que deben someterse sus productos para evitarlo. Mayor atención se presta a la intoxicación crónica, la que, además de sus implicaciones toxicológicas y fisiológicas, conlleva una grave implicación económica al disminuir la capacidad productiva de los animales. Sin embargo, la información de que se dispone, indica que cuando la raíz y el follaje de la yuca se suministran a diferentes especies animales, debidamente procesados, no aparecen signos de intoxicación. El suministro de yuca en varias formas, a bovinos y ovinos, no ha evidenciado ningún efecto adverso (Assis et al³, y Mathur et al^{3 6}).

Se han reportado también varios trabajos en cerdos, a los cuales se les ha suministrado raíz de yuca procesada en diferentes formas sin observar la aparición de efectos adversos (Mondonedo y Bayan^{3 9}, Mondonedo^{4 0}, Mondonedo y Alonte^{4 1}, Alba²). Por otra parte, Peixoto^{5 4} y Velloso et al⁶ han encontrado que la ganancia de peso se reduce a medida que se incrementa el nivel de yuca en las dietas para cerdos. Trabajos realizados por Maner y Gómez^{3 4}, en Cali, Colombia, demuestran que el agregado de 0,1% a 0,2% de DL-metionina a raciones con 56% de harina de raíz de yuca, resulta en incrementos

de peso y eficiencias alimenticias superiores a los logrados con la dieta control, a base de harinas de maíz y soya. Los trabajos de Maner y Buitrago³⁵, Maner y Jiménez³⁰, Maner et al³¹, y Maner³², en los cuales se estudió la utilización de la yuca fresca y seca, convertida en harina en raciones para cerdos, evidencian que estos productos pueden reemplazar al maíz en raciones prácticas para cerdos y sólo observan un efecto depresor del crecimiento cuando la yuca se incorpora a niveles superiores al 60% de la ración. La aparición de paraqueratosis y bajo incremento de peso en cerdos, fue corregido elevando el nivel de zinc en la ración, aunque éste y la relación calcio-zinc en la ración no suplementada se consideraban adecuados, de acuerdo a los requerimientos aceptados (Maust et al³⁷). El bajo rendimiento observado en cerdos a los que se les suministró una ración con un 20% de harina de hojas de yuca, producto de un valor energético relativamente bajo, fue sustancialmente mejorado al elevar el valor calórico de las raciones y suplementar éstas con metionina (Choo y Hutagalung¹⁴).

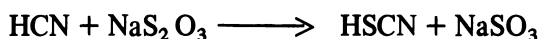
Igualmente, raciones para aves con alto contenido de harina de raíz de yuca, produjeron ganancias de peso, similares a las de la dieta control, cuando se les agregó metionina adicional (Olson et al⁵¹). En casi todos los trabajos realizados en los países desarrollados para estudiar la utilización de la harina de raíz de yuca en raciones para aves, utilizan la harina de soya como fuente proteica principal, y en ésta, el aminoácido más limitante es la metionina. Ross y Enriquez⁵⁸, superaron el bajo incremento de peso en aves, suministrándoles raciones con niveles relativamente altos de harina de hojas de yuca, elevando el nivel energético y suplementando con metionina. Según Tejada y Brambila⁶³ y Jalaludin y Yin²³, las aves parecen ser mucho más resistentes a la intoxicación por HCN que los mamíferos. La posible relación de la ingestión de yuca o de productos derivados, en los cuales pueden haber pequeñas cantidades de HCN o sus precursores y la aparición de procesos patológicos en la población humana, tales como la denominada "neuropatía atáxica", (Hill et al²¹) o "síndrome nutritivo atáxico" (Williams y Osuntokun⁷⁰) el HCN procedente de la yuca sólo parece tener una influencia parcial en un proceso en el cual están involucrados la deficiencia cuantitativa y cualitativa (especialmente de aminoácidos sulfurados) de proteína y también de vitaminas (Wilson⁶⁹).

Lo anterior es corroborado por el hecho de que en el caso del Oriente de Venezuela, donde el pan que consume la población humana, por varios cientos de años es "casabe", que se prepara de yuca y fundamentalmente de variedades amargas, no existe ningún reporte o evidencia médica que indique la prevalencia de este tipo de afección en esa zona, en la cual la ingestión de pescado es abundante.

De acuerdo a Maner y Gomez³⁴, la influencia de la ingestión de HCN con la yuca y sus productos en la aparición de bocio en humanos, debido a la acción promotora de bocio del tiocianato, producto

de la detoxificación del HCN, está en estrecha relación con la ingestión marginal de yodo.

El organismo animal está dotado de mecanismos que le permite inactivar y eliminar compuestos que ingeridos pueden resultar nocivos a la salud o en el caso de los animales domésticos, disminuir su capacidad productiva. En relación a la detoxificación del HCN, Lang²⁶, postula la existencia de una enzima que denominó "rhodanasa", como responsable de la siguiente reacción, en condiciones aeróbicas y en presencia de tiosulfato o azufre coloidal:



La enzima fue purificada por Cosby y Summer¹³ y su concentración en el hígado de diferentes especies animales es diferente, por lo que también lo debe ser la rata de detoxificación. Saunders⁵⁹, encontró las siguientes concentraciones, en mg/g: 0,78 – 1,46 en el perro; 10,08 – 15,16 en el mono rhasus; 7,98 – 18,92 en el conejo y 14,24 a 28,38 en la rata. Estos datos sugieren que no es siempre correcto trazar paralelos entre los datos obtenidos para la conducta de una especie y los de otra. La enzima, aunque se encuentra en mayor concentración en el hígado, también está presente en todos los tejidos, por lo que la detoxificación se puede efectuar en todo el cuerpo. Oke⁵⁰ indica que para máxima eficiencia de la reacción, la concentración de tiosulfato debe ser, por lo menos, tres veces la concentración molar de cianuro, lo cual explica, parcialmente, el efecto favorable de los aminoácidos sulfurados, cuando a la ración se agrega yuca con restos de HCN. Oke⁵⁰ considera que existen suficientes evidencias para considerar que la vitamina B₁₂ actúa también en la detoxificación del HCN por otra vía independiente; refiere igualmente, una acción detoxificante independiente de la cistina y afirma que la glándula tiroides muestra también algún efecto detoxicante.

Las raíces tuberosas de las variedades amargas de yuca, con contenido de glucósidos que las hace peligrosas para personas o animales que las ingieren, deben someterse a algún tipo de tratamiento, previo a su ingestión, para eliminar el peligro de intoxicación. Estos métodos de procesamiento varían de un país a otro, y a veces dentro de un mismo país y no existe un criterio homogéneo en relación a la eficiencia de los diferentes métodos y menos aún, sobre cual método o métodos deben elegirse, por lo que ésta es una materia que necesita mayor investigación y desarrollo tecnológico.

Los tratamientos para reducir o eliminar el riesgo de intoxicación pueden clasificarse dentro de tres categorías: 1) los que eliminan el glucósido, directamente por lavado y/o prensado del material, con diferentes variantes de acuerdo a países y áreas, o por rompimiento enzimático del glucósido; 2) los que no destruyen el glucósido o sólo

lo hacen parcialmente, pero destruyen la enzima; 3) combinaciones de los dos métodos anteriores.

Los métodos que permiten la liberación de HCN de los glucósidos y su posterior eliminación por secado o calentamiento, son los que garantizan mayor seguridad de obtener un producto inocuo y su eficiencia depende del procedimiento de la intensidad de contacto entre el glucósido y la enzima. La concentración del glucósido y de la enzima no son paralelos en las diferentes partes de la planta pero combinándolos puede lograrse una mayor eficiencia en la liberación del HCN. En alimentación animal, es posible obtener un producto de mejor valor nutritivo si se combinan el follaje, rico en linamarasa con las raíces, las cuales tienen un bajo contenido de enzima en su parte interior, pero altas concentraciones de glucósido en las variedades amargas.

Aun dentro de lo heterogéneo que son los procedimientos de procesamiento en uso, parecen eficaces porque se logran productos no perjudiciales a la salud de las personas y de los animales, siempre que los nutrimentos de la dieta total estén debidamente balanceados.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Es necesario reevaluar el contenido en azúcares en la raíz de yuca y el efecto que sobre éste ejerce el procesamiento.
2. Deben completarse los análisis que permitan determinar los ámbitos normales de minerales y de vitaminas existentes en las raíces y en el follaje de la yuca y de productos procesados.
3. Debe evaluarse como interactúan diferentes factores (genéticos, fertilización mineral, ecológicos) solos o combinados sobre la toxicidad de la yuca.
4. Deben continuarse los estudios sobre la utilización de la proteína del follaje de la yuca por diferentes especies de animales domésticos y procedimientos para mejorar su valor biológico.
5. Es de urgente necesidad reevaluar el contenido en proteína (N total) en las harinas integrales de las raíces tuberosas de yuca para uso en la alimentación animal. Gran parte de los análisis efectuados hasta ahora se han hecho con raíces descortezadas y destinadas a la industria del almidón.

BIBLIOGRAFIA

1. ADRIAENS, E. L. Recherches sur la composition en acides aminés des protéins d'aliments végétaux du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Acad. Roy. Colon. Cl. des Sci. Nat. et Med. Mem. 3 (33):3-102. 1955.
2. ALBA, M. G. A study of different varieties of cassava for hog feeding purposes. Philippine Agric. 25:782-795. 1937.
3. ASSIS, F. P. et al. Effect of giving roots and tubers as a supplement in winter for feeding lactating cows. São Paulo, Bol. Indust. Animal. 20:55-61. 1962.
4. BARRIOS, E. A. y BRESANI, R. Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca, *Manihot esculenta*, Turrialba, 17:314-320. 1967.
5. BISSET, F. H. et al. Cyanogenesis in manioc concerning lotaustralin. Phytochemistry 8:2235-2247. 1969.
6. BRUIJN, G. H. de. The cynogenic character of cassava (*Manihot esculenta*). London, Proc. Interdisciplinary workshop, 43-48. 1973. (Monograph IDRC-010e).
7. BUSSON, F. Plantes alimentaires de l'ouest Africaine. Marseille, Leconte, 1965. pp. 164-174.
8. BUTLER, G. W. The distribution of the cyanoglucosides linamarin and lotaustralin in higher plants. Phytochemistry 4:127-131. 1966.
9. CIAT. Sistemas de producción de yuca. Informe anual. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1972. pp. 48-90.
10. COLLENS, A. E. Bitter and sweet cassava hydrocyanic acid contents. Trinidad and Tobago, Bull. Dept. Agric. 14(2):54-56. 1915.
11. CONN, E. E. Cyanogenic glycosides. Agricultural Food and Chemistry 17(3):519-526. 1969.
12. COSBY, E. L. y SUMMER, J. B. Cassava. Rhodanese Arch. Biochem. 7:457-460. 1945.
13. CHADHA, Y. R. Sources of starch in Commonwealth Territories. London, Tropical Sciences 3(3):101-113. 1961.
14. CHOO, T.L.K. y HUTAGALUNG, R. L. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilissima*) for swine. Malayan. Agr. Res., 1:38-47. 1972.
15. DOKU, E. V. Cassava in Ghana. Accra, Ghana University Press, 1969. 44 p.
16. EGGUM, B. O. Aminosyrekoncentration eg Proteinkualitet Kobenhavn stoergaards Forlag. 1968. pp. 76,9 33,65.
17. ————. The protein quality of cassava leaves. Brit. Jour. Nutr. 24:761-768. 1970.
18. EHRLICH, P. R. y EHRLICH, A. H. Population resources environment. San Francisco, Freeman, 1970. 383 p.
19. EWELL, E. E. y WILLEY, H. W. Sur les produits de la cassave. Paris, Jour. Pharm. Chim, Ser. 5. 29:44. 1894.
20. HILL, D. C. Chronic cyanide toxicity in domestic animals. London, Proceedings interdisciplinary workshod. 1973. pp. 105-111. (Monograph IDRC-010e).
21. HILL, F.W., ANDDERSON, D.L., RENNER, R. y CAREW, L. B. Studies of the metabolizable energy of grain and grain products for chickens. Poultry Sci. 39:579-583. 1960.

22. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES VETERINARIAS. Informe Anual. Maracay, Venezuela, 1973. 50 p.
23. JALALUDIN, S. y YIN, O. S. Hydrocyanic acid (HCN) tolerance of the hen. *Malayan Agr. Res.* 1:77. 1972.
24. JOHNSON, R. M. y RAYMOND, W. D. The chemical composition of some tropical food plants. London, IV Manioc. *Tropical Sci.* 7(3):109-115. 1965.
25. KOCH, L. Cassaveselectie. Wageningen, H. Veenman and Zonen, 1954. 71 p.
26. LANG, S. Die rhodanbildnny in Tierkorper. *Biochem. Z.* 259:243-247; 262-266. 1933.
27. LUYKEN, R., GROOT, A P. de, y VAN STRATUM, P.G.C. Nutritional value of foods from New Guinea. 2. Net protein utilization. *Utrecht Central Inst. Nutr. and Food Res., T.N.O.,* 1961. 18 p.
28. MAC. Anuario Estadístico Agropecuario 1972. Caracas, Venezuela, 1973. pp. 170-177.
29. MANER, J. H., BUITRAGO J., y JIMENEZ, I. Utilization of cassava in swine feeding. Trinidad, *Int. Symp. Trop. Root. Crops. Proc.* 2(6):62. 1967.
30. ———. y JIMENEZ, I. Complementación de varios suplementos proteicos a utilizar con yuca fresca para cerdos en crecimiento y acabado, (día de campo sobre porcinos), Palmira, Colombia Instituto Colombiano Agropecuario, 1967. 20 p.
31. ———. BUITRAGO, J., y GALLO, J. T. Protein source for supplementation of fresh cassava (*Manihot esculenta*) rations for growing and finishing swine. *Jour Animal Sci.* 31:208. (Abstr). 1970.
32. ———. Alimentación de cerdos con raciones a base de yuca. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, (Bol. técnico no. 9), 1971. 10 p.
33. ———. La yuca en la alimentación del cerdo. In: Sistema de producción porcina en América Latina. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1972. pp. 18-21.
34. ———, y GOMEZ, G. Implication of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations in chronic cassava toxicity. London, *Proc. interdisciplinary workshop,* 1973. pp. 113-120. (Monograph IDRC-010e).
35. ———, y BUITRAGO, J. Utilización de yuca en dietas para crecimiento y acabado de cerdos. Cali, Colombia, 2o. Congreso Nacional Industria Porcina, 1974. 9 p.
36. MATHUR, M. L., SAMPATH, S. R., y GHOSH, S. N. Studies on tapioca effect of 50 and 100% replacement of oats by tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian Jour. Dairy Sci.* 22:193-199. 1969.
37. MAUST, L. E., WARNER, R. C., POND, W. C., y MCDOWELL, R. E. Rice bran-cassava meal as a carbohydrate feed for growing pigs. *Jour. Animal Sci.,* 29(1):140. 1969.
38. ———, SCOTT, M. L., y POND, W. C. The metabolizable energy of rice bran, cassava flour and blachey cowpeas for growing chickens. *Poultry Sci.* 51:1397-1401. 1972.
39. MONDONEDO, M. A. y BAYAN, P.V. A comparative study of corn and cassava as feeds for hogs. *Philippine Agric.* 15:523-531. 1927.

40. ———. Comparative study of corn and cassava as feeds for hogs. II. Ground corn vs raw chopped cassava. *Philippine Agric.* 17(2):105-107. 1928.
41. ———, y ALONTE, F. A comparative study of corn, cassava, sweet potatoes and pongapong as feeds for swine. *Philippine Agric.* 20:113-119. 1931.
42. MONTALDO, A. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. IICA, Lima, Perú. 1972. 284 p. (Serie de Textos y Materiales Educativos no. 21).
43. ———. Importancia de la yuca en el mundo actual con especial referencia a Venezuela. In: Primer Seminario Nacional sobre yuca. Universidad Central de Venezuela, Revista Facultad de Agronomía, (Maracay), Alc. 22, 1973. pp. 17-40.
44. ———, MONTILLA, J. J. Producción de follaje de yuca. Universidad Central de Venezuela, Revista Facultad de Agronomía (Maracay) Alc. 24:31-51. 1976.
45. MONTILLA, J. J., MENDEZ, C. R., y WIEDENHOFER, H. Utilización de la harina de tubérculo de yuca (*Manihot esculenta*) en raciones iniciadoras para pollos de engorde. Caracas, Archiv. Latinoamericanos Nutric. 19:381-388. 1969.
46. MULLER, Z., CHOU, K. C., y NAH, K. C. La yuca como sustituto total de cereales en las raciones del ganado y de las aves de corral. Roma, FAO, Rev. Mundial Zootecnia 12:19-24. 1974.
47. MUÑOZ, G. A. y CASAS, I. Contenido de ácido cianhídrico en raíces y hojas de clases amargas de yuca (*Manihot esculenta*), Turrialba 22:221-223. 1972.
48. NARTEY, F. Studies on cassava, (*Manihot utilissima*). II. Biosynthesis of asparagine-14C from 14 labelled hydrogen cyanide and its relations with cyanogenesis. *Physiologia Pl.* 22:1085-1096. 1969.
49. OKE, O. L. Cassava. *West African Sci. Ass.* 2:42. 1966.
50. ———. Leaf protein research in Nigeria: a review. London, *Trop. Sci.* 15:139-155. 1973.
51. OLSON, D. W., SUNDE M. L., y BIRD, H. R. The metabolizable energy content and feeding value of mandioca meal in diets for chicks. *Poultry Sci.* 51:1397-1401. 1969.
52. ———, SUNDE, M. L., y BIRD, H. R. Aminoacid supplementation of mandioca meal chick diets. *Poultry Sci.* 48:1949-1953. 1969.
53. OYENUGA, V. A. The composition and nutritional value of certain feeding stuffs in Nigeria. *Oxford, Empire Jour. Exp. Agric.* 23:81-95. 1955.
54. PEIXOTO, R. R. Comparación de harina de yuca y de maíz como alimento para cerdos en crecimiento y de engorde. Pelotas, Escuela de Agronomía E. Maciel, 1965. 19 p.
55. RIOS, M., PATERNINA O. y ESTRADA, N. Informe sobre las investigaciones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Colombia. In: 1^o. Encontro de Engenheiros Agronomos Pesquisadores em Mandioca dos Países Andinos e do Estado de Sao Paulo, 1970. pp. 7-10 (Anexo).
56. ROGERS, D. J. Cassava leaf protein. Baltimore, *Econ. Bot.* 13(3):261-263. 1959.
57. ———, y MILNER, M. Aminoacid profile of manioc leaf protein in relation to protein value. Baltimore, *Econ. Bot.* 17(3):211-216. 1963.

58. ROSS, E. y ENRIQUEZ, F. Q. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Sci.* 48:846-853. 1969.
59. SAUNDERS, J. P. y HINWICH, W. A. Properties of the transulfurase responsible for the conversion of cyanide to thiocyanate. *American Jour. Physiol.* 163:404-411. 1948.
60. SILVA, R. S. da. O programa de investigação sobre mandioca no Brasil. In: *Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores em Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo.*, 1970. pp. 61-72.
61. SINHA, S. K. y NAIR, T.V.R. Studies on the variability of cyanogenetic glucoside content in cassava tubers. *Indian Jour. Agric. Sci.* 38:958-963. 1968.
62. TARANENKO, V.I. Hydrocyanic acid and sugar in millet. *Dokl. Akad. Sil'skhoz. Nauk.* 23:25-28. 1958.
63. TEJADA, I. y BRAMBILA, S. Investigaciones acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. *Técnica Agropecuaria en México* no. 12-18:5-11. 1969.
64. TERRA, G.S.A. The significance of leaf vegetables, specially of cassava in tropical nutrition. *Trop. Geog. Medicine* 16(2):97-108. 1964.
65. VAN VEEN, A.G. Nover cassava-bladeren een hoogwaardige bladgroente. *Teneesk. Tijdschr. Nederland-Indie* 78(41):2548-2542. 1938.
66. VELLOSO, L.A., et al. Reemplazo parcial y total de maíz por yuca en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. *São Paulo, Bol. Indust. Animal* 23:342-358. 1965/1966.
67. VOGT, H. The use of tapioca meal in poultry rations. *World's Poultry Science Journal* 22:113-125. 1966.
68. WILLEY, H. Cassava. *Bioderm. Centralbl. Agric. Chem.* 18:572. 1889.
69. WILSON, J. Cyanide and human diseases. London, Proc. interdisciplinary workshop, 1973. pp. 121-125. (Monograph IDRC-010e).
70. WILLIAMS, A. O., y OSUNTOKUM, B.O. Peripheral neuropathy in tropical (nutritional) ataxia in Nigeria. *Archiv. Neurology* 21:475-492. 1969.
71. WOLF, D.D. y WASHKO, W.W. Distribution and concentration of HCN in a sorghum-sudan grass hybrid. *Agronomy Jour.* 59:381-382. 1967.
72. WU LEUNG, WOOT-TSUEN y FLORES, M. Tabla de composición de alimentos, para uso en América Latina. Guatemala, Instituto de Nutrición Centroamérica y Panamá, 1961. 132 p.

CAPITULO 5

FACTORES AMBIENTALES

LUZ

La yuca es una planta que crece bien en condiciones de plena luz. Sus rendimientos dependen en primer lugar de este factor, que juega un papel esencial en la fotosíntesis y en las reacciones fotoperiódicas.

FOTOSINTESIS

Dos aspectos de la fotosíntesis que se deben determinar en la yuca, de los cuales no hay antecedentes, son: 1) la cantidad total de luz apropiada para la fotosíntesis, y 2) la cantidad de luz que el cultivo está en condiciones de aprovechar. La primera sirve para determinar el límite máximo de crecimiento del cultivo, ya que 90-95% de la materia seca de la planta proviene de la fotosíntesis.

De acuerdo a estudios citados por Williams y Joseph⁹ las plantas sólo convierten un 10% de la energía solar en energía química bajo la forma de sustancias orgánicas; pero, en la práctica el aprovechamiento llega apenas a un 2% lo que corresponde a 50 toneladas de materia seca total por hectárea y por año.

De las razones generales que dan Williams y Joseph⁹, para una baja eficiencia de conversión de la luz, a continuación se detallan las que valen para el cultivo de la yuca:

- a. La demora de 3-4 meses que la planta nueva, proveniente de una estaca, emplea en cubrir el suelo. Durante este período hay un espacio descubierto y gran parte de la energía radiante no puede ser aprovechada por el cultivo.
- b. Limitaciones en el proceso fotosintético debido a insuficiente disponibilidad de CO₂ en la atmósfera, uso reducido de la luz por la superficie foliar y por otras superficies fotosintéticas.

- c. Bajos contenidos en humedad, que pueden imponer limitaciones en el uso de la luz, afectando la disponibilidad de CO₂, por cierre de los estomas, y otras funciones de la planta.
- d. La escasa disponibilidad de nutrimentos en forma inmediatamente aprovechable por la planta, que pueden limitar el uso total de la luz.

FOTOPERIODO

La yuca es una planta típica de fotoperíodo corto: 10-12 horas. Estudios hechos por Boulhuis² al comparar seis variedades bajo diversas condiciones de iluminación dan los resultados mostrados en el Cuadro 5.1.

CUADRO No. 5.1. Peso de las raíces reservantes a la cosecha por planta en Kg, bajo diversos períodos de iluminación (Boulhuis²).

Cultivar	Períodos de iluminación			
	10 h	10+2 h	10+4 h	10+6 h
Basiorao	550	610	165	55
Betawi	548	1105	160	158
Bogor	330	380	520	185
Mangi	415	690	65	0
Sao Paulo	560	580	244	55
Sao Pedro Preto	1110	643	268	260

El Cuadro 5.1 muestra que 10 + 2 h (10 horas de luz natural + 2 horas de luz artificial) es el período más favorable de iluminación para producción de raíces reservantes por la planta de yuca. Muestra además, la gran caída del rendimiento, al pasar el largo de la iluminación de 12 a 14 y 16 horas. Los rendimientos obtenidos con 10 horas de iluminación son satisfactorios.

Mogilner⁷, en Corrientes, Argentina, en plantas de yuca de cuatro meses de edad que habían sido sometidas a 6, 10, 12 y 14 horas de luz, encontró algún desarrollo en las raíces reservantes en las plantas que habían tenido 10 horas de iluminación, a éstas le siguieron las que tenían 6 horas, no habiendo formación de raíces reservantes en las plantas sometidas a 12 y 14 horas.

Si se considera que la yuca se cultiva en la amplia faja que va desde 30°N hasta 30°S, se podrá observar que las duraciones astronómicas de la insolación (longitud del día) presentan diferencias marcadas. Angladette¹ indica longitud del día para distintas regiones ecuatoriales, tropicales y subtropicales.

CUADRO No. 5.2. Duración extrema de los días en horas a diversas latitudes (Angladette¹).

Región	Latitud grados	Duración extrema del día horas
Ecuatorial	0-10	11,4 – 12,7
Tropical	10-20	10,9 – 13,3
Subtropical	20-30	10,2 – 14,0

El Cuadro 5.3 muestra el agrupamiento en las regiones ecuatoriales, tropicales y subtropicales de los principales países productores de yuca y sus respectivos rendimientos medios.

CUADRO No. 5.3. Ubicación de los principales productores de yuca en algunas regiones geográficas-climatológicas indicándose su rendimiento medio. (Información tomada del Anuario de Producción, FAO⁴).

Región	Países	Rendimiento medio Ton/Ha
Ecuatorial 0-10° L	Perú*	13,3
	Ecuador	9,8
	Brasil*	14,7
	Colombia	10,0
	Venezuela	8,0
	Indonesia	7,4
	Malasia	8,8
	Sri Lanka	5,6
	Filipinas*	3,5
	Gabón	2,6
	Congo	4,1
	Zaire	12,9
	Tanzania	7,5
	Ruanda	8,7
	Burundi	8,5
Kenia	6,7	
Angola	13,1	
Promedio		7,4

(*) Indica que el país está en más de una región.

Continúa en página siguiente

CUADRO No. 5.3. Cont.

Región	Países	Rendimiento medio Ton/Ha
Tropical 10-20° L	Bolivia	12,0
	Brasil*	14,7
	Perú*	13,3
	Haití	4,0
	Rep. Dominicana	11,4
	Angola	13,1
	Chad	3,1
	Guinea	10,0
	Madagascar	6,7
	Mali	16,7
	Niger	5,0
	Nigeria	9,9
	Senegal	4,0
	Zambia	3,1
	Filipinas*	3,5
India*	16,7	
Tailandia	16,3	
Vietnam	7,7	
Promedio		9,2
Subtropical 20-30° L	Argentina	10,0
	Brasil*	14,7
	Cuba	11,4
	Paraguay	14,8
	Madagascar	6,7
	Mozambique	4,8
	China	15,7
	India*	16,7
Promedio		11,7

(*) Indica que el país está en más de una región.

Los valores del Cuadro 5.3, muestran una contradicción con los resultados de Bolhuis², ya que el promedio de los rendimientos de la región ecuatorial, con 11,4 a 12,7 horas de iluminación, son inferiores a los de la región tropical y a los de la región subtropical. En la

región subtropical, casi la mitad de los días del año están alejados del valor óptimo 12 obtenido por Bolhuis.

Los rendimientos medios de los países, están condicionados a la presencia o falta de tecnología en el cultivo, y el largo del período vegetativo, que va desde los 10 a los 24 meses, sin embargo mostraría que los diversos cultivares de yuca tienen una capacidad de adaptación a condiciones entre 10 y 14 horas de iluminación.

PRECIPITACION

La yuca se adapta a diversas condiciones de humedad.

CUADRO No. 5.4. Posición competitiva de la yuca con otros cultivos bajo diversos regímenes de lluvia (Jones⁶).

Estación seca	Promedio anual lluvia mm	Variabilidad anual lluvia	Posición competitiva de la yuca comparada con otros cultivos	
			Yuca	Otros cultivos
Presente	Menos 750 mm	Alta	Pobre	Cultivos resistentes a sequía, bien Yuca difícil establecimiento
Presente	750-1250 mm	Alta	Buena	Cultivos resistentes a sequía, bien Yuca crece bien
Presente	Más 1250 mm	Moderada	Regular	Cultivo no resistente a sequía, bien Yuca crece bien
Ausente	Más 1000	Moderada	Regular	Cultivo no resistente a sequía, bien Yuca crece bien

TEMPERATURA

Según Bolhuis³, la temperatura media puede llegar a 30°C, pero no debe bajar de 16°C porque a esa temperatura, todo crecimiento se detiene. El señala que los rendimientos máximos se obtienen a 25-27°C siempre que haya suficiente humedad disponible en el período de crecimiento. Cuando ocurren bajas temperaturas acompañadas de períodos lluviosos, aún en las tierras bajas tropicales, aparecen

deformaciones en las hojas nuevas parecidas en sus síntomas a los producidos por el mosaico.

Existe cierta diferencia entre las variedades en cuanto a su resistencia a las bajas temperaturas, y se está tratando de formar variedades tolerantes al frío, para su cultivo a grandes altitudes en el trópico y para avanzar al sur y al norte en las regiones subtropicales.

En general los períodos con temperaturas favorables al cultivo de la yuca en los climas tropicales-húmedos son continuos durante todo el año, lo que hace a estas regiones de alta productividad potencial, cuando se las compara con las regiones subtropicales en que también se cultiva yuca, pero existe un período con temperaturas bajo + 16°C, en que no se observa crecimiento de las plantas.

El Cuadro 5.5 muestra los promedios anuales de temperaturas y las temperaturas mensuales promedios de Enero y Julio, en fajas paralelas a los trópicos. La comparación de los promedios anuales muestra valores superiores entre 2 y 3°C entre el hemisferio norte y el hemisferio sur. Al comparar los valores mensuales de Julio del hemisferio norte y Enero del hemisferio sur (verano astronómico) las diferencias entre el norte y el sur se van acentuando desde los 10° hasta los 30°, en que esta diferencia llega a 12,6°C. Los valores de Enero del hemisferio norte y Julio del hemisferio sur (invierno astronómico) son bastante parejos.

CUADRO No. 5.5. Temperatura promedio en grados centígrados en fajas paralelas a los trópicos (Schimper⁸).

Período del año	LATITUD													
	NORTE							SUR						
	30°	25°	20°	15°	10°	5°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	
Anual	20,3	23,7	25,7	26,3	26,4	26,1	26,0	25,5	25,0	24,2	22,7	20,9	16,6	
Verano	Julio							Enero						
	27,3	28,0	28,1	27,9	26,7	26,1	26,0	26,1	25,7	25,7	25,2	24,7	21,8	
Invierno	Enero							Julio						
	14,5	18,4	21,7	23,9	25,7	26,2	26,0	24,9	24,0	22,6	20,5	18,1	14,7	

En la Fig. 8 puede observarse el climógramas de dos localidades donde se cultiva yuca con buenos resultados económicos. La distribución especial de los puntos entre los ejes coordenados (temperatura y precipitación) indica, una amplia gama de posibilidades para las combinaciones de los índices expuestos que no son condiciones limitan-

tes. Es decir, un mayor espectro de dispersión puede encontrarse considerando situaciones extremas.

La Fig. 9 presenta climógramas de las dos localidades anteriores, donde puede observarse el número de meses ecosecos definidos según el principio de Gausse⁵.

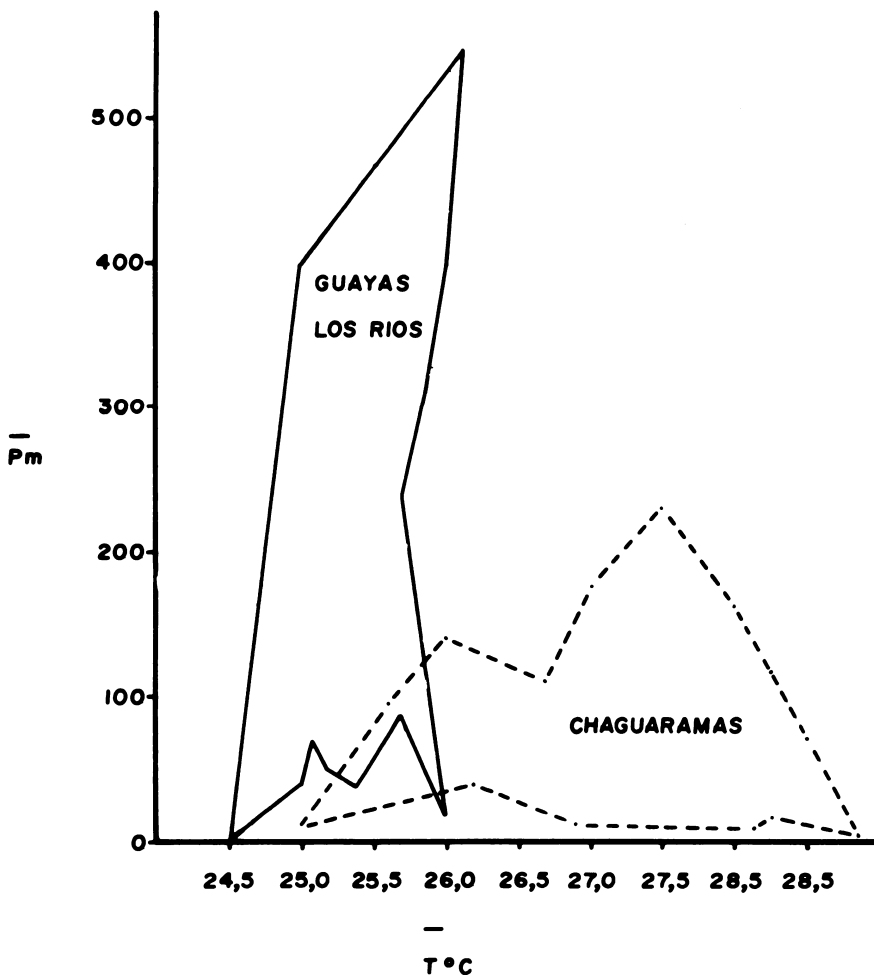


Fig. 8. Climograma de dos localidades en que se cultiva normalmente yuca, Guayas, Los Ríos, Ecuador y Chaguaramas, Guárico, Venezuela. Obsérvese la amplia gama de posibilidades de temperatura y precipitación pluvial.

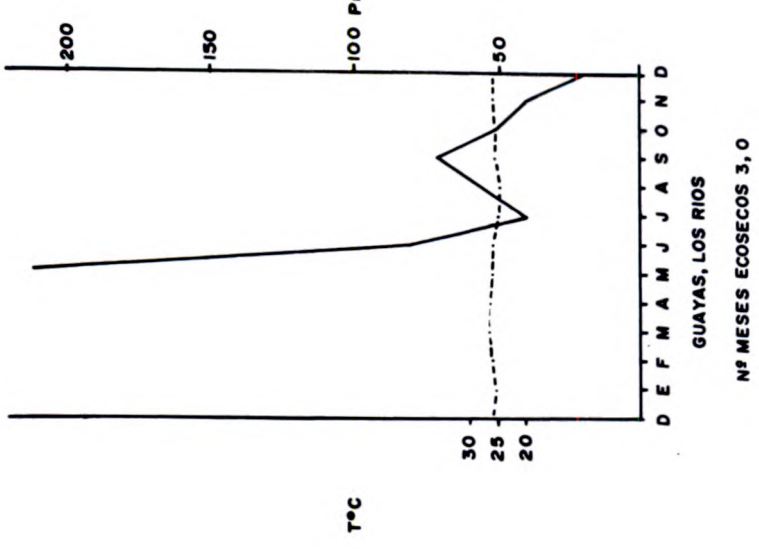
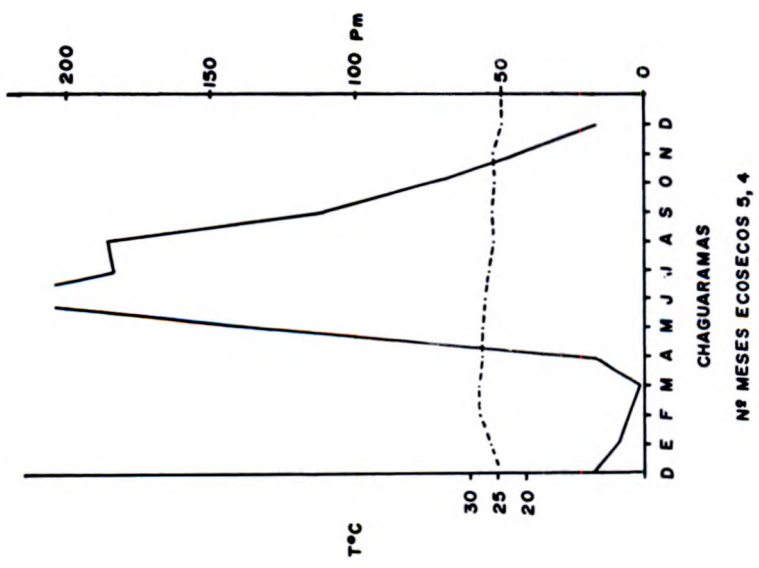


Fig. 9. Climograma de Guayas, Ecuador y Chaguaramas, Venezuela, en que puede observarse el número de meses ecosecos.

Un mes es ecoseco cuando se cumple que: $P_m \leq 2t^\circ\text{C}$

donde P_m = precipitación mensual en mm

t = temperatura media mensual en $^\circ\text{C}$

El número de meses ecosecos es de 3,0 y 5,4 para las estaciones anteriores, respectivamente.

De haberse realizado un balance dinámico de agua en el suelo, donde interviniera como uno de sus ingredientes principales el almacenamiento de agua en el mismo, la diferencia entre estaciones según la nueva caracterización agroclimática, sería más drástica.

VIENTO

El viento es desfavorable cuando las plantas ya están desarrolladas y muchas veces suele causar la tendidura o tumbada de un cultivo. Sin embargo, cuando el factor viento es limitante, no lo es solamente para la yuca, sino también para otros cultivos adyacentes; esto depende de la intensidad del fenómeno.

El viento también actúa cambiando el contenido en CO_2 disponible en la zona de las hojas y el déficit de saturación de aire en la superficie de las hojas.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Estudios de iluminación y fotosíntesis.
2. Estudios de efecto del fotoperiodismo en el rendimiento de la yuca.
3. Estudios de efecto del fotoperiodismo en la florescencia y producción de frutos de la yuca.
4. Estudios de precipitación y humedad en el suelo.
5. Estudios de evapotranspiración.
6. Estudios de temperaturas mínimas, óptima y máxima para el buen desarrollo del cultivo de yuca.
7. Estudios del efecto del viento en la estructura de la planta y en la fotosíntesis de la planta de yuca.

BIBLIOGRAFIA

1. ANGLADETTE, A. El arroz. Barcelona, Editorial Blume, 1969. p. 140.
2. BOLHUIS, G.G. Influence of length of the illumination period on root formation in cassava (*Manihot utilissima* Pohl). Netherlands Journal Agric. 14:251-254. 1966.
3. _____. Comunicación personal. Wageningen, 1973. 12 p.
4. F.A.O. Anuario de producción 1972. Roma, 1973. pp. 186-218.
5. GAUSSEN, H. Théories et classification des climats et microclimats. In: 8ème. Congres International de Botanique, Paris, 1954. Sect. 7-8 pp. 125-130.
6. JONES, W.O. Manioc in Africa. Palo Alto, California, Stanford University, 1959. 315 p.
7. MOGILNER, I., ORIOLI G.A., y BLETTLER, C. Ensayo de topofisis y fotoperiodismo en mandioca. Corrientes, Bonplandia 2(15):265-272. 1967.
8. SCHIMPER, A.F.W. Plant Geography upon a physiological basis. Oxford, Clarendon Press, 1903. 839 p.
9. WILLIAMS, C.N. y JOSEPH, K.T. Climate, soil and crop production in the humid tropic. Kuala Lumpur, Oxford University Press, 1970. 177 p.

CAPITULO 6

ECOLOGIA

CLASIFICACION ECOLOGICA DE LA YUCA

La yuca produce en condiciones satisfactorias a una temperatura de 24°C y sobre ésta, con una precipitación pluvial de 800-2.000 mm en suelos clasificados como oxisoles, ultisoles, alfisoles o entisoles, y con valores de pH 6-7.

En los trabajos revisados por García y López², Henaín y Cenoz⁵, Jones⁶ y Montaldo⁸ no se indican las condiciones ecológicas óptimas para la obtención de rendimientos económicos.

García y Montaldo³ estudiaron en Maracay, Venezuela, el comportamiento de ocho variedades de yuca, con los siguientes resultados: las variedades fueron plantadas en ensayos de rendimientos, durante el período 1962-1968 y se cosecharon a los 12 y 18 meses, según se indica en cada caso. El perfil del suelo en que se realizaron los cultivos posee las siguientes características:

0-30 cm franco, gris oscuro. No calcareo. pH: 6,5-6,9. Consistencia media, firme, ligeramente plástico y pegajoso. Contenido regular de materia orgánica: 2,28%. Conductancia eléctrica 30. Capacidad de campo: 22,3%. Contenido regular de calcio, potasio y nitratos, y contenido bajo de fósforo.

30-70 cm franco arenoso, pardo claro. No calcareo, pH: 8,9. Sin estructura. Consistencia friable. Contenido bajo de materia orgánica: 0,4%. Contiene menos elementos nutritivos que el anterior.

Esta zona está sometida a fuertes déficits de agua durante el año. Ocasionalmente se presentan excesos, pero éstos son escasos. La distribución de la precipitación pluvial promedio, a causa de algunas de las situaciones sinópticas que afectan a la región se puede representar así:

Estación seca	Estación lluviosa	Estación "Nortes"*
Diciembre-Abril 81 mm	Mayo-Agosto 600 mm	Setiembre-Noviembre 299 mm

(*) Período de lluvias cortas e intensas, llamado así por la dominancia que tienen los vientos de ese origen, que las provocan.

En Maracay, la precipitación promedio es de 980 mm anuales. Durante el período de estudio, la máxima precipitación ocurrió en 1964 y fue de 1133 mm y la mínima fue de 684 mm en 1967. Dentro de esta variabilidad, se puede concluir que el año 1964 fue lluvioso y 1967 muy seco. Es decir, que el cultivo estuvo sometido a puntos casi extremos, en cuanto a índice de precipitación. Sin embargo como se trabajaba con un cultivo determinado, el estudio de sus valores o índices, su relación con el clima, y su posterior zonificación, exigió para resolver el problema, la adopción de los índices agroclimáticos específicos del mismo.

En este estudio se tuvo en cuenta, el régimen hídrico caracterizado por los valores de la magnitud de la deficiencia y el exceso de agua en el suelo, como influyentes en los rendimientos del cultivo y selectivo en cuanto al uso de las distintas variedades.

El balance de agua en el suelo observado y el calculado coincidieron con bastante precisión cuando se introdujeron variantes decisivas en su apreciación agroclimáticas. Estas son:

- Uso de una fórmula de evapotranspiración adecuada a los niveles tropicales.
- Almacenamiento de agua calculado en función de las propiedades físicas del suelo en el lugar de estudio.
- Variantes propias del cultivo, como su profundidad radicular, etc.

La fórmula aplicada de García y López² es la expresión:

$$ETP = 1,21 \times 10 \frac{7,45 t}{234,7 + t} \times (1 - 0,01 HR) + 0,21t - 2,3$$

ETP = Evapotranspiración potencial

t = Temperatura media en °C.

$$HR = \text{Humedad relativa} = \frac{HR \text{ 8,00 hs} + HR \text{ 14,00 hs}}{2}$$

La aplicación de esta fórmula presenta valores más precisos al compararlos con los otros métodos de uso actual (García y Legardá⁴, Legarda y Forsythe⁷).

La profundidad radicular óptima (90% de la absorción) fue de 30 cm aproximadamente.

En los Cuadros 6.2 al 6.8, se observan los balances hidrológicos de los 84 meses del estudio.

Se presentan los valores de evapotranspiración potencial, almacenamiento de agua en el suelo, evapotranspiración real, y las magnitudes de deficiencia y exceso.

CUADRO No. 6.1. Principales características de las ocho variedades de yuca utilizadas.

No. introducción	Raíces reservantes			Peso (harina) Kg x planta fresca	% sólidos totales	Composición de harina %					Contenido HCN μ g/g peso fresco			
	Altura planta metros	Densidad follaje cm	Número			Largo cm	Diámetro cm	Almidón	Proteína	Grasa	Fibra	Hojas	Corteza	Médula
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2001	2,60	32	14	23	6,8	4,0	43,0	69,7	5,5	0,94	0,7	140	610	100
2003	2,05	45	10	27	5,6	3,1	31,9	70,0	4,1	1,10	0,7	140	220	30
2015	2,50	58	8	45	7,0	4,0	43,2	64,8	2,1	0,59	0,2	160	270	20
2028	2,50	39	6	20	7,0	3,2	43,2	75,6	1,8	0,49	0,9	240	480	20
2029	2,40	100	8	34	9,0	5,5	28,1	72,2	2,1	0,59	0,8	210	540	0
2030	2,92	54	10	25	6,0	6,3	35,8	80,7	2,5	0,96	1,5	270	810	40
2062	2,65	32	15	29	5,5	4,0	42,4	70,7	1,7	0,52	1,5	240	30	0
2110	2,20	35	6	28	4,4	3,0	33,2							

- 1) Número que corresponde al Registro de Introducciones de la Sección Raíces y Tubérculos, Facultad de Agronomía, Universidad Central (Maracay, Venezuela).
- 2) Altura total de la planta desde el suelo hasta el ápice.
- 3) Altura de la "copa", es decir la parte cubierta por ramas y hojas.
- 7) Resultado promedio del peso de 10 plantas realizado en un año.

CUADRO No. 6.2. Balance hidrológico.

LOCALIDAD: Maracay VENEZUELA Latitud: 10°15'00" N Longitud: 67°36'07" O. Año 1962
 Suelo: franco Vegetación: Yuca Altura: 450 m.s.n.m. Capacidad de saturación: 200 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem- bre	Octubre	Noviem- bre	Diciem- bre	Annual
1. Temperatura °C	22,7	23,4	25,4	26,2	26,1	24,8	24,3	24,5	25,3	25,6	24,5	23,2	24,7
2. Humedad* relativa %	66	60	58	53	69	73	74	75	72	70	70	60	67
3. Evapotransp. diaria	4,23	4,90	5,74	6,20	5,13	4,68	4,40	4,40	4,83	4,96	4,64	4,73	-
4. Evapotransp. poten.	131	137	178	186	159	140	136	136	145	154	139	147	1788
5. Precipitación mm	0	0	112	5	69	130	151	252	99	76	54	17	875
6. Diferencia P EP	-131	-137	-66	-181	-90	-10	+15	+116	-46	-78	-85	-130	
7. Suma diferencia negativa									-46	-136	-221	-351	
8. Almacenamiento	18	12	6	4	3	1	15	131	104	70	45	23	
9. Variación de almacenamiento	12	6	6	2	1	2	-	-	27	34	25	22	
10. Evapotransp. real	12	6	118	7	70	132	136	136	126	110	79	39	971
11. Deficiencia	119	131	60	179	89	8	0	0	19	44	60	108	817
12. Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(*) Humedad relativa media de las horas diurnas corresponde a $\frac{HR\ 8,00\ hs + HR\ 14,00\ hs}{2}$

CUADRO No. 6.3. Balance hidrológico.

LOCALIDAD: Maracay VENEZUELA	Latitud: 10° 15' 00" N. Suelo: franco	Longitud: 67° 36' 07" O. Vegetación: yuca	Altura: 450 m.s.n.m. Capacidad de saturación: 200 mm	Año 1963											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual		
1. Temperatura °C	23,0	23,5	23,6	25,5	25,0	25,2	24,5	25,3	25,2	25,3	24,6	24,0	24,6		
2. Humedad relativa, %	66	64	58	65	78	72	75	74	73	71	71	64	69		
3. Evapotransp. diaria	4,40	4,67	5,02	5,23	4,30	4,68	4,40	4,70	4,68	4,96	4,52	4,84			
4. Evapotransp. poten. 136	131	156	157	157	133	140	136	146	140	154	136	150	1715		
5. Precipitación mm	0	0	2	77	244	132	104	170	172	23	68	5	946		
6. Diferencia P EP	-136	-131	-154	-80	+111	-8	-32	+24	+32	-131	68	-145			
7. Suma diferencia negativa	-487	-618	-772	-852		-8	-40			-131	-199	-344			
8. Almacenamiento	12	6	2	1	112	108	92	116	148	78	55	27			
9. Variación de almacenamiento	10	6	4	1		4	16			70	23	30			
10. Evapotransp. real	10	6	6	78	133	138	120	146	140	93	91	35	996		
11. Deficiencia	126	125	150	79	0	2	16	0	0	61	45	115	719		
12. Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

CUÁDRO No. 6.5. Balance hidrológico.

LOCALIDAD: Maracay VENEZUELA	Latitud: 10° 15' 00" N. Suelo: franco	Longitud: 67° 36' 07" O. Vegetación: Yuca	Altura 450 m.s.n.m. Capacidad de saturación: 200 mm	Año 1965									
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem- bre	Octubre	Noviem- bre	Diciem- bre	Annual	
1. Temperatura °C	22,9	23,4	25,0	24,5	26,1	24,5	24,0	24,7	25,1	25,2	24,8	24,4	24,6
2. Humedad relativa, %	69	63	56	56	66	78	75	79	77	72	75	69	70
3. Evapotransp. diaria	4,28	4,79	5,69	5,87	5,40	4,15	4,25	4,15	4,30	4,68	4,55	4,76	
4. Evapotransp. poten.	133	134	176	176	167	125	132	129	129	145	137	148	1731
5. Precipitación mm	10	3	0	0	129	168	94	246	52	135	146	2	985
6. Diferencia P EP	-123	-131	-176	-176	-38	+43	-38	+117	-77	-10	+9	-146	
7. Suma diferencia negativa	-359	-490	-666	-842	-880		-38		-77	-87		-146	
8. Almacenamiento	33	17	7	2	2	45	37	154	104	99	108	52	
9. Variación de almacenamiento	27	26	10	5			8		50	5		46	
10. Evapotransp. real	37	29	10	5	129	125	102	129	102	140	137	48	993
11. Deficiencia	96	105	166	171	38	0	30	0	27	5	0	100	738
12. Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CUADRO No. 6.9. Resultados del comportamiento de ocho variedades de Yuca a los 12 y 18 meses de cultivo en cuanto a rendimiento en raíces reservantes, indicándose las deficiencias y excesos de agua en mm por ciclo de cultivo y el número de meses con deficiencia.

Ciclo de cultivo	Número meses	RENDIMIENTO EN TONELADAS POR HECTAREA										Deficiencia mm	Exceso mm	Número meses deficiencia		
		2001	2003	2015	2028	2029	2030	2062	2110							
17-3-62																
20-3-63	12	22,4	17,8	22,1	26,8	28,1	35,3	17,4	16,7	886	0	7				
7-4-63	12	16,2	4,9	17,7	12,1	11,2	7,3	21,2	11,7	910	0	8				
29-4-64																
4-6-64	12	20,0	6,3	21,7	17,6	14,5	11,5	12,1	12,5	691	123	7				
3-6-65																
7-4-63																
1-11-64	18	18,6	12,5	28,8	8,4	9,2	8,8	10,6	15,2	993	123	10				
18-6-65																
4-12-66	18	40,3	46,4	44,1	--	45,7	--	40,0	30,7	870	0	7				
23-1-67																
10-6-68	18	--	9,9	16,3	15,5	21,8	16,3	19,1	5,4	1328	0	13				

En el Cuadro 6.9, se resumen los valores de rendimiento, así como las deficiencias y los excesos totales de humedad como responsables de la intensidad del fenómeno, además se agregó en la última columna el número de meses con deficiencias mayores de 15 mm, como indicativo de su frecuencia. En los ciclos de 12 a 18 meses se observa la correspondencia que existen entre los rendimientos y dichos valores, pudiéndose explicar las mermas obtenidas en la producción. Así como también el efecto de los excesos, a los cuales la planta de yuca parece poco resistente. En cuanto al número de meses con deficiencia, se verá que su mayor frecuencia provoca una disminución de rendimiento.

Los rendimientos más altos ocurren con deficiencias relativamente bajas en esta zona.

Como información preliminar en el Cuadro 6.10 se esbozan los siguientes índices agroclimáticos y las distintas categorías, para su posterior zonificación:

CUADRO No. 6.10. Índices agroclimáticos que corresponden a la intensidad de la humedad (excesos) y de la sequedad (deficiencia) en el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*). (García y Montaldo³).

Deficiencias de agua (mm)	Excesos de agua (mm)	Denominación
1000	0	muy seco
700–1000	0 – 100	seco
400–700	100 – 200	subhúmedo
100–400	200 – 300	subhúmedo-húmedo
0	300	muy húmedo

El Cuadro 6.10 indica que no es recomendable establecer el cultivo de la yuca donde las deficiencias son mayores de 1000 mm para 0 mm de exceso, o donde los excesos son mayores de 300 mm para 0 de deficiencia. De acuerdo a los resultados pareciera que la condición subhúmeda es la óptima.

La variedad UCV 2110 escogida como testigo, presenta un valor medio en resistencia para condiciones adversas, y es en general de bajo rendimiento. La variedad UCV 2062, resultó resistente a déficits grandes, pero no a excesos de humedad. Si se observa el Cuadro 6.11, esta variedad es la de más bajo valor de densidad de follaje, lo que puede justificar esa resistencia a la sequía.

La variedad UCV 2015 es la más resistente a los excesos de agua, presenta también altos valores relativos para déficits grandes. En el

CUADRO No. 6.11. Ordenamiento por rendimiento en raíces tuberosas de 8 variedades de yuca cosechadas a los 12 y 18 meses en Maracay según déficit grande, exceso o déficit regular de humedad (de mayor a menor).

Orden	Déficit grande		Exceso		Déficit regular	
	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses	12 meses	18 meses
1	2062	2029	2015	2015	2030	2003
2	2015	2062	2001	2001	2029	2029
3	2001	2015	2028	2110	2028	2015
4	2028	2030	2029	2003	2015	2001
5	2110	2028	2110	2062	2001	2062
6	2029	2003	2062	2029	2062	2110
7	2030	2110	2030	2030	2003	---
8	2003	---	2003	2028	---	---

Cuadro 6.1, esta variedad muestra un buen porcentaje de sólidos totales en la harina. Estos tres caracteres la hacen apropiada para ser cultivada bajo condiciones adversas de humedad, ya sea por deficiencia o exceso.

La variedad UCV 2001, es de igual resistencia a los excesos de agua que la UCV 2015. La falta de registros de las cosechas entre estos valores casi extremos de exceso o deficiencia de humedad, impidieron analizar la marcha del rendimiento de variedades en condiciones cerca del óptimo. Sin embargo, se nota un alza relativa en los rendimientos de las variedades poco resistentes a las condiciones adversas al compararlas con las resistentes, estando las variedades más resistentes por debajo de las menos resistentes, para puntos medios de balance de agua.

En condiciones adversas las variedades UCV 2003 y UCV 2030, se presentan como las menos rendidoras.

Las variedades UCV 2028 y UCV 2029 presentan valores intermedios, junto con la variedad testigo UCV 2110.

El experimento anterior precisa el régimen hídrico que necesita la yuca, el que requiere una condición "subhúmeda". Los extremos donde se ubicarían las deficiencias de agua no deben ser mayores de 1000 mm para 0 mm de exceso y los excesos superiores a 300 mm para 0 mm de deficiencia. Otro punto importante, es la conveniencia de cultivar, no sólo una variedad de yuca resistente a deficiencias o excesos en una zona de escasa o alta precipitación, sino dos o más variedades separadas o mezcladas, resistentes a deficiencias y excesos para asegurar todos los años un rendimiento económico.

Debe aclararse que el valor extremo de “exceso de agua”, puede modificarse de acuerdo a las propiedades físicas del suelo que ejerzan influencias sobre las variedades, como: infiltración y drenaje interno, que puedan modificar sustancialmente los efectos negativos de dichos excesos.

CULTIVOS DE LA ZONA ECOLOGICA DE LA YUCA, ELEGIBLES PARA POSIBLE DIVERSIFICACION DE LA PRODUCCION

Se enumeran a continuación los posibles cultivos que pueden formar parte de un plan de diversificación en las regiones yuqueras, con fines de planificar la producción agrícola, según las condiciones de temperatura, pluviosidad, suelos y pH señalados como óptimos para la yuca.

CULTIVOS

Agave sisalana, Aleurites moluccana, Allium cepa, Annona reticulata, Annona squamosa, Antidesma bunius, Arachis hypogaea, Artocarpus altilis, Averrhoa bilimbi, Averrhoa carambola, Bixa orellana, Boehmeria nivea, Brassica nigra, Calathea allouia, Cananga odorata, Canna edulis, Carica papaya, Cassia occidentalis, Chloris virgata, Chrysophyllum caimito, Citrus aurantifolia, Citrus aurantium, Citrus grandis, Citrus limon, Citrus medica, Citrus paradisi, Citrus reticulata, Citrus sinensis, Clitoria ternatea, Coleus tuberosus, Colocasia esculenta, Cucumis anguria, Cucumis melo, Cucurbita maxima, Cucurbita moschata, Cucurbita pepo, Daucus carota, Dioscorea alata, Dioscorea composita, Dioscorea floribunda, Dioscorea cayenensis, Dioscorea trifida, Dioscorea esculenta, Diospyros ebenaster, Eragrostis chloromelas, Eriobotrya japonica, Eucalyptus spp., Fagopyrum esculentum, Ficus carica, Ficus elastica, Foeniculum vulgare, Fortunella spp., Fragaria x ananassa, Garcinia mangostana, Glycine max, Gossypium hirsutum, Helianthus annuus, Hibiscus cannabicus, Lactuca sativa, Lawsonia inermis, Litchi chinensis, Luffa cylindrica, Lycopersicon esculentum, Macadamia spp., Mangifera indica, Manihot glaziovii, Maranta arundinacea, Medicago sativa, Monstera deliciosa, Morus alba, Murraya koenigii, Musa acuminata, Musa x paradisiaca, Musa textilis, Myristica fragans, Nasturtium officinale, Nicotiana tabacum, Nopalea cochenillifera, Ocimum basilicum, Pachyrrhizus erosus, Persea americana, Phaseolus vulgaris, Pimenta dioica, Psidium guajava, Pueraria phaseoloides, Punica granatum, Raphanus sativus, Saccharum officinarum, Sansevieria trifasciata, Sechium edule, Sesamum indicum, Solanum tuberosum, Spondias purpurea, Tamarindus indica, Terminalia catappa, Triphasia trifolia, Xanthosoma sagittifolium, Zea mays, Zingiber officinale.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Zonificación agroclimática de la yuca.
2. Cultivos de diversificación económica rentables.

BIBLIOGRAFIA

1. CEREGHELLI, R. Cultures tropicales. Paris, Baillièrre et fils, 1955. (Tome I).
2. GARCIA, J., y LOPEZ, J. Fórmula para el cálculo de evapotranspiración potencial adaptada al trópico. (15°N-15°S). Bogotá, 8a. Reunión Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1970. 10 p.
3. ———, y MONTALDO, A. Requerimientos hídricos de la yuca (*Manihot esculenta*). Maracay, Agronomía Tropical 21(1):25-31. 1971.
4. ———, y LEGARDA, L. Predicción de la humedad contenida en el suelo en clima muy húmedo tropical. (Turrialba, Costa Rica). (Venezuela), Agronomía Tropical 24(4):299-315. 1974.
5. HENAIN, A. E. y CENOZ, H. M. Ensayo comparativo de clones de mandioca cultivados en la Provincia de Corrientes. Corrientes, Argentina. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1968. 8 p.
6. JONES, W. O. Manioc in Africa. Palo Alto, California, Stanford University, 1959. 315 p.
7. LEGARDA, L. y FORSYTHE, W. Estudio comparativo entre evapotranspiración calculada para varias fórmulas y la evapotranspiración de tanques, medida en tres lugares tropicales. Turrialba 22(3):282-292. 1972.
8. MONTALDO, A. Trabajos con yuca en Venezuela. Maracay, Venezuela, Instituto de Agronomía, 1966. 31 p.

CAPITULO 7

SUELOS Y FERTILIZANTES

SUELO

REQUISITOS GENERALES

La yuca puede plantarse en una gran variedad de suelos. El cultivo se da desde los suelos muy pobres en elementos nutritivos hasta aquellos con alta fertilidad.

Los suelos deben de ser sueltos, porosos, friables, con cierta cantidad de materia orgánica y con un pH entre 6 y 7.

Para producir la yuca en forma económica, no debe ser cultivada en: suelos con excesos de agua; suelos desérticos; o en cualquier tipo de suelo, donde la lluvia esté ausente por largos períodos, 4-5 meses, ya que el cultivo se efectúa predominantemente de secano.

El factor suelo está íntimamente ligado al factor disponibilidad de humedad, para tener éxito económico en el cultivo.

Desde el punto de vista agrícola, las principales características de los suelos que afectan el crecimiento y la producción de raíces reservantes de yuca son aquellas que:

- a. Proporcionen un buen anclaje a las raíces fibrosas de la planta y un buen medio físico a las raíces reservantes, para penetrar y desarrollarse.
- b. Poseen una profundidad apropiada de la zona de enraizamiento, 30-40 cm. Son limitantes, la presencia de capas impermeables en el perfil, de fragmentos de material rocoso o de una mesa de agua que dificulte la ramificación y desarrollo de las raíces.
- c. Presenten una buena capacidad de retención del agua en la zona de enraizamiento y un adecuado drenaje interno.
- d. Tengan un buen contenido en nutrimentos y que éstos estén disponibles a la planta de yuca.
- e. Presenten un suelo que pueda ser fácilmente cultivable.

APTITUD DE LOS SUELOS AL CULTIVO DE LA YUCA

La información de los diferentes suelos está relacionada con la clasificación que sigue el sistema de la Taxonomía de Suelos (7a aproximación) (Soil Survey Staff, USDA^{2 3}).

Los siguientes órdenes de suelos se presentan en las regiones yuqueras americanas (Bramao y Lemos²); oxisoles, ultisoles, entisoles, alfisoles e inceptisoles.

Los oxisoles y ultisoles de acuerdo a Tan y Bertrand^{2 5}, están ampliamente distribuidos en Paraguay, Brasil, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela y Costa Rica. Los principales suelos de Brasil son oxisoles y ultisoles, con alfisoles en la parte norte y sur del país. En la parte norte de Colombia, región yuquera importante, los suelos son oxisoles, ultisoles y entisoles. Los oxisoles muestran un excesivo drenaje interno, son ácidos y se han desarrollado donde la lluvia excede los 2000 mm al año. Los ultisoles muestran diferenciación de horizontes y/o con una capa A₂ sobre un horizonte pardo o pardo oscuro, rico en hierro, denominado horizonte B. Son suelos ácidos. Los alfisoles son suelos moderadamente fértiles y responden a la fertilización.

En el Cuadro 7.1, se muestran las diferencias de texturas de diferentes suelos, que es un factor de importancia en el desarrollo de las raíces reservantes de yuca.

CUADRO No. 7.1. Propiedades físicas de los suelos aptos para la yuca (Granados^{1 1}).

Ordenes	pH H ₂ O	Composición mecánica			Clasificación textural
		arena %	limo %	arcilla %	
Entisoles	7,0	79,63	13,42	6,95	Franco arenoso
Inceptisoles	7,3	53,60	40,80	5,60	Franco arenoso
Molisoles	7,2	47,24	39,08	13,68	Franco
Alfisoles (rojos)	5,5	61,06	11,60	27,34	Franco-arcillo-arenoso.
Ultisoles	5,4	70,54	22,76	6,70	Franco-arenoso
Oxisoles	5,6	59,51	9,29	31,20	Franco-arcillo-arenoso.

ACIDEZ DEL SUELO

Según Normanha y Pereira^{1 6} los cultivos de yuca más desarrollados y productivos se encuentran en suelos con pH 6 a 7, y los más

débiles, a menudo con incidencia de bacteriosis, se encuentran en suelos con pH 4,5 a 5.

Conceicao, Tavares y Guimaraes⁵ probaron en Bahía, Brasil, cinco dosis de cal dolomítica: 0, 0,5; 1; 1,5; y 2 Ton/Ha en suelos para el cultivo de la yuca (Cuadro 7.2). La cal dolomítica empleada presentó la siguiente composición: 46% CaCO₃ + 41,58% MgCO₃. El ensayo se realizó en un suelo Oxisol, clasificado como Latosol Colonia, rendimiento terciario de la Serie Barreira, con bajo contenido de Al⁺⁺⁺ intercambiable, pH 5,5-5,7, clima tropical húmedo con precipitación anual de 1196 mm, temperatura media anual de 24,4°C.

La aplicación de la cal fue precedida de una aradura a 20 cm de profundidad, seguida de un rastraje a 15 cm. Se hizo en toda la parcela experimental una abonadura, 20 días antes de la plantación de 2 Ton/Ha de torta de ricino (tártago) y 300 Kg de harina de huesos.

CUADRO No. 7.2. Análisis químico del suelo al final del experimento (3 años) en cada uno de los niveles calcáreos. (Conceicao, Tavares y Guimaraes⁵).

Resumen analítico	Niveles de caliza Ton/Ha				
	0	0,5	1	1,5	2
pH H ₂ O	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9
P ppm	3,0	3,0	2,0	3,0	2,0
K ppm	—	14,0	—	—	—
Ca ⁺⁺⁺ Mg ⁺⁺ mg	1,4	1,4	1,5	1,7	2,2
Al ⁺⁺⁺ mg/100 ml tfsa	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00

El análisis del Cuadro 7.2, muestra una leve variación en las características de fertilidad de las muestras.

La prueba de F no dio diferencias significativas para el efecto de las diversas dosis de calcio.

Conceição, Tavares y Guimaraes⁵, señalan como justificable el empleo de 0,5-1 Ton/Ha de dolomita, como fuente de Ca y Mg, ya que los suelos estudiados carecen de ellos. No se indica la profundidad a que se tomó la muestra para análisis químico de suelo, como tampoco el costo de los tratamientos.

El CIAT³ (Colombia), probó en un suelo clasificado como Serie Carimagua, de los Llanos Orientales, de muy baja fertilidad y con un pH 4,5, diversas variedades de yuca para estudiar sus tolerancias a la acidez. Se aplicaron en este suelo dosis de: 0, 0,5; 2 y 6 Ton/Ha de cal. La mayoría de las variedades respondieron a las aplicaciones de cal hasta 2 Ton/Ha. La dosis de 6 Ton/Ha, afectó negativamente algunas variedades. Se observó que la aplicación de 6 Ton/Ha de cal elevó el pH del suelo de 4,5 a 5,3 y bajó el nivel de Al^{+++} de 3,5 meq/100 g a valores inferiores a 1.

No se dio en la información el tipo de la cal agrícola utilizada, ni si es económica la aplicación de 6 Ton/Ha para corrección de pH de 4,5 a 5,3.

Se indicó que un gran número de variedades eran resistentes a la acidez del suelo.

Sólórzano y Campos^{2 4}, estudiaron el efecto de la caliza agrícola sobre el pH y otras propiedades en un suelo; de textura arenosa, pH 5,25; N: 30 ppm; P: 7 ppm; K: 66 ppm; Ca: 90 ppm y materia orgánica: 1,25%, del Hato San José, Estado Cojedes, Venezuela, comúnmente usado en el cultivo de la yuca (Cuadro 7.3).

Se aplicaron los siguientes cuatro niveles de caliza: 0, 1, 3 y 5 Ton/Ha, además de 80 Kg de N, 150 Kg de P_2O_5 y 50 Kg de K_2O . Desde que se aplicó la caliza, se tomaron muestras de suelo cada dos meses y durante tres períodos, para medir el pH y otros datos de interés.

Se nota un aumento de fósforo, a los 2 meses, de 21 ppm con 0 Ton/Ha de Ca a 31 ppm con 1 Ton de Ca. Con 3 y 4 Ton de Ca disminuye el contenido de P, debido quizás a la formación de fosfato tricálcico insoluble.

A los 4 y 6 meses mostró el fósforo un decrecimiento con el aumento de la dosis de caliza.

A los 2 meses el potasio subió de 85 ppm con 0 Ton/Ha de calcio, a 89 ppm con 1 Ton, y en la dosis de 3 y 5 Ton/Ha disminuyó. La situación a los 4 y 6 meses era muy similar a la anterior. Los nitratos pasaron a los dos meses, de 29 a 77, 146 y 100 ppm con 0, 1, 3 y 5 Ton/Ha de cal agrícola. A los 4 y 6 meses los resultados fueron pocos indicativos.

CUADRO No. 7.3. Análisis del suelo 2, 4 y 6 meses después de haberle aplicado caliza (Solórzano y Campos^{2,4}).

Resumen analítico	Niveles de caliza Ton/Ha			
	0	1	3	5
A los dos meses:				
P ppm	21	31	21	14
K ppm	85	89	85	71
Ca ppm	90	193	542	636
N ppm	29	77	146	100
pH 1: 2,5 H ₂ O	5,2	5,9	6,9	7,0
C.E.1: 5 mmhos/cm	0,15	0,13	0,20	0,23
A los cuatro meses:				
P ppm	17	15	14	11
K ppm	66	71	53	58
Ca ppm	72	136	260	484
N ppm	10	7	9	15
pH 1: 2,5 H ₂ O	5,2	5,6	6,5	6,6
C.E.1: 5 mmhos/cm	0,10	0,11	0,10	0,09
A los seis meses:				
P ppm	13	10	8	8
K ppm	53	58	62	53
Ca ppm	46	100	210	618
N ppm	7	8	10	12
pH 1: 2,5 H ₂ O	5,1	5,5	6,3	7,4
C.E.1: 5 mmhos/cm	0,06	0,07	0,10	0,10

El calcio, pasó a los dos meses, de 90 a 193, 542 y 636 ppm con 0, 1, 3 y 5 Ton/Ha de Ca. A los 4 y 6 meses los resultados siguieron la misma tendencia.

Paralelo al ascenso del calcio, el pH, pasó a los 2 meses de 5,2; 5,9, 6,9, y 7,0 con 0 – 1 – 3 y 5 Ton/Ha de calcio. Aumentos muy semejantes se registraron a los 4 y 6 meses. Solórzano y Campos^{2,4}, estiman que estos incrementos altos del pH, se pueden explicar por tratarse de suelos de bajo contenido de arcilla y dentro de ésta, es

posible que exista un predominio del tipo 1:1 que comunica al suelo una baja capacidad tampón.

Se señala que no todos los suelos tienen el mismo requerimiento de encalado, aún cuando su pH original sea el mismo, por lo que es conveniente estudiar los requerimientos de cal de los diversos tipos de suelos.

CONSERVACION Y COMBATE DE LA EROSION

En el cultivo de la yuca la conservación de suelos va íntimamente ligada al mantenimiento de la fertilidad natural del suelo y a los esquemas de sistemas de cultivo, rotación y asociación cultural, los cuales se discuten en otros capítulos.

Es necesario controlar la erosión en los suelos arenosos de sabana expuestos a la erosión eólica, donde debe hacerse el cultivo de la yuca en franjas alternadas con pastos naturales o artificiales. También deben tomarse medidas de control de erosión en suelos de pendientes, bajo este cultivo, ya sea haciéndolo en curvas de nivel o en terrazas.

FERTILIDAD

Es difícil conservar la fertilidad de un suelo yuquero sin el empleo de fertilizantes. Cada cosecha extrae diversas cantidades de nutrimentos del suelo; esto depende del rendimiento obtenido en raíces reservantes y en el follaje. En el Cuadro 7.4, se indican las materias minerales extraídas por el cultivo de la yuca en diversos suelos.

CUADRO No. 7.4. Principales nutrimentos minerales extraídos por el cultivo de la yuca en diversos suelos (Dufournet y Goarín⁷).

Suelos		Elementos extraídos Kg/Ha					Contenido almidón raíces %	Rendimiento raíces Ton/Ha
		N	P	K	Ca	Mg		
Suelo aluvio fluviales, Re-cientes y fér-tiles	Raíces	153	17	185	25	6	28,0	42
	Tallos	100	11	65	17	23		
	Total	253	28	250	42	29		
Arcillas late-ríticas	Raíces	178	20	91	26	3	23,5	26
	Tallos	107	16	31	30	9		
	Total	285	36	122	56	12		
Lateritas alto fósforo bajo potasio	Raíces	138	28	24	47	6	16,0	8
	Tallos	108	24	12	42	30		
	Total	246	52	36	89	36		

El cultivo de la yuca extrae grandes cantidades de nitrógeno, el cual se utiliza preferencialmente por las raíces reservantes. La extracción de fósforo es baja. La absorción de potasio es alta y está directamente relacionada con el contenido en almidón y el rendimiento en raíces reservantes, cuando está disponible, como en el caso de los suelos aluviofluviales. El caso opuesto se observa en las lateritas con bajo contenido en potasio.

Por otra parte, durante el período del cultivo, la exposición del suelo ocasiona lavado y erosión de nutrientes y cambios en la estructura. Sin embargo, se estima, que la fertilidad puede ser mantenida siguiendo algunas prácticas culturales.

Para evitar exceso de extracción de nutrientes se debe permitir mediante labores y barbechos, que el suelo restituya sus nutrientes por dilución de sus reservas y por su traslado, mediante las raíces de las malezas y la vegetación espontánea, a las capas superiores. La aradura y enterramiento posterior de esta vegetación pondrá los nutrientes disponibles en la zona de enraizamiento de la yuca. Este período de descanso también permitirá mejorar las condiciones físicas del suelo, espacio poroso total, y por lo tanto, los resultados del cultivo posterior.

El Cuadro 7.5 muestra los efectos en suelos tropicales, de períodos de barbecho de tres años, en el cultivo siguiente de sorgo, comparado

CUADRO No. 7.5. Rendimiento medio de sorgo (Kg/Ha) que sigue a tres años de barbecho, yuca, quinchoncho (*Cajanus indicus*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) (Clarke⁴).

Tratamiento previo 1953-1955	Sin fertilizantes	50 Kg su- perfosfato doble	24,7 Ton/Ha estiércol	Fostato + estiércol	Promedio y E. S.
1956:					
3 años barbecho yuca y barbecho	548	913	1.163	1.034	914
Cajanus y barbecho	497	817	1.094	1.850	1.065
Pasto bermuda talado	1.150	836	862	1.679	1.132±94
	992	720	887	976	894
1957:					
3 años barbecho yuca y barbecho	297	146	447	443	334
Cajanus y barbecho	480	698	637	832	664
Pasto bermuda talado	604	645	705	868	705±43
	548	489	696	447	550
1958:					
3 años barbecho yuca y barbecho	943	1.306	1.210	1.594	1.245
Cajanus y barbecho	900	1.891	2.011	1.617	1.605
Pasto bermuda talado	1.376	1.799	1.611	2.471	1.815±180
	1.117	1.317	1.129	1.049	1.154

con el rendimiento después de tres años sucesivos de cultivo (Clarke⁴).

La productividad de estas tierras sometidas a los sistemas de barbecho es limitada por lo que sólo se recomienda su utilización donde no existe presión de población humana.

EL SUELO COMO RESERVORIO DE AGUA

Para obtener un buen crecimiento de la planta de yuca, es fundamental que el suelo mantenga un cierto nivel de humedad.

Las propiedades de los suelos que afectan la disponibilidad de agua al cultivo de la yuca son:

- a. Que el agua de lluvia se infiltre y no se escurra superficialmente.
- b. La retención de agua en el suelo en competencia con la planta de yuca.
- c. La capacidad de almacenamiento del suelo dentro de la zona de enraizamiento.
- d. El movimiento de agua en el suelo.
- e. El volumen del suelo accesible a las raíces fibrosas y reservantes de la yuca.

POSICIONES GEOMORFOLOGICAS Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS PARA EL CULTIVO DE LA YUCA

Posiciones geomorfológicas recomendables para el cultivo de la yuca (Granados^{1 1}).

Alto Llano Venezolano

- a. Albardones (diques naturales) (a-aF-Fa);
- b. Diques colmatados (a-aF);
- c. Explayamientos (Fa):
 - 1) Ejes de explayamientos (aF-Fa/FAa-a);
 - 2) Napas de explayamiento;
 - 3) Explayamiento de ruptura (Fa).
- d. Cono de deyección;
- e. Glasis coluvial (aF-Fa).

Clasificación de los suelos para el cultivo de la yuca (Granados^{1 1}).

Buenos. Suelos con poca o ninguna limitación o riesgo para el cultivo. Perfil profundo, con textura medias hacia gruesas (menos de 18% de arcilla), bien drenado, con buenas propiedades físicas, buen contenido en materia orgánica, pH 6-7.

Regulares. Suelos con moderadas a severas limitaciones para el cultivo. Perfil con una profundidad efectiva moderadamente superficial, con textura fina hacia mediana (entre 20 y 60% de arcilla), moderadamente bien drenado; condiciones físicas de la superficie desfavorable, bajo contenido en materia orgánica. pH. 5-6. Estos suelos requieren un manejo especial para este cultivo.

No aptos. Suelos sujetos a muy severas limitaciones. Tierras superficiales, con mantos de grava o capas duras cerca de la superficie que impiden la penetración de las raíces. Texturas o muy gruesas o muy finas, a finas (más de 60% de arcilla); mal drenados; características físicas muy desfavorables en la superficie; muy bajos en contenido de materia orgánica. pH con valores extremos, ya sea bajo 5 ó sobre 7,5.

FERTILIZANTES

ACCION DE LOS ELEMENTOS N, P, K, SOLOS O COMBINADOS Y FORMA DE APORTE

Normanha y Pereira^{1 7} en Sao Paulo, Brasil, resumen el trabajo realizado en fertilización de la yuca en la siguiente forma:

Los resultados más promisorios fueron proporcionados por la aplicación de los tres nutrimentos esenciales N, P, K, en surcos laterales al momento de plantación, o por la abonadura con P y K en la plantación, completada más tarde con la aplicación de N en cobertura.

La aplicación de los tres elementos, N, P, K en los surcos de plantación (método usado en el Estado de Sao Paulo), se mostró casi siempre perjudicial al establecimiento de las plantas y a la producción de raíces.

Solamente en una de las experiencias (con tierra roja), llovió satisfactoriamente en el período inmediato al plantío. En este caso el establecimiento fue muy bueno; en la producción no se notó diferencia entre el empleo de los tres elementos en los surcos de plantación y la abonadura con fósforo y potasio, dejándose el N para la aplicación en cobertura.

En Corrientes, Argentina, Orioli y asociados^{1 8}, estudiaron la acumulación de materia seca, N, P, K, Ca, en *Manihot esculenta* en diversas partes de la planta que crecieron en un suelo abonado men-

sualmente y en otro sin abonar. Los análisis se realizaron sobre cinco plantas de cada variante y mostraron que el ritmo de acumulación de materia seca y de los elementos analizados, es lenta en los dos primeros meses; intensa en los dos meses siguientes, para luego bajar en el siguiente período de dos meses. Las curvas determinadas son muy similares para cada variante, es decir que el ritmo de acumulación es independiente de la riqueza mineral del suelo, si bien la cantidad absoluta acumulada fue mayor en las plantas que crecieron en medios abonados.

Cours, Fritz y Ramahadimby⁶ estudiaron la aplicabilidad del método de la diagnosis foliar para determinar deficiencias de fertilidad del suelo, especialmente de potasio, en el cultivo de la yuca; y además, el efecto de N, P, K en el rendimiento de raíces reservantes y materia seca total de esta planta.

Respecto a la diagnosis de deficiencias, concluyen que el análisis del feloderma del tallo principal, es el método más seguro, especialmente para el potasio.

Cours, Fritz y Ramahadimby⁶ constataron una correlación negativa significativa entre los rendimientos en raíces y el contenido en nitrógeno; igualmente, una correlación negativa significativa entre el contenido en materia seca de las raíces y el contenido en nitrógeno.

Una correlación negativa significativa entre los rendimientos en raíces y el contenido de fósforo; igualmente una correlación negativa significativa entre el contenido en materia seca de las raíces y el contenido en fósforo.

Una correlación positiva significativa entre los rendimientos en raíces y el contenido en potasio; igualmente, una correlación positiva significativa entre el contenido en materia seca de las raíces y el contenido en potasio.

Da Silva y Freire²² usaron en Sao Paulo, Brasil, en el cultivo de la yuca tres dosis de N, P, K en tierras arenosas de baja fertilidad y en tierra roja bastante fértil (alfisoles). En las tierras arenosas, los efectos de N y P fueron muy pequeños, en cambio la respuesta al K fue elevada.

En la tierra roja, las respuestas de los tres elementos fueron pequeñas, y se notó una interacción negativa P x K. Cuando faltó uno de estos elementos, especialmente K, se notaron aumentos apreciables de rendimiento.

Montaldo, Azuaje y Pérez¹⁵ experimentaron con fertilizantes en yuca en Ultisoles, "Grossarenic Ochraquuls", Serie Londres, localizados en el área de Manzanita, Sabana de Londres, Lara, Venezuela, y los cuales cubren unas 2.645 hectáreas.

Un estudio de estos suelos realizado por el Instituto Agrario Nacional¹², indica que en su desarrollo y debido al proceso marcado de laterización y a la intensa meteorización a la cual han estado sometidos, han desaparecido casi en su totalidad los minerales primarios, lo cual se traduce en una carencia de fertilidad potencial.

Debido a su topografía, los suelos se presentan más superficiales en las crestas y un poco más profundos en las depresiones, lo cual ocasiona que las aguas se escurran lateralmente hacia las depresiones. Esta situación refleja una zona ecológica muy pobre en vegetación de sabana.

Presentan textura gruesa en la parte superior y a medida que se profundiza en el perfil, la textura es más fina.

El subsuelo constituye el horizonte típico de las lateritas hidromórficas (plintita); el color matriz es gris con intenso moteado de rojo. Se encuentra este horizonte a diferentes profundidades.

Componen el perfil desde el punto de vista genético un horizonte A1 superficial de color oscuro y bajo contenido de materia orgánica y un horizonte A2 lavado sobre horizontes B1 y B2 formados por la plintita.

Descripción del perfil típico:

Horizonte	Profundidad en cm	Descripción de los horizontes
A11	0 – 12	Gris muy oscuro (10YR 3/1) húmedo; gris claro (10YR 6/1) seco; areno-francoso; estructura muy débil, pequeña, blocosa subangular; suelto seco, suelto húmedo, no pegajoso ni plástico mojado; no calcáreo; medianamente ácido; pH: 5,65; límite claro y plano.
A12	12 – 35	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) húmedo; gris claro (2,5Y 7/2) seco; areno-francoso; estructura muy débil, pequeña, blocosa subangular; suave seco, muy friable húmedo, no pegajoso ni plástico mojado; no calcáreo; medianamente ácido; pH: 5,70; límite gradual y plano.
A2	35 – 60	Gris aceitunado (2,5Y 4/4) húmedo, amarillo pálido (5Y 7/3) seco; franco arenoso; estructura muy débil, pequeña, blocosa subangular; suave seco, muy friable húmedo, no pegajoso ni plástico mojado; no calcáreo; muy fuertemente ácido; pH: 4,90; límite claro y plano.

Continúa en página siguiente

Descripción del perfil típico, Cont.

Horizonte	Profundidad en cm	Descripción de los horizontes
B1	60 – 92	Pardo amarillento (10YR 5/6) húmedo, amarillo pálido (2,5Y 7/4) seco; franco arcillo arenoso; estructura débil, pequeña, blocosa angular; suave seco, muy friable húmedo, ligeramente pegajoso y ligeramente plástico mojado; no calcáreo; extremadamente ácido; pH: 4,12; límite abrupto y plano.
B21	92–123	Pardo amarillento (10YR 5/6) húmedo, pardo muy pálido (10YR 7/4) seco; franco arcillo arenoso; estructura débil, pequeña blocosa angular; suave seco, muy friable húmedo, ligeramente pegajoso y ligeramente plástico mojado; no calcáreo; extremadamente ácido; pH: 3,90; límite difuso y plano.
B22	123 – 180	Amarillo (10YR 7/6) húmedo, amarillo (10YR 8/6) seco; franco arcillo arenoso; estructura débil, pequeña, blocosa angular; suave seco, muy friable húmedo, ligeramente pegajoso y ligeramente plástico mojado; no calcáreo; extremadamente ácido; pH: 4,12; límite difuso y plano.
B23	180 – +	Gris claro (10YR 7/1) y rojo oscuro (10R 3/6) húmedo, blanco (10YR 8/2) y rojo (2,5YR 4/6) seco; arcillo-arenoso; estructura débil pequeña, blocosa angular; ligeramente duro seco, friable húmedo, ligeramente plástico mojado; no calcáreo; extremadamente ácido; pH: 4,10.

Los resultados de los análisis de laboratorio se expresan en el Cuadro 7.6.

En el espacio que ocupó la parcela experimental se aplicó cal ventilada, cuya composición es: $\text{CaCO}_3 = 33\%$, $\text{CaO} = 64\%$ $\text{MgO} = 2,9\%$. Los fertilizantes usados fueron urea (46%), superfosfato triple (46%) y cloruro de potasio (60%).

CUADRO No. 7.6. Análisis de suelo Utisol, Serie Londres. Localidad Manzanito, Estado Lara, Venezuela (IAN^{1,2}).

Profundidad cm	Análisis mecánico (Bouyoucos)			Clasi- fica- ción Textu- real		1 : 2		C/N	Fósforo Olsen ppm	Potasio ppm	CaCO ₃ %
	Arena %	Limo %	Arcilla %	pH	C. Ex10 ⁵ a 25°C	Nitrógeno total %	Carbono Orgánico %				
0 - 12	80,4	9,2	10,4	aF	4	5,65	0,20	4,8	3	65	0
12 - 35	80,4	9,2	10,4	aF	2	5,70	0,26	7,7	3	65	0
35 - 60	73,2	10,8	16,0	Fa	2	4,90	0,12	8,0	2	55	0
60 - 92	65,3	10,5	24,2	FAa	3	4,12	0,12	8,0	1	50	0
92-123	60,2	13,7	26,1	FAa	3	3,90	0,20	11,7	1	50	0
123-180	58,3	12,5	29,2	FAa	2	4,12	0,14	10,8	1	49	0
180- +	47,4	9,4	43,2	Aa	1	4,10	0,16	7,6	2	60	0

Temperatura media anual: 25,0°C

Precipitación media anual: 919 mm

<u>Elementos</u>	<u>Dosis Kg/Ha</u>
N	75
P ₂ O ₅	150
K ₂ O	100

Los resultados obtenidos se indican en el Cuadro 7.7.

CUADRO No. 7.7. Ensayo de fertilizantes en yuca sobre suelo encañado, Manzanita, Estado Lara, Venezuela. (Montaldo, Azuaje y Pérez^{1 5}).

Tratamiento	Dosis en Kg/Ha			Rendimiento en raíces reservantes. Ton/Ha
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	75	0	0	11,6
2	0	150	0	5,3
3	0	0	100	8,8
4	75	150	0	12,0
5	75	0	100	14,0
6	0	150	100	9,5
7	75	150	100	17,1
8	0	0	0	9,6

Se puede señalar a 75-150-100: N-P-K como el mejor tratamiento de abonadura con rendimiento de 17,1 Ton/Ha de raíces reservantes.

Barrios y Azuaje¹ experimentaron con abonos en yuca en un suelo de Sabana de El Socorro, Carabobo, Venezuela, que mostró las siguientes características:

Muestra número	Arena %	Limo %	Arcilla %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Nitrosos ppm	Materia Orgánica %	pH 1:2,5 agua	C.E.1:5 mmhos/cm/25 °C	Clasificación Textural
1	47,8	26,2	26,0	1	94	107	49	2,96	5,4	0,20	FAa
2	55,8	21,2	23,0	2	66	114	34	2,27	5,6	0,15	FAa

Los análisis anteriores fueron hechos en muestras tomadas de 0-25 cm y señalan bajo contenido en P, medio a bajo en K, bajo en Ca,

alto en nitratos, medio a bajo en materia orgánica y bajo en pH y C.E.

En este ensayo se utilizaron tres dosis de cada elemento fertilizante de acuerdo al siguiente esquema:

Elementos	Dosis Kg/Ha		
	1	2	3
N	50	75	100
P ₂ O ₅	100	150	200
K ₂ O	66	100	133

Los resultados experimentales fueron los siguientes en Ton/Ha:

INTERACCION N x P.

	P ₁	P ₂	P ₃	
N ₁	9,22	13,65	19,37	K ₁
	12,25	13,37	14,12	K ₂
	13,90	13,34	13,03	K ₃
N ₂	17,25	15,12	14,87	K ₁
	17,50	12,69	14,94	K ₂
	15,44	15,19	14,41	K ₃
N ₃	12,62	15,47	17,62	K ₁
	15,67	19,27	16,87	K ₂
	13,69	15,16	10,47	K ₃

Resalta el efecto de las dosis N₂ con las dosis P₁ y P₂.

INTERACCIONES N x P, N x K y P x K.

	N x P				N x K		
	P ₁	P ₂	P ₃		K ₁	K ₂	K ₃
N ₁	11,79	13,45	15,50	N ₁	14,08	13,24	13,42
N ₂	16,73	14,33	14,74	N ₂	15,74	15,04	15,01
N ₃	13,97	16,61	14,98	N ₃	15,23	17,23	13,10

	P x K				Dosis de elementos		
	P ₁	P ₂	P ₃		1	2	3
K ₁	13,03	14,74	17,28	N	13,58	15,26	15,19
K ₂	15,12	15,09	15,31	P	14,16	14,80	15,07
K ₃	14,34	14,56	12,63	K	15,02	15,17	13,84

Se nota una interacción de:

N₂ con las dosis K;
K₂ con dosis P₁ y P₂.

En los elementos, las dosis N₂, P₃ y K₂ fueron las mejores: 75: 200: 100.

La similitud de estos resultados se pueden ver con los obtenidos por Montaldo, Azuaje y Pérez^{1 5} de 75: 150: 150.

La acción de los macroelementos en la planta de yuca y su forma de aporte son las siguientes:

- a. **Nitrógeno:** su exceso provoca el aumento de las sustancias proteicas en las raíces reservantes, en detrimento con el contenido en almidón. Esto es importante para la producción de harinas integrales de raíz de yuca para la alimentación animal, pero no en la producción de almidones para uso industrial. También el exceso de nitrógeno prolonga el ciclo del cultivo, lo que es útil en la producción de material de propagación (esquejes) o para la industria de harina de follaje de yuca.

Las fuentes de nitrógeno pueden ser minerales u orgánicas.

Los abonos nitrogenados minerales se agrupan en:

1) **Nítricos:** nitrato de potasio y nitrato de amonio;

2) **Amoniacaes:** sulfato o fosfato de amonio, úrea. También se utiliza el amoniaco anhídrido o en solución. Se prefiere en general el nitrógeno amoniacal que el nítrico. Para evitar la lixiviación, la dosis de nitrógeno se divide en dos mitades, una se aplica al momento de la plantación y la otra posteriormente cuando el cultivo tiene 2-3 meses. Para esta segunda aplicación se prefiere la úrea, y es común aplicarla en forma foliar, en las grandes plantaciones.

La elección del abono depende de su precio, del costo de transporte de la unidad de nitrógeno y de la disponibilidad en el mercado. Las fuentes de abonos nitrogenados orgánicos son: los

CUADRO No. 7.8. Concentración de N, y estado físico de los diversos fertilizantes nitrogenados.

Fertilizante	Concentración N %	Estado físico
Sulfato de amonio	20,5	sólido
Nitrato de amonio	33,5	sólido
Urea	42,0 – 46,0	sólido
Amoniaco ahído	82,0	gaseoso

abonos verdes, (*Crotalaria juncea*, *Vigna sinensis*, *Soja hispida*, *Cajanus indicus*, etc), los estiércoles y los desechos vegetales de la industria agrícola.

- b. **Fósforo.** Su presencia es necesaria para el proceso de fosforilación, básico en la síntesis del almidón. La deficiencia de este elemento afecta el desarrollo de las plantas, provoca enanismo y toma del follaje un color verde oscuro. Debe abonarse con fósforo, a pesar de que la cantidad necesita la planta no es muy alta, pues este elemento es muy bajo en los suelos tropicales. Desde el punto de vista económico se recomienda para los cultivos de yuca de ciclo largo (16 a 24 meses) usar fosfatos de calcio insolubles (Escorias Thomas, harina de huesos o fosfatos simples o dobles) en lugar de superfosfatos triples, pues éstos en suelos con pH 4,5-5 y en presencia de formas solubles de Fe y Al, forman fosfatos insolubles de Fe y Al, que inmovilizan el P a las plantas.

CUADRO No. 7.9. Concentración de P_2O_5 , y estado físico de los diversos fertilizantes fosfatados.

Fertilizantes	Concentración P_2O_5 %	Estado físico
Superfosfato triple	44-48	sólido
Superfosfatos simples	16-20	sólido
Escorias Thomas	17-20	sólido
Harina de huesos	23-25	sólido

- c. **Potasio.** Su presencia es fundamental en el rendimiento en raíces reservantes y en el contenido en materia seca total. La deficiencia en potasio, según Krochmal y Samuels¹⁴, ocasiona una coloración bronceada en las hojas, seguida de una quemadura de los bordes.

CUADRO No. 7.10. Concentración de K_2O y estado físico de los diversos fertilizantes potásicos.

Fertilizantes	Concentración K_2O %	Estado físico
Sulfato de potasio	48 — 50	sólido
Cloruro de potasio	+45	sólido
Nitrato de potasio	44	sólido

Filho¹⁰ indica al potasio como el principal elemento en el abonamiento de la yuca.

ACCION DEL CALCIO Y DEL MANGANESO

El calcio está presente en los suelos tropicales como un catión intercambiable derivado de varios minerales calcáreos. Los valores de calcio intercambiable son generalmente bajos. La falta de calcio en el cultivo de la yuca afecta el desarrollo de las plantas, llegando a provocar la muerte del brote terminal.

Fernández⁹ observó, en cultivos de yuca que crecen en dunas de arena de la faja litoral del noreste de Brasil entre Alagoas a Río Grande, manchas ocupadas por plantas cloróticas, cuyas hojas son de color verde pálido, matizadas por la trama de color verde normal de las nervaduras. Esta clorosis está siempre en conexión con la presencia de residuos calcáreos de moluscos capturados en los manglares. En todos los casos registrados el pH del suelo fue de un valor máximo de 8,2. El tratamiento de las plantas con manganeso devolvió a éstas su aspecto verde normal.

Fernández⁹ también ha observado en otras zonas, una clorosis similar, como consecuencia de la baja asimilación de manganeso inmovilizado por las condiciones impropias del pH alcalino, siempre en conexión con la aplicación de calcio mal conducido.

Por deficiencia de manganeso, la clorosis es más frecuentemente observada en las áreas ocupadas por Ultisoles u Oxisoles, los cuales son pobres en nutrimentos.

El manganeso está relacionado con el proceso de fotosíntesis de la planta.

LOS ELEMENTOS MENORES

Las deficiencias en los elementos: boro, zinc, cobalto y cobre, son raras en el cultivo de la yuca y en otros cultivos sobre suelos tropicales.

Shorrocks²⁰ ha observado inducción de deficiencias en magnesio en plantaciones de caucho (*Hevea* sp.) por altas aplicaciones de potasio. En estos suelos también se cultiva yuca. El magnesio es importante ya que actúa en la formación de la clorofila; además regula la asimilación del fósforo. Su deficiencia en yuca se manifiesta por clorosis y amarillamiento de los márgenes y ápices.

FORMA DE APLICAR LOS FERTILIZANTES

Hay que incorporar al suelo los abonos verdes y los estiércoles, con las labores de preparación de tierras, unos dos meses antes de la plantación, para permitirles una descomposición adecuada.

Los abonos químicos pueden distribuirse, ya sea al voleo, en líneas o en fajas a ambos costados de la hilera de estacas plantadas, o bien en aspersión en solución sobre la vegetación del cultivo.

Diversos ensayos recomiendan la aplicación del abono en fajas a ambos costados de la línea de plantación, pero sin que queden en contacto con las estacas, para evitarles posibles daños, lo mismo que a las raicillas o a los brotes.

La elección del método para aplicar los fertilizantes en el cultivo de la yuca dependerá de diversos factores.

Con la aplicación al voleo que puede ser a mano o con máquina, hay menos riesgo de dañar el cultivo porque el abono queda más repartido. Se recomienda, la aplicación en bandas, especialmente, para los fosfatos, en suelos ácidos, ya que en ellos la proporción entre tierra y abono es menor, y por lo tanto hay menos posibilidades de conversión en compuestos menos asimilables por las raíces. También es conveniente la aplicación en bandas en los suelos arenosos para aminorar los efectos del lavado de los nutrimentos por las aguas de las lluvias.

Si hay facilidades de aplicación foliar y esto es económico, pueden aplicarse en esta forma la mitad de los abonos, a base de N y P, 2-3 meses después de la plantación, para obviar los problemas de fijación de fosfatos y lixiviación de los abonos nitrogenados.

LA MATERIA ORGANICA

Los suelos tropicales bajo cultivo de yuca, son en general muy bajos en contenido de materia orgánica, entre 1 y 2%.

Williams y Joseph²⁶ señalan la importancia de la materia orgánica en los cultivos tropicales y resumen su acción principal en:

- a. poder de retención de los cationes, principales fuentes de nutrientes;
- b. adición de elementos nitrogenados al suelo;
- c. mejoramiento de las condiciones físicas del suelo;
- d. evita el lavado y pérdida por erosión de los nutrimentos.

Todo esto muestra la importancia de la materia orgánica para un cultivo como la yuca, sin embargo, se estima que se debe estudiar cuidadosamente el papel de la materia orgánica en este cultivo, ya que el área actual cultivada está localizada principalmente en suelos con muy bajo contenido en materia orgánica y en muchos casos los rendimientos han sido elevados.

En Madagascar según Saint Amand y Fritz¹⁹, en los suelos lateríticos en que se cultiva yuca, se incorporan abonos verdes, y antes de la plantación de yuca se agregan de 20-70 toneladas de estiércol por hectárea.

En los cultivos de yuca que se hacen en América, no se ha visto hasta ahora, la necesidad de los abonos verdes o de los estiércoles.

En el Cuadro 7.11 se indican algunos análisis de contenido en materia orgánica de suelos lateríticos de Madagascar, sometidos a la adición de abonos verdes y estiércoles y de algunos suelos de Venezuela en que se cultiva yuca sin seguir estas prácticas. Pero, en la mayoría de las publicaciones brasileras en que se indican las condiciones del suelo en que se efectúan los ensayos de yuca, no se menciona a la materia orgánica, y este país es el que tiene los más altos rendimientos medios en este cultivo.

CUADRO No. 7.11. Contenido en materia orgánica en diversos suelos dedicados al cultivo de la yuca.

Localidad	Suelo	Profundidad muestra cm	Materia orgánica %
Madagascar	Laterítico	0 - 25	2,75
		+ 25	1,46
Madagascar	Laterítico	0 - 10	4,51
		40 - 50	4,20
Madagascar	Laterítico	0 - 30	6,82
		30 - 40	1,77

Continúa en página siguiente

Cont. Cuadro 7.11.

Localidad	Suelo	Profundidad muestra cm	Materia orgánica %
Venezuela:	F Aa	0 – 25	2,96
	F Aa	0 – 25	2,27
	F A	0 – 25	2,03
	F A	0 – 25	2,36
	F Aa	0 – 25	2,38
	Fa	0 – 25	1,67
Upata	F Aa	0 – 10	5,49
	Fa	0 – 12	4,50
Anaco	a	0 – 20	0,30
Monagas	Fa	0 – 20	0,90
San Carlos	Fa	0 – 20	–
Lara	Fa	0 – 20	0,78
El Tigre	a	0 – 20	0,12

USO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

Krochmal y Samuels^{1 3} estudiaron en las Islas Vírgenes, la influencia de diversos niveles de N, P, K en el crecimiento y desarrollo de las raíces reservantes de yuca, cultivada en soluciones nutritivas, y llegaron a las siguientes conclusiones:

- a. Sólo las dosis altas de P aumentaron el tamaño de las plantas. La producción de la parte aérea en peso, fue favorecida por altos y reducidos niveles de N, con altos niveles de K.
- b. No hubo formación de raíces reservantes con altos niveles de N y bajos niveles de P, K.
- c. El aumento de los niveles de N redujo el crecimiento de las raíces reservantes en un 70%.
- d. El mayor efecto en el rendimiento de raíces reservantes se debió a aumentos de niveles de P que elevaron la producción en un 93%.

- e. Altos niveles de K no favorecieron la producción de raíces reservantes. La mayor producción de raíces reservantes estuvo asociada en la razón 1:1, follaje; raíces, y con un alto nivel de P.

PRECIOS DE LOS FERTILIZANTES

Los precios de los fertilizantes, de acuerdo al Anuario de Producción de FAO⁸ fueron en el año 1970, en los distintos países americanos productores de yuca, los que se indican en el Cuadro 7.12. Los valores están expresados en dólares americanos, a excepción de Colombia, en que los valores están en pesos colombianos. La estadística no registra ese año los valores de los fertilizantes en Brasil.

CUADRO No. 7.12. Valor de los diversos tipos de fertilizantes en los países americanos (por 100 Kg de elementos fertilizantes).

Tipos de fertilizantes	Valor de los 100 Kg de elementos fertilizantes					
	Colombia (pesos)	Ecuador US \$	Paraguay US \$	Perú US \$	Venezuela US \$	Argentina US \$
NITROGENADOS						
Sulfato de amonio	—	31,4	68,0	34,2	24,9	36,8
Nitrato de amonio	440	65,1	—	23,5	32,1	46,4
Urea	456	26,1	30,2	20,4	20,0	35,7
FOSFATADOS						
Superfosfato bajo 25% P ₂ O ₅	—	—	—	32,2	—	—
Superfosfato 25% y + P ₂ O ₅	—	25,9	25,9	24,0	14,3	56,8
Escorias (Thomas)	275	—	—	—	—	40,2
POTASICOS						
Sulfato de potasio	—	24,9	31,7	24,2	22,3	32,2
Cloruro de potasio de + 45% K ₂ O	—	18,4	20,5	16,3	14,1	23,5

El costo de aplicación de los fertilizantes está considerado en el Capítulo 8, Cultivos.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR Y ESQUEMAS POR DESARROLLAR

INVESTIGACIONES POR DESARROLLAR

1. Estudio en los distintos grupos de suelos, del desarrollo de las plantas y del engrosamiento de las raíces de yuca.
2. Estudio de posibles nuevas zonas productoras de yuca, indicando el destino de sus producciones.
3. Corrección de pH en suelos de sabana.
4. Fuentes de cal agrícola para la corrección de pH en los diversos suelos yuqueros.
5. Tamaño de las partículas del producto calcáreo, dosis, momento de aplicación.
6. Estudio de prácticas de conservación en suelos arenosos en el cultivo de la yuca.
7. Mantenimiento de la fertilidad natural en los suelos para yuca en regiones alejadas de las poblaciones.
8. Requerimiento de los elementos N, P, K, Ca y Mn en el cultivo de la yuca.
9. Aplicación foliar de parte de los fertilizantes.
10. Mapa ecológico de la yuca.
11. Aptitud de los suelos para el cultivo de yuca y su correspondiente zonificación representada en mapas interpretativos.

ESQUEMAS POR DESARROLLAR

1. Laboratorios de análisis rápidos de suelos para el servicio de los agricultores.
2. Racionalización de la producción de yuca, prohibiendo el uso de suelos susceptibles de erosión por lluvias o viento.
3. Fabricación de calizas agrícolas y de fertilizantes apropiados para el cultivo de la yuca.

4. Desarrollo de sistemas adecuados de capacitación, entrenamiento y extensión en problemas de suelos y fertilizantes en yuca. Mapas interpretativos de suelos orientados hacia una mejor zonificación agroclimática del cultivo de la yuca.

BIBLIOGRAFIA

1. BARRIOS J.R., y AZUAJE, S. Fertilización de la yuca en Carabobo. Inf. Anual de Inv. Maracay, Venezuela, Instituto de Agronomía, 1974. 1973. pp. 249-254.
2. BRAMAO, D. L. y LEMOS, P. Soil map of South America. Madison, 7th. Inter. Congr. Soil Sci., Trans. 4:1-10. 1960.
3. CIAT. Tolerancia de suelos ácidos. Informe anual. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1972. pp. 74-75.
4. CLARKE, R. T. The effect of some resting treatments on a tropical soil. Emp. Jour. Exp. Agric. (Oxford) 30(117):57-62. 1962.
5. CONCEICAO, A. J. da, TAVARES, F. D., y GUIMARAES, C. D. Calem em solos para mandioca. Bahia, Projeto Mandioca, Universidad Federal do Bahia. Esc. Agronomía, 1973. pp. 53-59.
6. COURS, G., FRITZ, J. y RAMAHADIMBY, G. Le diagnostic phelodermique du manioc. Madagascar, Institut de Recherches Agronomiques, 1964. 15 p.
7. DUFOURNET, R. y GOARIN, P. Note sur la culture du manioc a Madagascar Riz et Riziculture (Paris) 3:15-38. 1957.
8. F.A.O. Anuario de Producción 1972. Roma, F.A.O. 1973. pp. 186-218.
9. FERNANDES, C.S. Clorose por deficiencia manganica em mandioca. Recife, 6a. Reuniao Comissao Nacional da Mandioca, 1972. pp. 53-54.
10. FILHO, J. R. Cultura e utilização da mandioca. Ceres (Viosa) 7(38):88-100. 1946.
11. GRANADOS, F. Suelos para el cultivo de la yuca. Maracay, Sección Suelos, Agrología, CENIAP, 1975. (Comunicación Personal).
12. INSTITUTO AGRARIO NACIONAL. Estudio agrológico preliminar detallado de la zona "Buria-Londres" Yaritagua-Urachiche, Estado Yaracuy. Caracas, Instituto Agrario Nacional, 1970. (vol 1, 94 p. vol 2, 96 p.).
13. KROCHMAL, A. y SAMUELS, G. The influence of N, P, K levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. Ist. Intern. Symp. Trop. Roots Crops, Trinidad, 1(2):97-102. 1967.
14. _____, y SAMUELS, G. Deficiency symptoms in nutrient pot experiments with cassava. Ceiba (Tegucigalpa) 14:1-9. 1968.
15. MONTALDO, A., AZUAJE S., y PEREZ, J. M. Fertilización de la yuca en Lara, (Informe Anual de Inv. 1973). Maracay, Instituto de Agronomía, 1974. pp. 201-206.
16. NORMANHA, E.S., y PEREIRA, A.S. Cultura da mandioca. Agronomico (Campinas) 15(9-10):9-35. 1967.
17. _____, _____, y FREIRE, E.S. Modo e época de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragantia (Campinas) 27(12):145-154. 1968.

18. ORIOLI, G.A. et al. Acumulación de materia seca N,P,K y Ca en *Manihot esculenta*. *Bonplandia* (Corrientes) 2(13):175-182. 1967.
19. SAINT AMAND, R. D. y FRITZ, J. Les sols cultivés en manioc dans la region de Moramanga. *Riz et Riziculture* (Paris) 5(1):49-53. 1959.
20. SHORROCKS, V. M. Mineral defficiencies in *Hevea* and associated cover plants. Kuala Lumpur. Rubber Research Institute, 1964.
21. SILVA, J. R. da. Efeito de doses crescentes de nitrogenico, fósforo e potássio sóbre a produção de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade. *Bragantia* (Campinas) 27(29):357-364. 1968.
22. _____, y FREIRE, E. S. Influencia da aplicação de abubos minerais nos sulcos de plantio, sobre os "stands" de culturas de mandioca. *Bragantia* (Campinas) 27(26):291-300. 1968.
23. SOIL SURVEY STAFF USDA. Soil Classification. A comprehensive system. 7th Approximation. Washington DC., USDA, 1960. 265 p.
24. SOLORZANO, P. R., y CAMPOS, H. Notas sobre algunas experiencias con el uso de cal agrícola en suelos ácidos. *Protinal* (Caracas) 18(1):26-28. 1971.
25. TAN, K. H. y BERTRAND, A. R. Cultivation and fertilization of cassava. In: A literature review and research recommendations on cassava. Universidad de Georgia, 1972. p. 42.
26. WILLIAMS, C. N. y JOSEPH, K. T. Climate, soil and crop production in the humid tropics. Kuala Lumpur, Oxford University Press. 1970. 177 p.

CAPITULO 8

CULTIVOS

SISTEMAS DE PRODUCCION, ASOCIACION Y ROTACION CULTURAL

SISTEMAS DE PRODUCCION

En general, la yuca ha presentado en los diversos países americanos los sistemas de producción siguientes:

Cultivo de conuco, de roza o campesino

Esté cultivo es efectuado por los campesinos; la yuca la mezclan con maíz, leguminosas graníferas y zapallo (ayama) principalmente, y ocupan las entrelíneas de las plantaciones de bananos y cítricos, para la siembra. Esta producción constituye el principal recurso del mercado inmediato de la yuca dulce fresca, y de la yuca amarga para la industria casera del "casabe".

Debe mencionarse el papel de la cobertura completa del suelo que la yuca provee en el sistema de conuco, tal como lo practican las comunidades nativas en climas lluviosos; esta práctica aminora el impacto de las gotas de agua sobre los suelos forestales, que en cultivos modernos degenerarían su estructura mucho más rápidamente.

En el sistema de conuco se dice que no sólo es importante el agotamiento de la fertilidad, sino el aumento de malezas que ocurre a los pocos años de talar la vegetación boscosa.

Se gasta mucha energía en el control de las malezas. Una cobertura vegetal continua puede reducir la germinación de las semillas de las malezas fotoblásticas Fig. 10).

Cultivo para almidón

El cultivo de la yuca sola, hecha por agricultores empresarios para la industria del almidón, en extensiones de 1-5 hectáreas, con algún abonamiento, se realiza especialmente con cultivares amargos.



Fig. 10. Cultivo campesino o de "conuco" de yuca en la falda de un cerro. Nótese en primer plano la asociación maíz-yuca.

Cultivo industrial

Con el uso reciente de la raíz de yuca seca como fuente energética y de la harina de hojas secas, como fuente de proteínas en la alimentación animal, se han desarrollado campos de cultivo industriales mecanizados en que esta planta ocupa superficies de 50-100 y más hectáreas, donde se aplican técnicas agronómicas avanzadas al cultivo, tanto al suelo como a la planta durante el período vegetativo. Esta explotación es hecha a base de cultivares amargos.

ASOCIACION ROTACION DE CULTIVOS

La asociación cultural maíz-yuca es una de las más frecuentes en las regiones circunstpocales. En ensayos hechos en Togo y Benín, por Silvestre y Delcaso^{6 8}, para estudiar el efecto recíproco de la yuca y el maíz, cultivados en asociación, se encontró cuando la yuca se plantó al momento de sembrar el maíz, que los rendimientos del maíz disminuyeron hasta en un 15%, pero cuando la yuca se plantó 40 días después del maíz o más tardíamente, no se observó efecto depresivo de este cultivo sobre el maíz.

La influencia del maíz sobre la yuca es más compleja de analizar, ya que tiene un corto período de plantación a la entrada de la estación de lluvias, que es el decisivo en el rendimiento de este cultivo, por ser esencialmente cultivo de secano.

Pushparajah y Yeok^{6 0}, en Malaya, experimentaron con la yuca como cultivo intercalado en plantaciones de caucho (*Hevea* sp.) y concluyeron que cuando la yuca se planta a 3 metros de las hileras de caucho, la competencia es mínima, siempre que se emplee una fertilización adecuada.

El CIAT^{1 0} realizó en Colombia cultivos asociados de yuca con maíz y soya, colocando ésta a 1,80 m entre líneas y a 1,10 m entre plantas. Los rendimientos en raíces reservantes de la yuca se redujeron, pero la ganancia económica bruta, fue similar para todas las asociaciones de cultivos.

Nwosu^{5 8} estudió los diferentes tipos de asociación en diversas regiones de Nigeria. En el Este donde los cultivos dominantes son ñames, yuca y maíz, la asociación rotación básica corresponde al siguiente esquema tradicional:

Primer año: ñame asociado con maíz para cosecha temprana que se siembra después que el ñame y se cosecha antes; hortalizas y yuca.

Segundo año: yuca del año anterior seguida de barbecho hasta el noveno año.

Algunas modificaciones pueden ser:

Primer año: ñame u ocumo asociado con maíz para temprano, hortalizas, yuca.

Segundo año: yuca seguida de barbecho hasta el cuarto año.

Primer año: maní, yuca.

Segundo año: yuca seguida de barbecho hasta el cuarto año.

Primer año: maíz para temprano asociado con oca (quimbombó) o maní.

Segundo año: ñame asociado con maíz para cosecha temprana, hortalizas, yuca.

Tercer año: yuca seguido de barbecho hasta el cuarto año.

Primer año: ocumo u hortalizas o ambos cultivos.

Segundo año: ñames u ocumo asociados con maíz para temprano, yuca.

Tercer año: yuca seguida de barbecho hasta el cuarto año.

En estas asociaciones-rotaciones los únicos nutrimentos adicionales provienen de las basuras domésticas, las cuales se agregan en

algunas áreas, con restos vegetales para hacer un compuesto que se añaden al cultivo cabeza de la rotación.

Se deduce de este estudio que la vegetación de los propios cultivos se restituye al descomponerse en el suelo una parte apreciable de los nutrimentos extraídos al suelo, junto a un aporte favorable de materia orgánica que contribuye a mejoras en la estructura del suelo. En las regiones forestales montañosas de Nigeria, con una precipitación pluvial de 2500 mm, con poca población humana, el plátano reemplaza a los ñames como alimento principal. Un ejemplo de rotación es:

Primer año: plátano asociado con yuca, caña de azúcar, maíz para temprano, ocra (quimbombo).

Segundo año: plátano, yuca, caña de azúcar.

Tercer año: yuca, plátano, barbecho que sigue hasta el 11° año.

En las zonas ribereñas, las plantaciones se hacen después de los grandes períodos anuales de inundaciones y las rotaciones son:

Primer año: arroz de inundación, hasta el cuarto año.

Quinto año: ñames asociados con maíz, hortalizas y yuca.

Sexto año: yuca y barbecho hasta el noveno año.

Primer año: maíz asociado con maní, melón u otras hortalizas.

Segundo año: maní, hortalizas, yuca.

Tercer año: yuca y barbecho que sigue hasta el octavo año.

ROTACION DE CULTIVOS

Con el desarrollo de los cultivos mecanizados de yuca para usos industriales, actualmente se emplean varios sistemas de rotación en que la yuca entra como cultivo individual y los más utilizados son:

- a. maíz, maní, banano o plátano (2-3 años), yuca.
- b. pasto guinea, yuca, maíz, pasto guinea.
- c. arroz, leguminosas granífera, arroz, yuca.
- d. maíz, leguminosas, algodón, yuca.
- e. maíz, hortalizas (riego), yuca, caña de azúcar, leguminosas forrajera.
- f. ñame u ocumo asociados con maíz, yuca, leguminosas granífera.

El largo de los períodos vegetativos y el lapso de ajuste de estos cultivos variará de acuerdo a las estaciones en que se establezcan, sean éstas secas o húmedas, o a las disponibilidades de riego artificial complementario, por lo que no se han indicado períodos de años.

En el caso de disponibilidad de suelos se pueden efectuar rotaciones más largas incluyendo un cultivo de leguminosas de cobertura en lugar de barbechos descubiertos, para evitar la destrucción de la materia orgánica y desmejoramiento de la estructura del suelo.

Arraudeau³ al referirse al uso de abonos verdes en el cultivo de la yuca en las Filipinas, recomienda las especies: *Crotalaria*, *Tephrosia* o *Vigna*.

En otras partes la yuca se emplea como sombra temporal en el establecimiento de plantaciones de cacao o café.

PREPARACION DE LA TIERRA

Una buena preparación del suelo es fundamental para el éxito de una plantación de yuca. El tipo de labores que se efectúe dependerá del esquema de rotación cultural y de los factores socioeconómicos de índole local.

En suelos de sabana, cubiertos de pastos naturales, franco arenosos o francos, es conveniente efectuar las siguientes labores mecanizadas:

- a. dos pases de rastra pesada, en cruz;
- b. un pase de rastra liviana.

Lo adecuado de las labores, en este tipo de suelos, dependerá de la profundidad de los horizontes en el perfil.

Si se trata de suelos de pH bajo, alrededor de 5, ó menos, es conveniente aplicar una tonelada de cal agrícola por hectárea, labor que se hace inmediatamente después de los rastreos iniciales, pero con suficiente anticipación a la plantación. En caso de aplicar carbonato de calcio, la aplicación debe hacerse 1-2 meses antes de la plantación.

Por último y cuando no se usa una plantadora mecánica, es necesario efectuar un surcado liviano del suelo (rayado) con cultivadoras de puntas o vertederas angostas, a la distancia adecuada y que penetre 10-12 cm.

En suelos francos o franco-arcillo-limosos, ácidos, la preparación incluirá:

Un pase de arado integral o de tiro, seguido del encalado y dos rastreos livianos; o bien, dos pases de rastra pesada seguidos de dos pases de rastra liviana.

En caso de que existan capas arcillo-limosas impermeables delgadas, dentro de los primeros 40 cm del perfil, es necesario efectuar una aradura que profundice a 20-25 cm, seguido de un paso de subsolador, encalado y pase de rastra liviana.

No debe usarse en el cultivo de la yuca suelos de textura entre franco-arcillo-limosas a arcillo-limosas, susceptibles de inundaciones largas o con una mesa de agua que llegue hasta los 40-50 cm de la superficie. De tener que hacerlo estos suelos deben tener una buena nivelación y un mejoramiento del drenaje para evitar encharcamientos y el cultivo se hará sobre camellones altos.

También deben evitarse los suelos pedregosos debido a la producción de raíces reservantes de forma irregular y a la dificultad para el uso de la mecanización, porque las piedras dañan las máquinas.

Las ventajas de todas las labores de los suelos que se han enumerado son evidentes, tanto para el cultivo de la yuca como para los otros que forman la rotación. A continuación se anotan los más importantes:

- a. se crea un medio más adecuado para el desarrollo, tanto de las raíces fibrosas de sostén y alimentación, como para las raíces reservantes;
- b. se obtiene una mayor capacidad de retención y conservación del agua de las lluvias;
- c. se provoca la aireación del suelo, estimulándose la actividad de las bacterias nitrificantes.

Dentro del cultivo tradicional campesino o de conuco, en los suelos de bosques vírgenes o secundarios, se corta la vegetación arbustiva, se quema el roce y a los pocos días se planta yuca, abriendo solamente un pequeño hoyo en el lugar en que se introduce la estaca. En los suelos ya incorporados al cultivo se planta igualmente la estaca de yuca en un hoyo abierto con la punta del machete.

CARACTERISTICAS Y CAPACIDAD DE OPERACION DE LA MAQUINARIA. COSTO DE LA LABOR

En el Cuadro 8.1 se indican las características y la capacidad de operación de las herramientas agrícolas en las diversas labores de preparación de la tierra para yuca, así como el costo promedio de la labor.

CUADRO No. 8.1. Características y capacitación de operación de la maquinaria. Costo de la labor. (Basado en la experiencia de la Sección de Mecanización Agrícola, del Instituto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central, de Venezuela).

Operación	Tractor		Herramientas		Capacidad promedio de la operación Has/h	Costo promedio de la labor		Fuente de información
	Tipo	Características	Tipo	Características		Bs/h	Bs/Ha	
Rastreo pesado	Orugas	Caterpillar D5-5A HPBT: 97	Rastras pesadas	Rome 14-28 Tipo: 10 x 36"	0,85	56,27	61,96	Costo tractor Bs. 178.500* Uso anual: 800 h
	Ruedas	John Deere 7020 HPBT: 83		Penetrac.: 23 cm ancho: 210 cm				
Subsolar	Orugas	Caterpillar D5-5A HPBT: 97	Subsolador	Rome Tipo: 2 elementos	0,40	52,68	131,70	Costo tractor Bs. 178.500 Uso anual: 800 h
	Ruedas	John Deere 7020 HPBT: 83		Penetrac.: 50-60 cm Ancho: 150 cm				
Aradura con discos (1 pase)	Ruedas	Leyland 384 HPTF: 70	Arado de discos	Nardi Lara Tipo: integral 3 x 26" Ancho: 90 cm	0,36	30,00	83,30	Costo tractor Bs. 46.100 Costo herramientas Bs. 6.300 Uso anual: 600 h
	Ruedas	Leyland 384 HPTF: 70	Rastras de discos	Roto-agro DR-1824 Tipo: tiro 18 x 24" Ancho: 210 cm	2,07	30,00	14,50	
Rastreo con discos (1 pase)	Ruedas	Leyland 384 HPTF: 70	Rastras de discos	Roto-agro DR-1824 Tipo: tiro 18 x 24" Ancho: 210 cm	2,07	30,00	14,50	Costo tractor Bs. 46.100 Costo herramientas Bs. 5.700 Uso anual: 600 h

HPBT = Caballos de fuerza en la barra de tiro del tractor.

HPTF = Caballos de fuerza en la toma de fuerza del tractor.

(*) Relación de cambio Bs 4,25 x US\$ 1.

MATERIAL DE PROPAGACION

CAMPOS DE MULTIPLICACION

El cultivador tradicional de yuca toma de cualquier parte o dedica una parte de su plantel comercial para extraer de allí el material de esquejes o estacas de propagación. Sin embargo, esto no ha probado ser lo más adecuado, especialmente cuando no se hace un control de enfermedades y de plagas durante el período vegetativo del cultivo.

Para introducir a áreas extensas las nuevas variedades de yuca seleccionadas y probadas por los Institutos de Investigación Agrícola, como de alto rendimiento en raíces y materia seca total, se recomienda, en especial, tener planteles aislados para producción de estacas de propagación. En estos sitios se debe hacer un control cuidadoso de las plagas económicamente más importantes, y en caso necesario, de las enfermedades. Aún en casos especiales, cuando las enfermedades de virus, sean limitantes del cultivo, podrá realizarse una prueba serológica del material para distribución, similar a la efectuada en la producción de papa-semilla certificada.

Para producir plantas libres de quemazón bacteriana, Lozano y Wholey^{4,6} proponen la multiplicación de la yuca mediante extremos de los brotes.

Como en los campos de propagación la producción de raíces reser-vantes es secundaria, pueden realizarse allí prácticas culturales que estimulen la producción de tallos y follaje, como una continua abonadura nitrogenada; igualmente deben escogerse suelos con una buena provisión de agua, como vegas de ríos o formación de bosques de galería (morichales) en sabanas (Fig. 11).

Las distancias de plantación deben estar de acuerdo al tipo de desarrollo de las variedades de yuca con que se trabaja, pero en todo caso pueden ser menores que en los planteles para producción de raíces.

La cosecha del material debe hacerse cuando éste ya haya producido madera dura. La madurez se reconoce porque el tallo está desprovisto de hojas, fenómeno que se produce de la base al ápice. En todo caso, la época de cosecha deberá coincidir con la entrada de la estación de lluvias para cultivos que se efectúen en zonas con un período seco prolongado, no ocurriendo lo mismo en zonas donde la lluvia está distribuida todo el año.

TIPOS DE ESTACAS

Ubicación

Los esquejes se clasifican en: basales, medios y apicales, según su ubicación en los tallos de las plantas que les dan origen. Existe una



Fig. 11. Formación de "morichal", bosque de galería en una sabana. Este sitio es apto para destinarlo a campo de propagación de estacas, por el continuo crecimiento vegetativo debido a la provisión permanente de agua subterránea.

recomendación general que indique que las estacas obtenidas de la parte basal y media del tallo, dan plantas más vigorosas que las estacas de la parte apical.

Fairlie²⁵ estudió en el Perú el efecto de la ubicación de la estaca en el tallo de la yuca en el porcentaje de brotación y en el rendimiento de raíces. En la brotación encontró que las estacas basales tienen una brotación superior a las medias y apicales; en rendimiento, los resultados señalan una ventaja para las plantas provenientes de estacas apicales. Con esto se concluye que todas las procedencias de las estacas ofrecen iguales oportunidades de éxito.

Huertas³⁶ indicó que en Filipinas los más altos porcentajes de brotación y rendimientos altamente significativos en las raíces reservantes, fueron obtenidos de esquejes basales cuando se los comparó con esquejes medios y apicales. En materia seca, los más altos porcentajes fueron obtenidos de las estacas apicales.

Guanzón²⁹ dice que los mejores esquejes se obtienen de la parte madura del tallo, sin usar la parte apical herbácea, ni la parte cercana al cuello de la planta.

Galand²⁶ indica haber obtenido rendimientos en raíces reservantes de 36,5, 34,9, y 19,1 Ton cuando utilizó estacas basales, medias y apicales, respectivamente.

En Brasil, Krochmal^{4,2} recomienda utilizar estacas de la sección basal o media de las plantas.

En Venezuela, Muñoz et al^{5,5} al comparar los tres orígenes de las estacas concluyen que las plantas con mayor brotación y más vigorosas son las provenientes de estacas de la parte basal y media de los tallos.

Chan Seak Khen^{1,7} en Malasia, al usar estacas provenientes de diversas ubicaciones del tallo obtienen los resultados señalados en el Cuadro 8.2.

CUADRO No. 8.2. Rendimiento en raíces reservantes frescas (Ton/Ha) provenientes de estacas de diversas ubicaciones. (Chan Seak Khen^{1,7}, Malasia).

Ubicación en el tallo	Largo de la estaca (cm)			Promedio
	7,5	15,0	21,5	
Basal	35,46	32,01	41,89	36,45
Media	33,88	36,21	40,08	36,72
Apical	35,41	36,67	39,27	35,79
Promedios	34,92	33,64	40,40	36,33

D.M.S. (0,05) entre largos de estaca = 3,33 Ton

D.M.S. (0,05) entre ubicaciones del tallo = 3,33 Ton

C.V. = 10,9%.

El análisis del Cuadro 8.2 muestra que el largo de la estaca de 21,5 cm fue el mejor y que no hubo diferencia significativa entre las estacas según fuera su ubicación en el tallo original.

Los antecedentes anteriores hacen concluir que las mejores estacas son las maduras, vigorosas y sanas, que permitan una buena nutrición de los brotes y una resistencia a períodos de escasez de agua y de plagas, especialmente hormigas del género *Atta*.

Longitud

Dulong^{2,0} manifiesta que ensayos realizados en Madagascar demostraron una superioridad de las estacas de 30-35 cm sobre las de 15 de largo.

Rodríguez y Sánchez^{6,1,6,2} en experimentos controlados, realizados en Misiones, Argentina, encontraron que las estacas de 25-30 cm

que se plantaron horizontales u oblicuas, fueron superiores a los que corrientemente se usan en la región y que son de 8-10 cm.

Conceicao y Sampaio¹⁵ compararon los tamaños de las estacas de 10, 12, 15, 20, 25 y 30 cm en la reproducción de yuca, en plantas colocadas a 1 x 0,80 m.

Los resultados indicaron que los más convenientes eran los tamaños de 20, 25 y 30 cm, pero se recomendó el uso de esquejes de 20 cm por las siguientes ventajas:

- a. menor consumo de material de propagación por unidad de área, con relación a los tamaños mayores;
- b. mayor porcentaje de plantas vigorosas; y
- c. en general, mayor producción media de raíces reservantes por planta.

Todas las estacas usadas en este experimento provinieron de plantas de 12 meses de edad y se plantaron horizontalmente.

Según Da Silva⁶⁷ en Santa Catalina, Brasil, se han hecho experimentos sobre el largo de las estacas para plantación con los siguientes resultados:

Largo de las estacas (cm)	Producción de raíces (índice)
10	100
15	400
20	471
25	471
30	483

Loría⁴⁵ estudió la influencia del largo y la posición de la estaca en su arraigamiento, rendimiento en raíces reservantes y en follaje. Los largos estudiados fueron: 20, 40, 60, y 80 cm y las posiciones de plantación: horizontal, inclinada y vertical. Se obtuvo un mayor porcentaje de brotación con estacas inclinadas y con los largos de 60 y 80 cm. La interacción largo por posición no fue significativa. No hubo diferencias significativas en rendimientos en raíces reservantes entre los diversos tratamientos. Las estacas de 60 cm de largo produjeron mayor cantidad de follaje.

Machado⁴⁷ comparó los efectos de los largos de las estacas sobre el rendimiento de las raíces reservantes. La comparación se realizó a base de estacas de 10-15 cm versus 80-100 cm.

El autor concluyó que el rendimiento en raíces reservantes por el sistema de estacas largas no presentó diferencias determinantes e in-

cluso encontró que a los 16 meses se igualó con el sistema corriente de estacas cortas. Señaló que el sistema de estacas largas presenta el problema de un mayor gasto en material de propagación.

Wholey y Cock⁷² comparan el efecto del ambiente sobre estacas de diversos largos en la producción de brotes (Cuadro 8.3).

CUADRO No. 8.3. Efecto del ambiente y largo de las estacas en la producción de brotes a los 40 días de vegetación. Variedad: M Col 1438 (Wholey y Cock⁷²).

Largo de las estacas	AMBIENTE					
	Neblina intermitente		Cama de propagación corriente		Promedio	
	brotes por estaca A	brotes por nudo B	brotes por estaca A	brotes por nudo B	brotes por estaca A	brotes por nudo B
1 nudo	0,9	0,9	1,1	1,1	0,9	1,1
2 nudos	1,4	0,7	2,9	1,4	2,2	1,1
10 cm	1,8	0,5	3,1	0,9	2,5	0,7
20 cm	3,0	0,5	4,2	0,9	3,6	0,7
Promedio	1,8	0,6	2,8	1,1	2,3	0,9

D.M.S. (0,05): entre largos de estaca = 0,22

Brotes x nudo: entre ambientes = 0,15

La producción de brotes en la cama de propagación fue mayor que bajo neblina intermitente. La humedad relativa fue la misma en ambos casos, pero la temperatura varió de 22,8-45,1°C en la cama de propagación y de 20,2-32,2°C bajo la neblina intermitente. La propagación de la yuca bajo el sistema de 1 y 2 yemas y en camas de propagación ofreció la oportunidad de producir hasta 18.000 estacas en un año, partiendo de una planta.

El largo de la estaca para propagación debe ser de 15-20 cm en el caso de plantaciones industriales, para tener economía en material de propagación y se podrá llegar a 30 cm para uso en huertas caseras o en plantaciones por el sistema de conuco, especialmente cuando se produce el material de plantación en la propia finca.

Para la introducción de nuevas variedades podrá utilizarse, siempre que se cuente con instalaciones adecuadas, la multiplicación por el sistema de estacas de 1, 2 ó 3 yemas (Figs. 12, 13, 14 y 15).

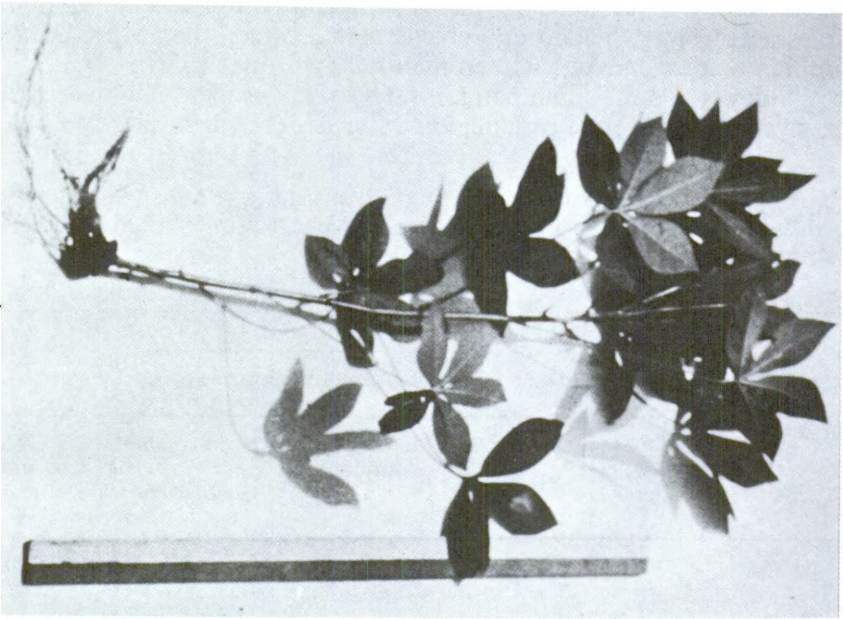


Fig. 12. Para una multiplicación rápida de una variedad mejorada pueden utilizarse estacas de una yema. Nótese el vigor de la planta y el excelente desarrollo radicular.

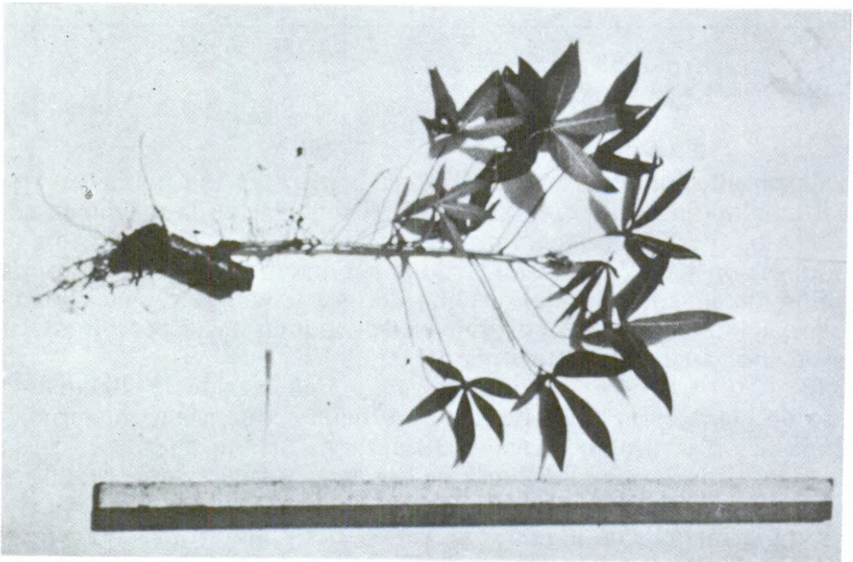


Fig. 13. Planta proveniente de una estaca de dos yemas.



Fig. 14. Planta proveniente de una estaca de 10 yemas. Obsérvese la predominancia de la yema apical. La producción de raicillas está en el extremo distal.

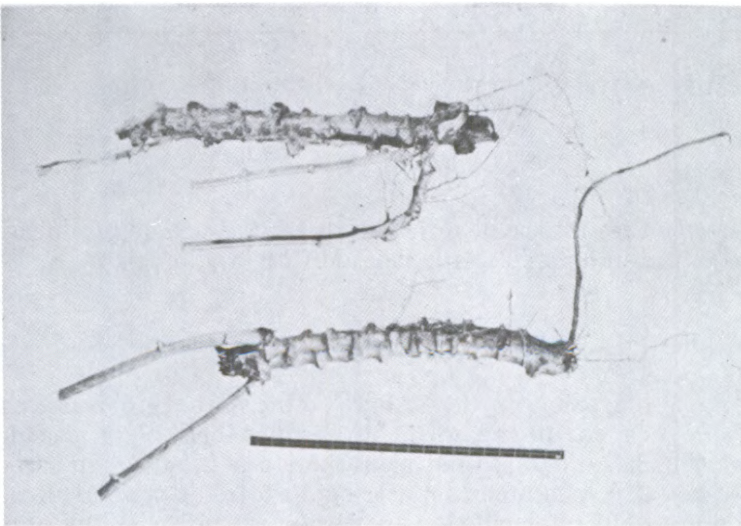


Fig. 15. Estacas de yuca plantadas en forma inclinada. La superior fue plantada en forma normal —con las yemas hacia arriba— la inferior, en forma invertida. Obsérvese que en ambos casos la formación de brotes se produce en el extremo apical.

Madurez

Wholey y Cock⁷² estudiaron la producción de brotes en estacas lignificadas y no lignificadas de 25 cm y también el efecto del ambiente en estacas de diversos largos.

CUADRO No. 8.4. Producción de brotes de estacas lignificadas y no lignificadas de 25 cm en cuatro variedades de yuca después de 3 meses. Promedio de 12 estacas (Wholey y Cock⁷²).

Variedades	Madurez de las estacas					
	No lignificada		Lignificada		Promedio	
	brotes por estaca	brotes por nudo	brotes por estaca	brotes por nudo	brotes por estaca	brotes por nudo
M Col 22	4,3	0,46	13,7	1,07	9,0	0,77
M Col 75	6,7	0,96	11,6	1,99	9,2	1,46
M Col 76	3,2	0,32	7,9	0,89	5,6	0,61
M Col 1436	2,2	0,34	10,2	1,97	6,2	1,16
Promedio	4,1	0,52	10,9	1,48	7,5	1,00

D.M.S. (0,05) para estacas: entre madurez de estacas = 1,13
entre variedades = 1,60
para nudos: entre madurez de estacas = 0,12
entre variedades = 0,17

Se nota en las estacas lignificadas una eficiencia de producción de los brotes por nudo en las variedades M Col 75 y M Col 1438.

OTRAS FORMAS DE PROPAGACION

Kloppenbug, Sibie y de Bruijn⁴⁰ obtuvieron enraizamiento de hojas de yuca en un medio de turba-arena bajo el propagador de neblina y utilizando ácido naftalenoacético al 0,1-0,2% en carbón en polvo o en talco, y también sin usar reguladores de crecimiento.

Cuando se usó el regulador en carbón en polvo se tuvo mejores resultados que en talco. Las hojas en completo desarrollo fueron mejores para propagar que cuando se utilizaron hojas viejas. Se tuvo formación de raíces engrosadas en algunas de las hojas después de seis semanas.

Sykes y Harney⁷⁰ propagaron yuca tanto de secciones de estacas de diverso largo como de hojas; tuvieron éxito en todas las operaciones cuando éstas se hicieron en buenas condiciones ambientales.

TRATAMIENTOS ESPECIALES

Reguladores de crecimiento

Se recomienda el empleo de reguladores de crecimiento como los ácidos indolbutírico (AIB), indolacético (AIA), y naftalenoacético (ANA), para estimular la producción de raíces y de brotes en las estacas de yuca.

En el Cuadro 8.5 se detallan los resultados de algunos trabajos hechos con estos reguladores de crecimiento.

CUADRO No. 8.5. Producción de raíces fibrosas en estacas de yuca con reguladores (Montaldo⁴⁹).

Tratamientos	Largo de las raíces fibrosas a los 60 días de la plantación (cm)
Acido indolacético 800 ppm	20,6
Acido naftalenoacético 800 ppm	27,9
Sacarosa 10%	28,0
Testigo (agua)	14,3

En los resultados del Cuadro 8.5 puede apreciarse una ventaja del tratamiento del ácido naftalenoacético y sacarosa en el largo de las raíces. En estos trabajos se usaron estacas de 30 cm.

Bulgheroni et al⁷ estudiaron el efecto del ácido indolbutírico en dosis de 1000 ppm en la producción de brotes de estacas de yuca de 10, 20, 30 y 40 cm de largo (Cuadro 8.6).

En las estacas tratadas con agua se nota un mayor número de brotes que en aquellas en que se aplicó AIB; también las estacas más largas produjeron mayor número de brotes que las cortas.

Probablemente en las estacas tratadas el desarrollo de los brotes se inhibió debido a la dosis de 1000 ppm de AIB o a la ausencia de un cofactor estimulante del enraizamiento.

CUADRO No. 8.6. Número de brotes por estaca en diversas cosechas con aplicación de hormonas versus testigo con agua (Bulgheroni et al⁷).

Largo de las estacas cm	Tratamiento	Número de brotes por estaca. en diversas cosechas			Promedio brotes por estaca
		Primera	Segunda	Tercera	
10	AIB	1,5	1,3	1,6	1,5
10	Agua	1,8	1,7	2,2	1,9
20	AIB	2,1	2,5	1,1	1,9
20	Agua	2,2	2,0	2,1	2,1
30	AIB	3,1	3,0	1,8	2,6
30	Agua	3,0	2,8	2,7	2,8
40	AIB	2,7	3,2	3,4	3,1
40	Agua	2,9	3,3	3,2	3,1

C.V. = 9,8%.

Mecánico

Algunos agricultores acostumbran a provocar algunas heridas en la corteza de las estacas con lo que estimulan la formación de raíces en los tejidos internos. Con esto promueven una actividad de las auxinas que pueden tener influencia directa en la promoción de las raíces en las estacas.

Fungicidas e insecticidas

Para evitar el ataque primario de los hongos, cuyas esporas pueden ir adheridas a la película externa de las estacas, se pueden tratar éstas con algún fungicida adecuado, como etileno-bisditiocarbamato de manganeso al 80%, a razón de 200 g en 100 lt de agua. En caso de la presencia de taladradores del tallo, puede agregarse a esta solución fungicida 1/2 lt de aldrín o endrín. El tratamiento se hace sumergiendo las estacas por 10-15 minutos en la solución.

ALMACENAMIENTO DE LAS ESTACAS

Algunas veces es necesario conservar el material de propagación de yuca para efectuar posteriormente su plantación.

En Minas Gerais, Brasil, Da Silva^{6 7} efectuó una investigación para determinar cual era el mejor método de conservación de las estacas,

con el fin de determinar el mejor porcentaje de brotación de las mismas después de la plantación.

Método de conservación de estacas largas	Porcentaje de brotes
En posición vertical	70
En posición horizontal	50
Bajo arena	80
En cámara fría	20
Cosechadas y plantadas inmediatamente	100

Los resultados demostraron que era mejor usar el material de propagación inmediatamente después de la cosecha de la yuca, ya que se puede obtener con este sistema una brotación de 100%. La otra forma efectiva y práctica resultó en colocar las estacas largas de yuca afirmadas sobre un tronco, a la sombra, de manera que quedaran en posición vertical enterrando la base de las mismas hasta 10 cm.

REQUERIMIENTO DE MATERIAL DE PROPAGACION Y COSTO

Normalmente se emplean 1000-1500 tallos largos (estacones) por hectárea, los que se seccionan en estacas de 15-20 cm. La forma de comerciarlos es por haces de 50 tallos largos, de manera que se necesitan 50 a 75 haces por hectárea.

En Venezuela se cotiza a Bs 7,00 el valor del haz en caso de material de propagación corriente, y a Bs 15,00 el material mejorado.

PLANTACION

DISEÑO

Dulong²⁰ señala los siguientes tres diseños de plantación:

- en platabandas convexas de 1,60 a 1,80 m de ancho sobre las cuales se plantan en quince dos hileras de yuca. Este dispositivo conviene particularmente en las regiones donde las precipitaciones anuales sobrepasan los 1300 mm;
- en camellones espaciados a 0,80 m, los que se utilizan donde hay riesgo de humedad permanente o donde los suelos son poco profundos. Por otra parte, los camellones tienden a secarse rápidamente por lo que la plantación debe hacerse de inmediato;

- c. en suelos planos. Este modo de plantación es el más económico y conviene en los suelos poco profundos y de estructura pobre.

El diseño de la plantación también depende si el cultivo es campesino o industrial. En el último caso es preferible hacerlo en camellones.

ORIENTACION DE LAS ESTACAS

Las estacas pueden orientarse en el suelo en forma horizontal, oblicuas y verticales.

El sistema horizontal aparece como el más indicado y puede utilizarse la máquina plantadora. Por lo general se emplean en este sistema estacas cortas de 15 cm y se colocan 5-6 cm bajo la superficie del suelo. Una o dos yemas apicales de estaca dan origen a tallos aéreos, al nivel de los nudos y del extremo basal nacen raicillas fibrosas, las que también aparecen en los cortes y heridas de las estacas y a nivel de los nudos.

En los sistemas de orientación vertical e inclinado se dejan 2-3 yemas fuera del suelo.

Se han efectuado varias pruebas para determinar la mejor orientación de las estacas en la plantación. En Maracay (Montaldo^{4,9}) se plantaron estacas de 30 cm de largo de la variedad 2110 en tres posiciones diferentes (Cuadro 8.7):

- a. horizontales en el fondo del surco;
- b. oblicuas con la mitad de las yemas enterradas;
- c. verticales con la mitad de las yemas enterradas.

En la plantación de estacas horizontales se observó que la producción de raíces de yucas estaba dispuesta en forma extendida a lo largo de la estaca. En las oblicuas la producción fue más concentrada. Las plantas de estacas verticales fueron de más bajo rendimiento.

Rosas^{6,3}, en la Molina, Perú, experimentó con las tres orientaciones de plantación de estacas y con tres tamaños y encontró que bajo las condiciones del experimento no hubo diferencias de rendimiento entre los diversos tipos de posición de las estacas, pero en el caso de las estacas cortas de 10 cm, el rendimiento fue superior que cuando se emplearon estacas de 20 y 30 cm de largo.

Normanha y Pereira^{5,7} recomiendan, en general, para Brasil, el uso de estacas de 20-25 cm, plantadas horizontalmente en fondo de los surcos de 10 cm de profundidad.

Henaín y Cenoz^{3,1} estudiaron la influencia del tamaño de la estaca y la posición en el surco sobre el rendimiento en las raíces reservantes. Compararon las estacas plantadas horizontalmente e inclinadas a 45 y 60°, con largos de 8, 15 y 20 cm. Las conclusiones fueron que durante cinco años tuvieron los mejores rendimientos con estacas

CUADRO No. 8.7. Desarrollo de la vegetación y rendimiento en toneladas por hectárea de raíces. Sistema de plantación en yuca (Montaldo^{4 9}).

Posición de la estaca	Desarrollo de las plantas de 6-8 meses de vegetación	Raíces Ton/Ha	Peso por planta Kg	Nº yucas comerciales por planta	Nº de tallos por planta
Horizontal	4,80	20,8	2,930	6,0	1-4
Oblícuca	4,90	24,9	3,506	8,0	1
Vertical	4,60	19,3	2,717	5,7	1

- 1) Mal desarrollo. Ramificación y hojas escasas, éstas generalmente pequeñas (menos de 14 cm de largo el lóbulo medio) y cloróticas. Tallos débiles con diámetro menor de 1 cm a 10 cm del cuello de la planta.
- 2) Desarrollo deficiente. Hojas chicas, verdes. Tallos 1-2 cm diámetro.
- 3) Desarrollo regular. Hojas medianas 14-17 cm. Tallos 3-4 cm diámetro.
- 4) Buen desarrollo. Hojas medianas a grandes. Tallos 4-5 cm diámetro.
- 5) Excelente desarrollo. Ramificación abundante. Hojas grandes (17 cm). Tallos de más de 4 cm diámetro.

inclinadas; que el mayor porcentaje de brotación se produjo en las estacas de más de 15 cm, tanto inclinadas como horizontales, y que por no haber grandes diferencias en rendimiento, se recomiendan el uso de estacas plantadas en posición horizontal de más de 15 cm de largo.

En el CIAT^{1 1}, Cali, Colombia, se experimenta con estacas de 15 cm en posición vertical, horizontal, inclinada y vertical invertida. La evaluación de la brotación se hizo por el número de yemas que emergiera a la superficie del suelo. Las estacas verticales fueron las primeras en brotar pero luego se igualaron con las restantes, a excepción del tratamiento invertido.

Machado^{4 7} determinó que la plantación de estacas inclinadas produjo mayor rendimiento en raíces reservantes que la horizontal y vertical.

En un experimento conducido por Longman^{4 4} se plantaron estacas de yuca por el extremo basal y por el extremo distal (estacas invertidas) en diversas orientaciones. Los brotes basales dominaron cuando la estaca estaba horizontal, mientras que las estacas completamente invertidas exhibieron poco o ninguna dominancia apical. Las estacas que se enraizaron por el extremo distal fueron muy poco afectadas por los cambios de orientación, estando siempre presente la dominancia apical.

En Serdang, Malasia, Chan Seak Khen^{1 7} experimentó con estacas plantadas en tres diferentes posiciones: horizontales, oblícuas y verticales de 18 cm de largo y colocadas 0,90 cm de distancia en parcelas de

3,60 x 4,50 m, con cuatro repeticiones. La cosecha se realizó a los 13 meses después de la plantación. El Cuadro 8.8 muestra estos resultados.

CUADRO No. 8.8. Rendimiento en raíces reservantes de yuca obtenidos con tres diferentes posiciones de plantación (Serdang^{1 7}).

Posición de plantación de la estaca	Rendimiento en raíces frescas Ton/Ha
Horizontal	57,92
Oblicua	53,22
Vertical	52,70

D.M.S. ($p = 0,05$) entre posiciones plantación = 6,57 Ton/Ha.
C.V. = 6,9%.

No hubo diferencia significativa entre las tres posiciones de la plantación.

Los resultados anotados sobre la orientación de las estacas, permite recomendar la plantación horizontal para cultivos industriales extensivos, especialmente cuando se usa máquina plantadora. En cultivos campesinos se puede recomendar la plantación inclinada sobre todo a la entrada de la estación de lluvias, cuando no hay peligro de desecación de las estacas.

PROFUNDIDAD DE PLANTACION

Da Silva^{6 7} informa sobre una investigación realizada en Sao Paulo, Brasil, donde se plantaron estacas a 5, 10 y 15 cm de profundidad; los mejores rendimientos se obtuvieron en las raíces de las plantas provenientes de las estacas plantadas a 5 cm.

Los resultados de Da Silva permiten suponer que la profundidad de la plantación debe estar directamente relacionada con la textura del suelo. En suelos francos, con una mejor estructura, y por ende, una mejor aireación, la profundidad de 5 cm puede ser la ideal. En suelos más livianos esta profundidad puede hacerse a 10 cm, buscando mejor arraigamiento de la planta y una mayor disponibilidad de agua para los períodos secos.

NUMERO DE ESTACAS POR PUNTO DE PLANTACION

Conviene colocar una sola estaca sana en cada punto de la plantación.

En ciertas localidades, los campesinos colocan 1, 2 ó 3 estacas por hoyo y eliminan luego las que dan origen a plantas débiles, práctica que puede resultar inconveniente.

DENSIDAD

El CIAT¹⁰ en un ensayo en que se plantaron entre 2000 y 8000 plantas por hectárea, encontró que las diversas variedades de yuca, tenían distintas densidades óptimas de plantación, las que iban desde 5000 a 9000 plantas por hectárea aproximadamente.

Henaín y Cenoz³³ en Corrientes, Argentina, encontraron densidades entre 28500 (70 x 50 cm) a 9100 (100 x 120 cm) plantas por hectárea en suelos arenosos de poca fertilidad, que la densidad de 28500 plantas por hectárea fue la que dio mejor rendimiento en raíces.

Enyi²³ encontró que densidades de 12600 (90 x 90 cm) plantas por hectárea y 9450 (90 x 120 cm) plantas por hectárea, dan los mejores rendimientos.

En Colombia, Doll y Piedrahita¹⁹, en un ensayo de herbicidas con dos variedades de yuca, señalan que cuando el cultivo se mantuvo completamente libre de malezas mediante el control químico, en una de las variedades, CMC 84, las densidades de 6000 a 8000 plantas por hectárea fueron las mejores, mientras que cuando se quitó la maleza a mano a los 30 días, o a los 30 y 60 días del ciclo, las densidades de sobre 8000 plantas fueron necesarias para obtener los rendimientos máximos, no siendo esta diferencia tan marcada con la variedad Llana. Otra observación que obtuvieron fue que los índices de cosecha disminuyen cuando aumenta la densidad de las plantas. Encontraron 10% menos de materia seca total en las raíces de CMC 84 cuando se mantuvo totalmente libre de malezas por control químico. La otra variedad no mostró esta diferencia.

Gurnah³⁰, en Ghana, utilizando densidades en yuca de 74074, 37037, 18519, 12345 y 9259 plantas por hectárea, encontró que la densidad de 18519 dio los más altos rendimientos. Con densidades superiores o inferiores al rendimiento decreció.

Conceicao y Sampaio¹⁴ en Bahía, Brasil, experimentaron con las siguientes densidades de plantación en yuca: 10000 (1 x 1 m), 12500 (1 x 0,80 m), 14280 (1 x 0,70 m), 16666 (1 x 0,60 m), 20000 (1 x 0,50 m) y 25000 (1 x 0,40 m) plantas por hectárea. Las producciones medias de los tratamientos, en los tres años de ejecución del experimento, fueron de alrededor de 19-22 Ton/Ha, no habiendo significación estadística entre las diversas densidades por la prueba "F" de Snedecor.

Se estima, como recomendación general, para la producción de raíces reservantes de yuca para la industria, utilizar densidades de 8300 (1,20 x 1 m) ó 10375 (1,20 x 0,80 m) plantas por hectárea; y para la producción semimecanizada para casabe y almidón densidades de 12509 (1 x 0,80 m). En los cultivos de conuco la densidad dependerá de la asociación de cultivos.

EPOCA

La época de plantación más adecuada para la yuca es la entrada de la estación de lluvias. A veces es necesario producir material de propagación por lo que debe modificarse la época de plantación y suplementarse el cultivo con los riegos que sean necesarios. Cuando la lluvia está repartida todo el año, la época de plantación podrá modificarse de acuerdo a la demanda del mercado o a los planes de elaboración de la industria.

GASTOS DE LA PLANTACION

La faena de repicar estacas, desinfectar, distribuir en los surcos y plantar en forma manual ocupa 10 jornadas de trabajo. La distribución de los grupos de estacas se hace utilizando un camión o un vagón tirado por tractor. Las estacas se acomodan luego en los surcos.

El costo del tractor, vagón, operador y ayudante varía según las zonas.

Las necesidades de los fertilizantes y su costo fueron considerados en el Capítulo 7, Suelos y Fertilizantes.



Fig. 16. Plantación de estacas de yuca en forma horizontal. Faena mecánica de rayado o surcado.



Fig. 17. Plantación de estacas de yuca en forma horizontal. Faena de tapado manual.

LABORES CULTURALES

LIMPIAS Y ESCARDAS

Las labores de limpia deben comenzarse en la yuca cuando la planta tiene 20-30 cm, es decir, a las 4-5 semanas de la plantación. Se recomienda una segunda labor a los dos meses, la que debe repetirse hasta que el cultivo cierre totalmente las entrelíneas. En cultivos intercalados con yuca, las labores pueden ser menos, y cuando se usa yuca asociada a un cultivo de cobertura como leguminosas, las labores son nulas.

REABONAMIENTO

Cuando el cultivo de la yuca se presenta débil y con áreas cloróticas en sus primeros estados de desarrollo, es necesario un reabono a base de úrea con 100-150 Kg/Ha. En los cultivos industriales de yuca se recomienda efectuar el reabono en forma aérea para mayor efectividad y menor costo de la operación.

APORQUE

En cultivos no mecanizados se acostumbra a realizar un aporque a la yuca a los 2 a 3 meses de vegetación, para formar al pie de la planta un cubo de tierra donde las raíces reservantes puedan desarrollarse en buena forma, también para evitar que las raíces estén expuestas a la acción de rayos solares o al daño de roedores u otros animales, para facilitar el drenaje en suelos húmedos. Donde se desmaleza mecánicamente se hace además una limpia en la entrelínea y un reaporque y escarda o macheteo de malezas en el camellón.

Se dice en general que el aporque es beneficioso al cultivo, sin especificar el tipo de suelo. Sería conveniente determinar con más exactitud la influencia en el desarrollo de la planta, en la conservación de la humedad del suelo, y en el rendimiento, de esta práctica cultural.

REGADIO

Los antecedentes sobre riego en el cultivo de la yuca son escasos; sin embargo por la importancia que está adquiriendo el cultivo, es posible que, a corto plazo, se utilicen buenos suelos bajo riego para esta planta.

García y Montaldo²⁷ estudiaron a través de resultados de ocho años de experimentación en yuca, las exigencias hídricas de esta planta. Estos resultados fueron analizados en el Capítulo 6, Ecología.

En el Cuadro 8.9, se presentan los resultados de un experimento realizado por Sena y Campos⁶⁶, sobre desarrollo del sistema radicu-

CUADRO No. 8.9. Distribución comparativa del sistema radicular de la yuca a diversas profundidades en un suelo latosol, serie Seda, arcillo-arenoso, Bahía, Brasil, sometido a diversos períodos de riego. Rendimiento de raíces y porcentaje de este valor (Sena y Campos⁶⁶).

Profundidad cm	Período de riego							
	10 días		14 días		18 días		Sin riego	
	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%	Peso g	%
0-10	2051,2	97,56	3004,5	90,96	1925,1	98,41	179,4	28,81
10-30	44,7	2,13	243,6	7,37	22,8	1,17	387,6	64,01
30-60	6,6	0,31	43,3	1,31	8,2	0,42	25,9	4,18
60-90	—	—	12,0	0,36	—	—	7,0	1,13
90-120	—	—	—	—	—	—	7,7	1,24
120-140	—	—	—	—	—	—	3,8	0,62
	2102,5		3303,4		1956,1		621,4	

lar de la yuca hecho en un suelo latosol, de textura arcillo-arenosa, en Bahía, Brasil, con precipitación pluvial anual de 1196 mm y 24,4°C de temperatura media anual. El cultivo estuvo sometido a las siguientes frecuencias de irrigación: 1) cada 10 días; 2) cada 14 días; 3) cada 18 días y 4) testigo sin riego.

Se puede observar en el Cuadro 8.9 que el 97,56%, 90,96%, 98,41% y 28,81% de la producción de raíces frescas se localizan en la capa superficial comprendida entre 0-10 cm, y que las plantas no regadas produjeron el 64,01% en la capa inmediatamente inferior de 10-30 cm. El máximo rendimiento se produjo con una frecuencia de riego cada 14 días, seguido del riego cada 10 días y 18 días, respectivamente. Las parcelas sin riego rindieron aproximadamente el 20% de lo obtenido en las parcelas regadas cada 14 días.

Este experimento duró sólo 7 meses en una región en que el ciclo de la yuca es de 18 meses, y se realizó en la estación seca de Bahía, Brasil, la que de acuerdo a los gráficos presentados se extiende desde setiembre a marzo, o sea igual período que el experimento. La yuca es un cultivo de secano y se planta normalmente al comenzar la estación húmeda (Abril-Mayo), por lo que se estima que sus resultados hubieran sido de aplicación mucho más general, de haberse realizado en la época normal de plantación y el riego hubiese sido suplementario a la pluviosidad en el período crítico del ciclo normal. Sin embargo, esta investigación señala una metodología de trabajo y muestra lo mismo, que los resultados presentados por García y Montaldo²⁷, que la yuca no es un cultivo que se produzca económicamente en condiciones de deficiencia de humedad, si bien las plantas vegetan y dan cierta producción.

CONTROL DE MALEZAS

El control de las malezas durante el primer desarrollo de la yuca, constituye una práctica cultural de primera importancia y necesaria para el éxito del cultivo, especialmente por efectuarse su plantación a la entrada de la estación de lluvias, cuando las semillas de las malezas encuentran condiciones ideales de humedad y temperatura para germinar.

La forma más económica de lograr una baja frecuencia de malezas, es por medio de un buen esquema de rotación de cultivos y efectuando una adecuada y oportuna preparación de los suelos para que las semillas de las malezas germinen y poder destruir así las plantitas nuevas con los últimos trabajos del suelo.

Las labores posteriores de escardas y de aporque, lo mismo que el macheteo y limpia sobre la línea de plantación son efectivos, cuando son repetidos.

El uso de herbicidas de aplicación preemergente es bastante efectivo en este cultivo como lo demuestran diversos resultados. Esta nueva práctica ha obligado a modificar sistemas de plantación y secuencia de labores.

Así, si se aplica herbicida, se debe plantar sobre camellones, ya sea hechos con surcadoras o máquinas plantadoras colocando en ellos las estacas en forma horizontal para evitar el posible efecto fitotóxico del producto químico, que se debe aplicar de postplantación, antes de que emerjan los brotes del cultivo sobre la superficie del suelo.

Como la mayoría de los cultivos de yuca se hacen hasta ahora, en suelos de secano, no hay peligro de pisoteo debido a labores de riego y reinfestación con semillas de malezas traídas por el agua. Con el uso de herbicidas, existe menor necesidad de escardas y aporque o reaporque posterior a la plantación, y por lo general, se efectúan limpias livianas o macheteo sobre la línea de plantación cuando el cultivo tiene 50-60 cm de alto, pasando luego este a cubrir líneas y entrelíneas con lo que ocurre un control natural de las malezas.

En el Cuadro 8.10 se enumeran las malezas más comunes en los cultivos de yuca de las zonas tropicales calientes americanas.

Los siguientes son algunos antecedentes sobre control químico de malezas en yuca:

Kasasian³⁹ aplicó herbicidas en yuca 5 días después de la plantación; como para esa fecha ya habían tanto malezas como brotes de yuca, agregó a cada uno de los tratamientos 2,25 Kg/Ha de diquat, de manera que se murieran todas las malezas y los brotes de la yuca. Las observaciones siguientes fueron hechas sobre los nuevos brotes de la yuca: se obtuvo un buen control de malezas, mejor que en los testigos no desmalezados, con 2,25 a 4,5 Kg/Ha de amibén, atrazín, prometrín, simazín y diurón; 3,5 a 6,7 Kg/Ha de neuburón; 5,6 a 11,2 Kg/Ha de TCA o PCP; 2,25 Kg/Ha de simazín adicionado de 5,6 Kg/Ha de TCA; 2,25 Kg/Ha de atratón y 3,5 Kg/Ha de fenac.

Alvarado y Hurtado² realizaron un trabajo en Manizales, Colombia, con el objeto de evaluar la selectividad de los herbicidas fluometurón, diurón, linurón, atrazín y DNBP en el control de malezas en yuca.

Los productos fluometurón y diurón fueron los que mostraron mejor selectividad para el cultivo de la yuca. En base a estos resultados se planeó un segundo experimento con fluometurón en dosis de 1,5 Kg, 2,5 Kg, 3,5 Kg, i.a./Ha y diurón en dosis de 1,0 Kg, 2,0 Kg, 3,0 Kg, i.a./Ha aplicados en preemergencia.

Alvarado y Hurtado recomiendan fluometurón en dosis de 2,5 Kg i.a./Ha y diurón en dosis de 1,0 Kg i.a./Ha para control de malezas en yuca en esa región.

CUADRO No. 8.10. Malezas más comunes en los cultivos de yuca de las regiones tropicales y subtropicales americanas.

Nombre científico	Nombre vulgar	Dispersión
CIPERACEAS		
<i>Cyperus rotundus</i>	Corocillo, coquito	Pantropical
GRAMINEAS		
<i>Eleusine indica</i>	Guarataro, pata de gallina	América tropical y subtropical
<i>Echinochloa</i> sp.	Arrocillo, paja americana	América tropical y subtropical
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo de Alepo, millo	Pantropical
<i>Setaria geniculata</i>	Limpia botella, gusanillo	América tropical y subtropical
<i>Cenchrus brownei</i>	Cadillo	Pantropical
<i>Digitaria sanguinalis</i>		Pantropical
<i>Axonopus compresus</i>	Paja peluda	América tropical
CONVULVULACEAS		
<i>Ipomoea</i> spp.	Batatilla, camotillo	América tropical
AMARANTACEAS		
<i>Amaranthus</i> sp.	Pira, bledo	América tropical
PORTULACACEAS		
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Pantropical
COMPUESTAS:		
<i>Sclerocarpus coffeaecolus</i>	Flor amarilla, buba amarilla	América tropical

El Cuadro 8.11 muestra los resultados obtenidos por Chicco y Guede¹⁸, en aplicación de herbicidas en yuca, en Cagua, Venezuela.

Estos resultados muestran que el más efectivo fue fluometurón aplicado como preemergente en dosis de 2 Kg de producto comercial por hectárea que combina un control satisfactorio de ambos tipos de malezas (gramíneas y hoja ancha) con una apreciable selectividad para el cultivo.

CUADRO No. 8.11. Control de malezas y daños al cultivo en yuca en Cagua, Venezuela (Chicco y Guedez^{1 8}).

Herbicida	Dosis producto comercial x Ha	Porcentaje de control de malezas			Daños ocasionados al cultivo*	
		20 días de aplicación	43 días de aplicación	60 días de aplicación	19 días de aplicación	60 días de aplicación
Norea	2 Kg	93,16	85,33	38,33	3,5	0,7
Norea	3 “	97,71	84,31	60,00	4,8	0,3
Diurón	1 “	96,41	86,45	36,66	3,3	0,3
Diurón	2 “	92,08	91,04	31,66	5,5	2,0
Atrazín	1 “	80,12	83,24	31,66	5,3	1,2
Atrazín	2 “	36,88	94,31	81,66	8,3	10,0
Ametrín	2 “	99,50	92,87	66,66	6,5	2,0
Ametrín	3 “	99,86	95,64	88,33	8,0	10,0
Linurón	1 “	82,35	62,37	0,00	3,0	0
Linurón	2 “	95,47	88,27	36,66	4,8	0,7
Fluometurón	1 “	88,58	66,97	3,33	1,6	0
Fluometurón	2 “	97,22	96,71	78,33	2,0	0
Metobromurón	2 “	94,53	84,51	10,00	3,5	0,7
Metobromurón	3 “	90,40	80,33	10,00	4,8	1,0
Trifluralín	2 lts	75,37	65,42	25,00	6,1	1,3
Trifluralín	3 “	90,42	90,11	55,00	5,0	3,0

(*) Escala de daños: 0 = ningún daño. 10 = todas las plantas dañadas.

Barrios⁵, en Maracay, Venezuela, estudió la acción de fluometurón, prometrín, atrazín, y difenamid en dosis de 2 Kg de producto comercial por hectárea sobre el cultivo de la yuca en dos épocas de cultivo: a la salida de la estación de lluvias y en plena estación de lluvias.

Las estacas se plantaron inclinadas sobre el costado del surco. La aplicación de los herbicidas no fue dirigida y se efectuó sobre toda la superficie del terreno de la parcela. En cada época se usó un diseño de bloques al azar.

La evaluación se hizo midiendo en el cultivo de yuca la producción de materia seca, tanto de la parte aérea como de las raíces reservantes; además se determinó el área foliar. También se consideraron las malezas expresadas como materia seca.

Los resultados más promisorios se obtuvieron con fluometurón en las dos épocas de plantación. El atrazín actuó bien en la época de la salida de la estación de lluvias, pero en la época de plena estación de lluvias ejerció una acción fitotóxica moderada sobre el cultivo. Los

otros productos prometrín y difenamid no se comportaron bien en las dosis empleadas.

Coelho et al^{1 3} investigaron el control de malezas en el cultivo de la yuca en Minas Gerais, Brasil, en un suelo latosol amarillo oscuro, fase cerrada y de textura arcillosa. Utilizaron los productos diurón y linurón en dosis de 2, 4 y 6 Kg/Ha no encontrando diferencia estadísticamente significativas entre la dosis. El análisis económico de los resultados mostró que bajo las condiciones estudiadas, no fue viable el empleo de herbicidas frente a la labor manual.

Albuquerque¹, en Belem, Pará, Brasil, recomienda el uso de diurón y contraíndica los productos a base de triazinas y de ordrán en el cultivo de la yuca.

Coelho y Correa^{1 2} probaron los herbicidas fluometurón 2 Kg/Ha, diurón 2 Kg/Ha, linurón 2 Kg/Ha, metobromurón 3 Kg/Ha y cloroxurón 3 Kg/Ha en el cultivo de la yuca en Minas Gerais, Brasil. La evaluación de la efectividad del herbicida se hizo pesando las malezas secas a los 30 y 70 días después de la aplicación de los herbicidas. El análisis de la producción de raíces mostró que linurón y metobromurón fueron los mejores herbicidas; mientras que diurón y linurón probaron ser mejores para la producción de follaje en la yuca.

El Cuadro 8.12 muestra los resultados obtenidos con el uso de herbicidas de preemergencia en yuca, en Minas Gerais, Brasil (Da Silva^{6 7}).

CUADRO No. 8.12. Ensayo de herbicidas en yuca, Minas Gerais, Brasil. Producción de raíces reservantes y follaje en Ton/Ha (Da Silva^{6 7}).

Tratamiento	Producción por hectárea en Ton	
	Raíces reservantes	Follaje
Linurón	19,71	30,21
Metobromurón	17,66	22,02
Testigo con desmalezadora a mano	15,77	23,60
Diurón	14,96	27,12
Cloroxurón	11,60	19,81
Fluometurón	8,54	16,31
Testigo sin desmalezar	6,33	8,81

Doll y Piedrahita^{1 9} en un estudio realizado en Cali, Colombia, de competencia de las malezas sobre la yuca mostraron que ésta se produce con más intensidad entre los 60 y 120 días después de la

plantación. Cuando se permitió la competencia de las malezas durante los primeros 60 días, rindió el 76% de la producción máxima. Se consideró rendimiento máximo el producido por las parcelas que se mantuvieron libres de malezas durante todo el ciclo, mediante el control químico total. La que estuvo libre de malezas por 120 días, dio 88% del máximo.

El control químico total en la parcela testigo se realizó con fluometurón y alaclor en tratamiento de preemergencia, utilizando 2 + 1,5 Kg/Ha de ingrediente activo de cada producto, seguido por un total de 12 aplicaciones dirigidas de postemergencia de solución de paraquat al 0,5%.

CUADRO No. 8.13. Efectos de varios períodos de competencia de malezas en el peso de raíces frescas de yuca y porcentaje del rendimiento comparado con un testigo libre de malezas por control químico. Cosecha a los 9,3 meses. Variedad: CMC-39 y CMC-84 (Doll y Piedrahita^{1 9}).

Tmt. número	Número desmalezadura	Frecuencia de desmalezaduras. Días después de la plantación	Rendimiento en raíces frescas			
			CMC-39		CMC-84	
			Ton/Ha	% Rend.	Ton/Ha	% Rend. (*)
1	4+**	15, 30, 60, 120,	18,05	85,7	19,32	96,3
2	3+	30, 60, 120,	16,01	76,0	15,53	77,4
3	2+	60, 120,	11,00	52,2	9,47	42,2
4	1+	120,	7,00	33,2	2,75	13,7
5	4	15, 30, 60, 120	19,50	92,5	14,71	73,9
6	3	15, 30, 60	12,94	61,4	16,82	83,8
7	2	15, 30,	13,31	63,2	11,64	58,0
8	1	15,	5,83	27,7	5,99	29,8
9	2	30, 60	16,28	77,3	16,87	84,0
10	2	15, 45	15,39	73,0	13,23	65,9
11	0	sin desmalezar	1,40	6,6	0,96	4,8
12	0	control químico total	21,07	100,0	20,07	100,0

(*) Rendimiento expresado como porcentaje del testigo con control químico total.

(**) El signo + indica desmalezadura hasta la cosecha.

Del Cuadro 8.13 puede deducirse que la aplicación de herbicidas debe hacerse de preemergencia al cultivo de la yuca, y de ser posible, en plantaciones efectuadas con estacas colocadas en posición horizontal en el camellón.

Los mejores productos mencionados son: diurón, linurón y fluometurón en dosis de 2 Kg/Ha. Debe considerarse la indicación de



Fig. 18. Parcela experimental a la cual se le aplicó en forma preemergente herbicida fluometurón (cotorán) a razón de 2 Kg de producto comercial por hectárea. (Foto gentileza J.R. Barrios).



Fig. 19. Lote del mismo experimento anterior en que no se aplicó herbicida ni se eliminaron las malezas con instrumentos manuales. (Foto gentileza J. R. Barrios).

CUADRO No. 8.14. Herbicidas más utilizados para el control de malezas en el cultivo de la yuca.

Nombre técnico	Producto químico	%	Nombre comercial	Dosis producto comercial	Momento de aplicación
Diurón	3-(3,4 diclorofenil) 1,1 dimetilúrea	28	Karmex DL	2 Kg	Preemergente
Linurón	3-(3,4 diclorofenil) 1-metoxi-1-metilúrea	50	Lorox	2 Kg	Preemergente
Fluometurón	3-(m-trifluorometilfenil)-1,1-dimetilúrea	80	Cotorán 80 PM	2 Kg	Preemergente
Metobromurón	3-(bromofenil)-1-metoxi-1-metilúrea	50	Patorán 50 PM	2 Kg	Preemergente
Cloroxurón	N-4-(4-clorofenoxi) fenil-N, N-dimetilúrea	50	Tenorán	2 Kg	Preemergente
EPTC	3-fenil-1,1 dimetilúrea	80	Dybar	7 lt	Preplantación
Diquat	Dibromuro de 1,1-etileno -2,2-bipiridilo	20	Regione	2-4 Kg	Post. plantación
Simazín	2-cloro-4,6 bis (etil-amino)-1,3,5 triazina		Simazín	2-3 Kg	Preemergente
Prometrín	4,6-bis (isopropilamino)-2 metiltio-1,3,5-triazina	50	Gesagard 50	2 Kg	Preemergente
Atrazín	6-isopropilamino-2 cloro-4 etilamino-1,3 5-triazina	80	Gesaprim 80 PM	2 Kg	Preemergente
Difenamid	N-N-dimetil-2-2-difenil-acetamida	80	Dymid	3 Kg	Preemergente
Amibén	Sal amonio ácido 3-amino-2,5-diclorobenzoico	23,4	Amibén	4 Kg	Preemergente
PCP	Pentaclorofenol	15	Shell 130 Q	20 lt	Preemergente
TCA	Tricloroacetato de sodio	90	Shell 90	9 Kg	Preemergente
DNBP	Sal alcanolamina del dinitro-o-sec-butilfenol	51	Shell 70	20 lt	Preemergente



Fig. 20. Cultivo de yuca de siete meses de desarrollo que ya ha “cerrado” la entrelínea. La sombra proporcionada por el cultivo controla las malezas.

Albuquerque¹ sobre la posible acción desfavorable de las triazinas. Otro punto que debe tenerse presente es el resultado económico que se obtenga por el control cultural o químico de las malezas, especialmente en regiones donde haya abundante mano de obra desocupada.

Un problema grave es la continua invasión de *Cyperus rotundus* – corocillo – que se presenta en diversas regiones yuqueras del continente y que no se ha controlado por los herbicidas corrientes.

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las principales plagas de la yuca son:

Larvas taladradoras de los esquejes. Se controlan al momento de preparar los esquejes para la plantación, se seleccionan y eliminan las estacas con signos de estar perforadas o habitadas por larvas, y se sumerge el resto del material en una solución insecticida. Se recomienda endrín al 2%. Se utiliza 1/2 lt de endrín para tratar el material que se plantará en una hectárea.

Cachudo de la hoja, *Erinnyis ello*. Cuando se presenta en cantidad, este causa fuertes pérdidas en el follaje de las plantas. Para cultivos industriales, se recomienda la aplicación aérea de endrín a razón de 1,5 lt por hectárea. A veces son necesarias dos aplicaciones.

Trips de la yuca, *Scirtothrips manihoti*. Los adultos y las ninfas atacan las hojas nuevas, observándose áreas cloróticas. En caso de ataques intensos pueden llegar a morir los brotes o a detener el desarrollo de la planta. Se controla con 40 Kg de BHC al 3% x 40 Kg de azufre, o con 2 lt de aldrín al 24% + 1/2 lt de paratión al 50%. Deben tomarse todas las precauciones debido a la toxicidad de los insecticidas.

Hormigas o bachacos, *Atta sexdens* y *Acromyrmex octospinosus*. Causan defoliación en las plantas de yuca. Se debe aplicar a la entrada de los hormigueros mirex, a base de 10 g/m².

Los ácaros, *Mononychus* sp., *Tetranychus telarius*, *Eotetranychus plankii*. Causan deformaciones de hojas especialmente en períodos secos. Se controla con azufre en polvo o mojable.

En enfermedades no se hace ningún control sistemático, hasta ahora. Previamente se debería hacer una evaluación económica de los daños en las diversas zonas de producción.

OTROS TRABAJOS

Una práctica arraigada entre algunos cultivadores de yuca es la poda de la vegetación de la yuca a 10 a 15 cm del suelo, después que ésta cumple el primer ciclo de desarrollo de los 8 a 10 meses; sin embargo, no está clara la conveniencia de esta práctica. La poda se justifica en caso de un intenso daño del cultivo por insectos taladradores y también en las regiones en que hiela donde es necesario guardar esquejes para propagación en buenas condiciones para la siguiente temporada de plantación (Henain y Cenoz^{3,4}).

En un trabajo realizado por Montaldo^{5,2}, en Maracay, se vio que la poda de la yuca a los 8 meses, en cultivares que se cosechan normalmente a los 12 meses, permite una mayor cosecha de follaje para ser utilizado como fuente de proteína en la alimentación animal, sin deterioro aparente de la producción de raíces reservantes.

GASTOS DE CULTIVO POR HECTAREA

Limpia y macheteo en la entrelínea, 10 jornales;
reabonamiento a base de 100 Kg de úrea/Ha, Bs. 45,00;

aplicación aérea de la úrea Bs. 50,00;
 aporque con máquina Bs. 40,00;
 regadío o drenaje 2 jornadas (ocasional);
 control de malezas, herbicida fluometurón 1,5 Kg/Ha, Bs. 56,00;
 aplicación Bs. 8,00;
 control de lepidópteros (*Erinnyis ello*), 2 dosis de endrín 1,5 lt/Ha.
 Bs. 36,00;
 dos aplicaciones aéreas Bs. 100,00;
 control ocasional de hormigas (*Atta* sp.) producto y aplicación Bs.
 50,00.

COSECHA

FACTORES QUE DETERMINAN LA EPOCA DE COSECHA

Los factores que determinan la época de cosecha de la yuca son el rendimiento en raíces reservantes y el rendimiento en materia seca total de estas raíces, ambos valores expresados en toneladas por hectárea.

El signo de que un plantel de yuca está próximo a la madurez es el requebramiento del suelo alrededor de los cuellos de las plantas.

Los campesinos cultivadores de yuca dulce para el mercado inmediato, cosechan el producto cuando este tiene buena demanda y buen precio en el mercado; muchas veces sin que haya alcanzado el máximo rendimiento en sus raíces. Esto ocurre, desde los 6 a los 10 meses, de acuerdo a las variedades y a las condiciones ecológicas del lugar.

Si las raíces se extraen muy anticipadamente son abundantes en latex, característica de las enforbiáceas, y no se pueden consumir.

La cosecha para la industria del almidón y de la harina integral de yuca se efectúa cuando se produce el máximo rendimiento en raíces, los granos de almidón son más grandes y el porcentaje de materia seca total es más elevado, situación que ocurre, según la situación de los cultivos, entre los 12 y 24 meses del ciclo.

Es necesario indicar que la cosecha de yuca, pasados los 12 meses, la hace poco aptas para el consumo directo por el aumento en fibra de las raíces.

Por otra parte, se debe indicar que este cultivo tiene la ventaja de poder ajustar su cosecha a las necesidades del mercado, sin tener grandes mermas en su producción.

Singh⁶⁹ estudió los períodos de cosecha de tres híbridos, una selecta y una variedad corriente de yuca; efectuó cosechas mensuales sucesivas desde los 6 a los 11 meses y obtuvo aumentos de rendimiento en raíces hasta los 10 meses; después este rendimiento decreció significativamente en todo el material, excepto en la variedad corriente.

Balakrishnan y Sundararaj⁴ encontraron en la India que el mejor período de cosecha se produce entre los 12 y 12,5 meses del ciclo.

Obigbesan y Agboola⁵⁹ encontraron aumentos de rendimiento en raíces frescas cuando el período de cosecha de yuca pasó de 12 a 18 y 24 meses; sin embargo el máximo de materia seca total se produce a los 15 meses.

Dulong²⁰, indica que en Madagascar los campesinos cosechan la yuca de acuerdo a las necesidades del mercado sin atender a la madurez de las raíces. Los agricultores empresariales conectados con fábricas de almidón, esperan que se produzca en las plantas la madurez fisiológica, período en el cual el contenido de almidón es el más alto, y los granos de almidón tienen un tamaño óptimo, lo cual les permite una mejor decantación. Esta madurez fisiológica se produce en Madagascar, en las mesetas altas, al final de la estación seca del segundo año de vegetación, y en la zona de la costa, en la misma época pero al final del primer año.

Montaldo⁵² encontró que en Lara, Venezuela, cuando la yuca se planta en plena estación de lluvias, los máximos rendimientos en raíces tuberosas, el mayor porcentaje de materia seca total en las raíces y la máxima producción de materia seca total por hectárea, ocurre para 6 variedades estudiadas entre 15 y 17 meses.

FORMA DE COSECHA

Con frecuencia se arrancan las raíces a mano con bastante cuidado para no partirlas; esta tarea es fácil realizarla en suelos con textura arenosa a franca. En los suelos de textura más pesada se usa una palanca que se une mediante una cadena a la cepa de la yuca; también pueden utilizarse tipos especiales de horquetas u otros instrumentos.

Antes de cosechar, se cortan los tallos con machete, o con una segadora rotativa a unos 10 a 15 cm del suelo y a veces se efectúa un descalce de la tierra con escardilla en el cuello de las plantas, previa a la operación de extracción.

Una forma semimecanizada de cosecha consiste en abrir surcos con un arado de vertedera, a ambos lados del camellón, para aflojar la tierra y enseguida proceder a arrancar las cepas. Las raíces, una vez extraídas del suelo, es necesario separarlas de la cepa madre —esqueje plantado originalmente— mediante un corte de machete en el pedúnculo. Este órgano deberá dejarse lo más corto posible junto a la raíz reservante para evitarle daños a los rallo de las máquinas despulpadoras, debido a la dureza de las fibras que lo constituyen.

Las raíces se recolectan en sacos, canastos, o en cajones de 50-100 Kg de capacidad.

RENDIMIENTOS

Los rendimientos son muy diversos y dependen de la naturaleza de las variedades, la duración del período vegetativo, las condiciones del medio ambiente y la forma de cultivo.

Se considera que un rendimiento fácilmente lograble aplicando buenas técnicas agronómicas al cultivo es de 30 Ton/Ha de raíces reservantes a los 12 meses de vegetación, que corresponde a 2,5 Ton de raíces por hectárea y por mes.

Los rendimientos medios de los principales países productores según FAO²⁴, como se aprecia en el Cuadro 2.1 (Cap. 2), son: Brasil, 14,7; Zaire, 12,9; Nigeria, 9,9; Colombia, 10,0; Venezuela, 8,0; Indonesia, 7,4, Ton/Ha respectivamente.

En trabajos experimentales, Singh⁶⁹ indica rendimientos de 55,1 y 62,5 Ton/Ha en material de híbridos en 11 meses. Montaldo⁵² registra rendimientos en la variedad UCV 2194 de 31,39 Ton/Ha a los 10 meses y de 67,69 Ton/Ha en la variedad UCV 2078 a los 16 meses. Henaín y Cenoz³² dan para la región de Corrientes, Argentina, rendimientos experimentales que van desde un máximo de 21,6 Ton/Ha para la variedad Blanca a 6,2 Ton/Ha para la variedad Colorada con ciclo vegetativo de 9 a 10 meses.

GASTOS DE COSECHA

Para un rendimiento de 30 toneladas de raíces reservantes de yuca por hectárea.



Fig. 21. Cosecha manual de yuca. Los tallos se cortan a machete a 20-30 cm del suelo. La cepa se remueve a mano, en caso de suelos arenosos, o bien con ayuda de palancas de madera, en suelos medios a pesados.



Fig. 22. Cosecha de plantas de yuca de doce meses de ciclo, obtenidas en un suelo franco arenoso con un régimen pluvial continuo a través del desarrollo vegetativo.



Fig. 23. Un detalle de la cosecha de la fotografía anterior. Obsérvese el excelente desarrollo de las raíces que tienen sobre 60 cm de largo y un diámetro de 15-20 cm.

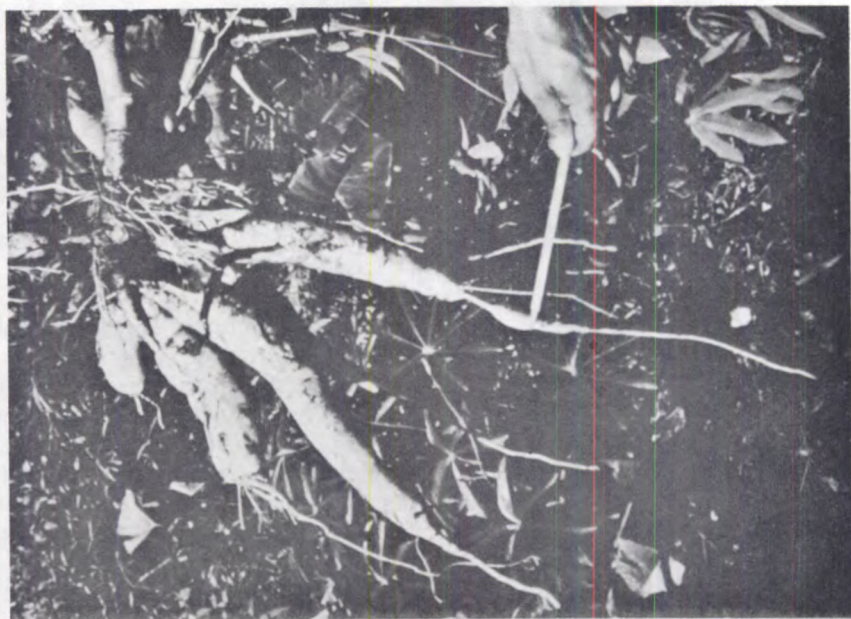


Fig. 24. Alteraciones fisiológicas debidas al régimen hídrico provocan este tipo de enraizamiento en cadena.

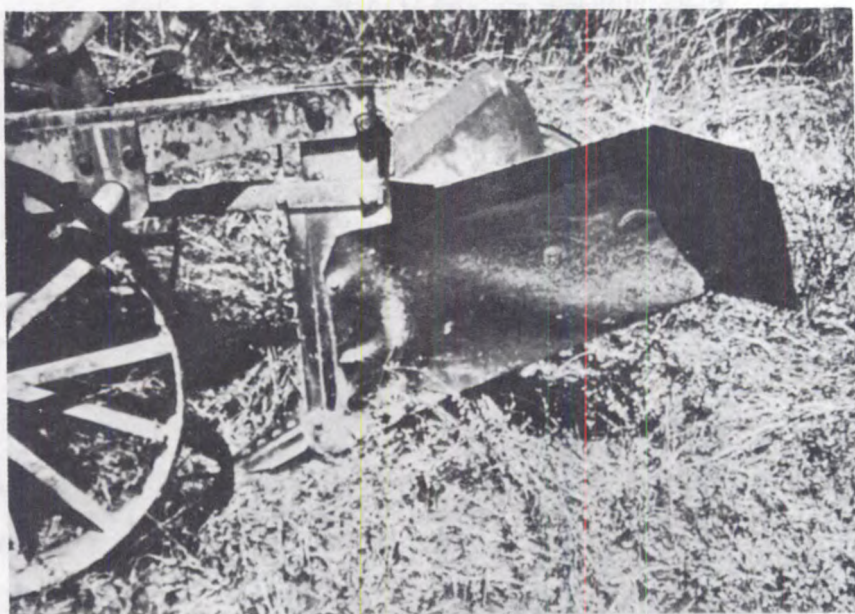


Fig. 25. Subsolador adaptado a la cosecha de raíces de yuca.

Eliminación de la parte aérea de las plantas de yuca, 4 jornadas. Arranque, separación de las raíces y ensacado. En sacos de 50 Kg, Bs.1,50 por saco.

Depreciación de sacos de sisal (valen Bs. 3,00 c/u.). Estos sacos se usan 3 veces. Gastos de amarre (sisal) 5 rollos. En caso de transporte de la yuca a granel, se evita el gasto de amarre. El transporte varía según la distancia.

MECANIZACION

En las áreas productoras de yuca en Latinoamérica, su plantación y cosecha se realizan actualmente usando métodos rudimentarios.

Los trabajos de investigación que hacen referencia a los aspectos de mecanización en yuca, son reducidos. La mayoría de ellos se limitan a efectuar pronósticos y especulaciones sobre las posibilidades de utilización de diversos tipos de herramientas en la plantación y cosecha, aunque sin realizar pruebas específicas que permitan cuantificar en mayor o menor grado la bondad del uso de una determinada maquinaria.

MECANIZACION DE LA PLANTACION

Los sistemas de plantación de yuca varían de una zona a otra, utilizándose longitudes y posiciones diferentes de las estacas y a profundidades variables, sea en el perfil del suelo plano o sobre el camellón.

Como la plantación en perfil plano conlleva el problema de una mayor profundidad de enraizamiento y consecuentemente dificultades en la cosecha, se han hecho recomendaciones a fin de diseñar o modificar una plantadora de yuca que plante sobre camellón.

Holleman y Aten³⁵, al referirse a la decisión de plantar yuca en camellones o en suelo plano, destacan que esta determinación depende del interés que tenga el agricultor por mecanizar la cosecha, para lo cual la plantación en camellones es esencial.

Una máquina plantadora de yuca de dos hileras, diseñada y manufacturada en Brasil, se utiliza con bastante éxito en ese país y en el sur de México (Krochmal^{41,42}), con capacidades de 4,86 Ha/día, usando el tiro de un tractor y dos ayudantes en la plantación.

En Venezuela, en ensayos realizados con esta máquina en la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela (Echeverría²²), se obtuvo un resultado de su capacidad, en el orden de las 0,50 Ha/h, con una eficiencia de trabajo del 60%, avanzando a una velocidad promedio de 3,46 Km/h.

Los mismos estudios demostraron que usando sólo la labor manual se consumieron hasta 80 horas-hombre/Ha en esta labor de plantación.

Esta plantadora integral de dos hileras, acciona sus mecanismos operativos a través de cadenas impulsadas por las ruedas de apoyo de la máquina. Dispone de mecanismos de distribución de las estacas, constituidos por dos tolvas giratorias, en las cuales se distribuyen periféricamente una serie de cilindros huecos donde los operadores colocan las estacas retirándolas de un depósito principal. A medida que avanza la máquina, las estacas de yuca descenden por gravedad a través de dos tubos de descarga hacia surcos preparados por las vertederas de esta herramienta y son enterradas por tapasurcos de discos. Una vez plantadas las estacas, quedan en el suelo en forma horizontal. La máquina tiene además dispositivos para aplicación de fertilizantes.

En Nigeria (Schulte, Nakanjoula y Onochie^{6 5}), usando sin modificaciones "transplantadoras de hortalizas" en el plantío de estacas de yuca en un perfil plano del suelo, desarrollaron velocidades de avance en la operación, de 3 Km/h con capacidad de trabajo de 0,28 Ha/h, con 47% de eficiencia.

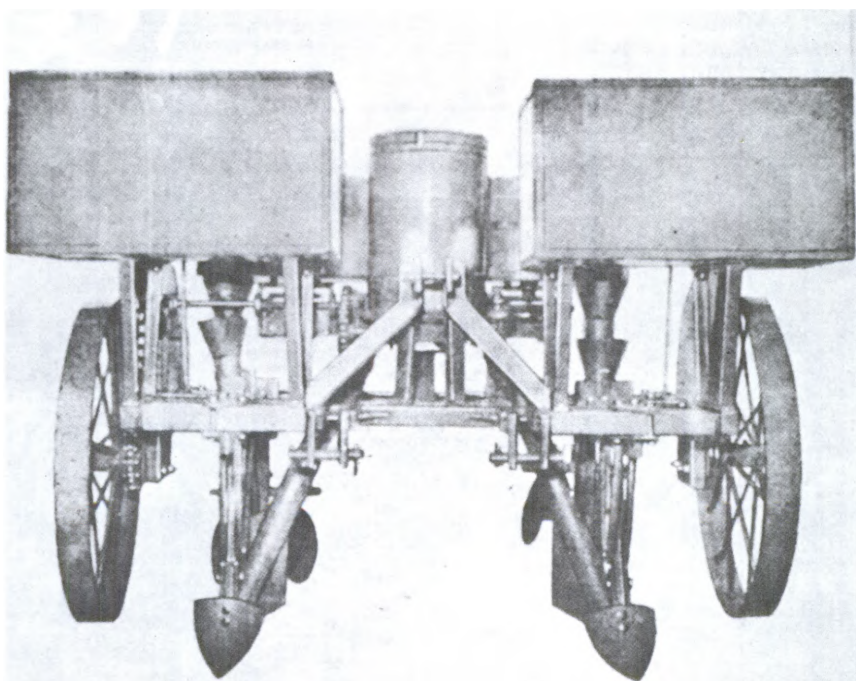


Fig. 26. Plantadora abonadora de yuca de dos hileras.



Fig. 27. Plantadora abonadora de yuca de dos hileras. Esta máquina requiere un tamaño uniforme de estacas de 12-15 cm y un reabastecimiento continuo tanto de estacas como de fertilizante. Este en lo posible debe ser granulado.

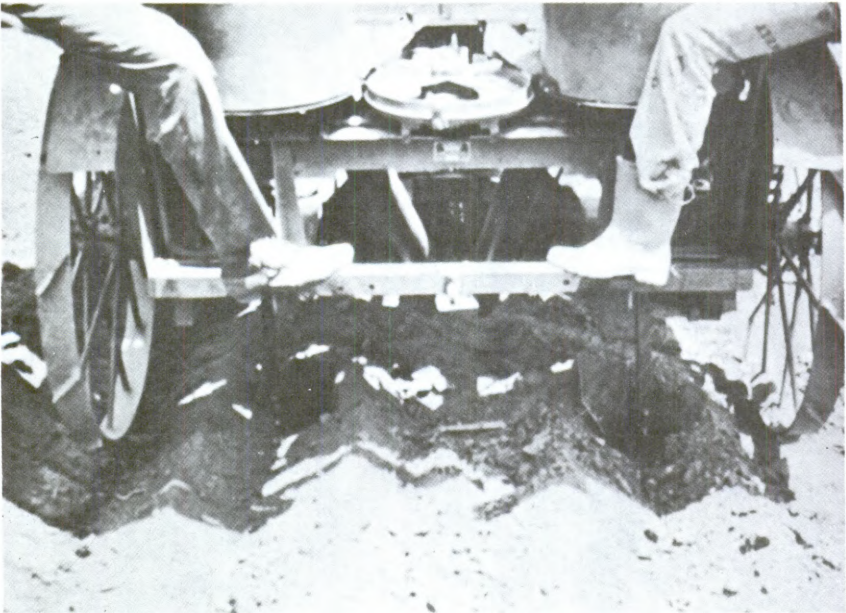


Fig. 28. Detalle de otro tipo de plantadora.

MECANIZACION DE LA COSECHA

De acuerdo a Thompson y Wholey^{7 1}, la cosecha de yuca probablemente sea la labor de investigación que requerirá más esfuerzo dentro del cultivo, y el sistema que se escoja además de ser eficiente, deberá depender de un costo de labor bajo.

Arados, subsoladores, pequeñas palas de nivelación, arrancadoras de cadenas de tubérculos y otros tipos de herramientas se han usado como ayuda en la cosecha de la tuberosa con diferentes niveles de éxito en la operación.

Krochmal^{4 1, 4 2} manifiesta que las dificultades de la operación de cosecha de la yuca son atribuidas al hábito de crecimiento de las raíces, destacando que éstas pueden alcanzar en el suelo un área de influencia con un diámetro hasta de 1,20 m profundizando en el suelo entre 45 a 60 cm. Recomienda el uso del arado de vertederas como una herramienta que ha alcanzado popularidad en zonas yuqueras de México y Tailandia, donde se corta la parte aérea normalmente, y el arranque con la máquina se realiza efectuando dos pases paralelos sucesivos a cada lado de la hilera, a fin de que en el segundo recorrido se extraigan las raíces no arrancadas en el primer pase, por la dificultad de centrar la máquina convenientemente con la dirección de la hilera de plantas.

En Filipinas, Zaire, Uganda y en el área del Caribe (Catambay⁸, Catambay y Yango⁹, Krochmal^{4 1, 4 2} y Wrigley^{7 3}), se han hecho ensayos comparativos entre la aplicación de herramientas y labores manuales en el arranque de las raíces de yuca, encontrándose que para rendimientos de 10 Ton de raíces por hectárea, se requiere alrededor de 400 a 700 horas-hombre/Ha en labores de corte de la parte aérea, arranque y recolección manual de las raíces.

En Venezuela, estudios realizados por la Universidad Central (Echeverría^{2 2}) han dado como resultado un rendimiento manual de 215 horas-hombre/Ha, para producciones promedio de 15 Ton/Ha de raíces, no incluyendo el corte despeje de la parte aérea.

La Facultad de Agronomía, de la Universidad Central, (Maracay), en su Banco de Germoplasma de Yuca, además de observaciones del cultivo, ha agregado las de ramificación de los tallos, facilidad de penetración del cultivo y altura de las plantas, teniendo en cuenta la necesidad de cultivo y cosecha mecanizada que deberá tener la yuca a corto plazo. (Montaldo et al^{5 0}).

Apreciaciones de Graner^{2 8} en Brasil, y Montaldo^{5 1, 5 3} en Venezuela, sobre la posibilidad de utilizar y adaptar arrancadoras mecánicas de raíces y tubérculos para extracción de raíces de yuca, fueron consideradas en Venezuela como referencia para realizar estudios con este tipo de máquina, aumentando su ancho de corte. Los estudios de Echeverría^{2 2} demostraron que no es aconsejable el uso de la arrancadora de papas ampliada en la cosecha de yuca, puesto que los meca-

nismos transportadores tienden a obstruirse con pérdida en la eficiencia del equipo.

En estos mismos estudios, el uso de un subsolador de tiro de 60 cm de longitud, adaptado al arranque de raíces, y con dos aletas zanjadoras agregadas y una placa metálica de bordes curvos dio resultados bastante satisfactorios los que permitieron cosechar promedios de 15 Ton de raíces por hectárea, con capacidades de la máquina de 0,36 Ha/h, con eficiencia del 80%.

Briceño y Larson⁶, en Colombia realizaron estudios sobre prácticas mecanizadas en la cosecha de yuca y diseñaron un prototipo de máquina rígida integral para efectuar las labores de arranque de las raíces.

Este prototipo efectúa las operaciones de extracción bajo un ancho de corte de 95 cm y a 40 cm de profundidad, siendo limitada esta dimensión según expresan los autores, por el recorrido del sistema hidráulico de los tractores. La máquina se acopla integralmente a un tractor que libere 54 HP a la toma de fuerza cuando se desplaza a 2 Km/h, o que libere 80 HP a la toma de fuerza si se desplaza a 3 Km/h, trabajando en suelos franco-arcillosos. Ellos recomiendan esta herramienta como compacta, de fácil construcción y bajo costo.

Makanjoula et al⁸, en Nigeria, en un estudio preliminar sobre algunas características físicas de las raíces de yuca que se pueden relacionar con la cosecha, hicieron las siguientes observaciones sobre las peculiaridades que presenta el desarrollo de las raíces de esta tuberosa, las cuales deben considerarse en el diseño de una herramienta especializada:

- a. La raíz madura de la yuca, de forma de huso, presenta el mayor volumen de materia reservante concentrada entre los primeros 25 a 38 cm de longitud. Esta característica presenta diferencias de acuerdo a la variedad.
- b. El 60-70% de las raíces de una planta de yuca crecen a lo largo del camellón si el suelo donde fue plantada es suelto, y crecen lateralmente hacia los surcos, cuando el suelo tiene cierto grado de compactación.
- c. Según cada variedad, las raíces de 10 a 12 meses tienden a tener un radio de dispersión en el suelo entre 33-41 cm y alcanzan una profundidad variable entre 20-23 cm.
- d. El número de raíces por planta es variable de 4-10.
- e. La profundidad y la orientación de la estaca en la plantación afecta el grado de extensión lateral de las raíces y la profundidad de penetración en el suelo.

Estudios recientes, propiciados por el Instituto de Ingeniería Agrícola de la Universidad Central (Echeverría²²), que sirvieron de intro-

ducción a la factibilidad de efectuar la cosecha mecánica de yuca, con fines de procesamiento industrial, determinaron que la variedad UCV-2078 plantada por estacas en forma inclinada, presentaba sus raíces conformadas dentro de un patrón cualitativo de referencia que en el perfil del suelo está comprendido dentro de la curvatura de una elipse. Las dimensiones de esta elipse (31,70 cm de eje menor y 77,16 cm de eje mayor) definen medidas referenciales a las cuales deben actuar las máquinas de cosecha y ajustarse las curvaturas de los mecanismos de arranque de sus diseños.

COSTOS DE LA PLANTACION Y COSECHA MECANICA

Plantación

Plantación con máquina de 2 hileras, 4 hectáreas por día. Ocupa tractor de 40-50 HP en la barra de tiro.

Personal: 1 tractorista, 2 operarios alimentadores de la máquina, 2 operarios acarreadores de estacas.

Costo de la plantadora: Bs 10.000,00.

Cosecha

Arranque con subsolador de 2,5 hectáreas por día. Ocupa tractor de 55 HP en la barra de tiro.

Personal: 1 tractorista. Para: eliminación de la parte aérea de las plantas, separación de las raíces y ensacado —si el rendimiento esperado es de 15 Ton/Ha— se necesita llenar 250 sacos (de 60 Kg c.u.), es decir 25 operarios. Esto es considerando que cada uno llena 10 sacos al día.

Costo del subsolador Bs 3.000,00.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Asociaciones y rotaciones de cultivo más convenientes para los diferentes sistemas de producción de la yuca.
2. Labores de preparación de la tierra para diversos tipos de suelos.
3. Tipos de estacas según su ubicación, longitud y madurez más apropiados para la propagación de la yuca.
4. Tratamiento de las estacas con reguladores de crecimiento para estimular la brotación y el rendimiento en raíces reservantes.
5. Profundidad de plantación de las estacas para diversos tipos de suelos.
6. Estudio de la mejor densidad de plantación de la yuca para consumo humano y uso industrial.
7. Estudio de la mejor densidad de plantación de la yuca para empleo del follaje como recurso proteico.

8. Cultivo de la yuca en camellones versus suelo plano.
9. Clasificación de las malas hierbas frecuentes en el cultivo de la yuca.
10. Herbicidas más apropiados en el cultivo de la yuca.
11. Estudio de los residuos de herbicidas en los diversos tipos de suelos yuqueros.
12. Epocas de cosecha más adecuada de la yuca para industria.
13. Estudio, diseño y construcción de las máquinas segadoras, recolectoras y embaladoras de follaje integral de yuca.
14. Estudio, diseño y construcción de las máquinas cosechadoras de raíces de yuca.
15. Estudio, diseño y construcción de los equipos mecánicos sencillos para el arranque de las raíces tuberosas de yuca.

ESQUEMAS POR DESARROLLAR

1. Preparación del personal a todos los niveles referente al cultivo de la yuca con tecnología mejorada.
2. Instalación de campos de propagación de material seleccionado de yuca.
3. Publicación permanente de una hoja informativa que lleve a los profesionales y a los productores las últimas novedades sobre el cultivo.
4. Desarrollo de un buen sistema de extensión.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBUQUERQUE, M. de. Estado atual das pesquisas com mandioca no IPEAM. 5a. Reunião Comissão Nacional Mandioca, Minas Gerais. 1971. pp. 12-17.
2. ALVARADO, L.F. y HURTADO, J. Control químico de malezas en yuca, *Manihot esculenta* Crantz. 8a. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, Bogotá, 1969. 1 p.
3. ARRAUDEAU, M. Cassava in the Malagasy Republic. Ist. Intern. Symp. Trop. Root Crops, 1967. Trinidad, 1(3):180-184. 1969.
4. BALAKRISHNAN, R. y SUNDARARAJ, J. S. A note on the optimum stage of harvest in tapioca (*Manihot esculenta* L.) Madras Agric. Jour. 54(10):539-540. 1967.
5. BARRIOS, J.R. Herbicidas en yuca. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (Tesis), 1973. 72 p.
6. BRICEÑO, R.H. y LARSON, G. Investigación y desarrollo de una cosechadora de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista ICA (Bogotá) 7(2):138-150. 1972.

7. BULGHERONI, O., et al. Enraizamiento de estacas lignificadas de yuca con hormonas. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, 1974. 4 p.
8. CATAMBAY, A.B. Cost of harvesting cassava with plow. *Philippine Agric. (Los Baños)* 21(4):277-280. 1932.
9. ———, y YANGO, C.E. Cost of harvesting cassava with animal drawn plow. *Philippine Agric. (Los Baños)* 23(8):662-665. 1935.
10. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistemas de producción Agrícola. Informe Anual. Cali, Colombia, 1970. pp. 53-55.
11. ———. Sistemas de producción en yuca. Informe Anual. Cali, Colombia, 1972. pp. 48-90.
12. COELHO, J. P. y CORREA, H. Herbicidas em preemergencia na cultura da mandioca. 5a. Reunião Comissão Nacional Mandioca, Minas Gerais, 1971. pp. 47-50.
13. ———, et al. Controle químico de ervas daninhas na cultura da mandioca. 6a. Reunião Comissão Nacional Mandioca, Recife, 1972. pp. 9-16.
14. CONCEICAO, A.J. da y SAMPAIO, C.V. Competição de espacamentos na cultura da mandioca. (Projeto Mandioca). Bahia, Universidad Federal, 1973. pp. 79-86.
15. ———, ———. Competição da tamanhos de maniva. (Projeto Mandioca). Bahía, Universidad Federal, 1973. pp. 87-100.
16. EL CULTIVO de la caña de azúcar. *Agropecuaria Moderna (Caracas)* 2(13):15-22. 1973.
17. CHAN SEAK KHEN. Notes on the growing of cassava at Serdang. *Malaysian Crop Diversification Conf.* 1969. 9 p. (Preprint 13).
18. CHICCO, G., y GUEDEZ, H. Control de malas hierbas en Venezuela. Cagua, Servicio Shell para el Agricultor, 1968. 16 p. (Multigraf.)
19. DOLL, J.D. y PIEDRAHITA, W. Effects of time of weeding and plant population on the growth and yield of cassava 3rd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 13 p.
20. DULONG, R. Le manioc à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, París, 36(8):791-829. 1971.
21. ECHEVERRIA, H. Análisis de costos de maquinaria agrícola. Caracas, Boletín Técnico, Ministerio de Agricultura y Cría, 1969. p. 10.
22. ———. Introducción a los estudios de factibilidad sobre labores mecanizadas de plantación y cosecha de yuca procesable. (Tesis), Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía 1974. 152 p.
23. ENYI, B.A.C. The effects of spacing on growth development and yield of single and multishoot plants of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). I. Root tuber yield and attributes. *East African Agric. Jour., (Nairobi)* 38(1):23-26. 1972.
24. F.A.O. Anuario Producción 1972. Roma, FAO., 1973. pp. 186-218.
25. FAIRLIE, R. Tipo de estaca en el rendimiento de la yuca (*Manihot esculenta*). Campinas, 1er. Encuentro Investigadores Yuca Países Andinos y Estado Sao Paulo, 1970. p. 168.
26. GALAND, F. G. Experiment on cassava at Lamao Experiment Station, Bataan. *Philippine Jour. Agric. (Manila)* 2(2):178-188. 1931.

27. GARCIA, J., y MONTALDO, A. Exigencias hídricas de la yuca o mandioca *Manihot esculenta*. Agron. Trop. (Maracay) 21(1):25-31. 1971.
28. GRANER, E.A. y GODOY, C. Culturas da fazenda braiseira. Sao Paulo, 1967. pp. 364-383.
29. GUANZON, G.A. The possibilities of cassava production in the Philippines. Philippine Agric. (Los Baños). 16(7):433-440. 1927.
30. GURNAH, A.M. Effects of plant population and fertilizers on yield and yield components of cassava in the forest zone of Ghana. 3rd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 7 p.
31. HENAIN, A.E. y CENOZ, H.M. Influencia del tamaño de la estaca y la posición de plantación en el surco sobre el rendimiento de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1969. 13 p. (Pub. 7).
32. _____, _____. Comportamiento de clones de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivos en el nordeste argentino. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1970. 14 p. (Publicación no. 11).
33. _____, _____. Influencia de la densidad de plantación en el rendimiento de raíces de mandioca. Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1970. 10 p. (Pub. no. 9).
34. _____, _____. La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Corrientes, Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Agronomía y Veterinaria, 1971. 72 p. (Pub. no. 12).
35. HOLLEMAN, L.W.J. y ATEN, A. Processing of cassava products in rural industries. Roma, FAO, 1966. 115 p. (Paper 50).
36. HUERTAS, A.S. A study of the yield of cassava as affected by the age of cutting. Philippine Agric. (Los Baños) 28(9):762-770. 1940.
37. HUNT, D. Farm power and machinery management. Ames, Iowa State University, 1965. pp. 43-53.
38. JOHN DEERE INTERCONTINENTAL LTD. Mayor producción y ahorro en su cañaveral. Moline, 1972. 24 p.
39. KASASIAN, L. Chemical weed control in tropical root crops. Trop. Agric. (Trinidad) 44(2):143-150. 1967.
40. KLOPPENBURG, T. G.A., SIBIE, D., y BRUIJN, G. H. de. Rooting of leaves of cassava (*Manihot esculenta*). Trop. Root and Tuber Crops Newsletter (Mayagüez) 5:38-39. 1972.
41. KROCHMAL, A. Labour input and mechanization of cassava. World Crops (London) 18(3):28-29. 1966.
42. _____. Propagation of cassava. World Crops (London) 21(3):193-195. 1969.
43. LEYLAND COMPANY. Manual de Servicio del Tractor Leyland-Nuffield 384. Londres, 1973. 12 p.
44. LONGMAN, K.A. Effects of orientation and root position on apical dominance in tropical woody plant. Ann. Bot. (London) n.s. 32(127):553-566. 1968.
45. LORIA, W. Influencia del tamaño y posición de la estaca de yuca en el arraigamiento, rendimiento y producción de follaje. Caribbean Reg. American Soc. Hort. Sci. 6:20-23. 1962.

46. LOZANO, J.C., y WHOLEY, D.W. A technique for the production of bacteria-free planting stock of cassava (*Manihot esculenta* Grantz). Cali, Colombia. CIAT, 1973. 7 p.
47. MACHADO, A. Enraizamiento de la yuca. Chinchiná, Centro Nacional Investigaciones de Café, 1951. pp. 3-28. (Bol. téc. 1(5)).
48. MAKANJOULA, S., ONOCHIE, B.E. y SCHULTE, E.E. Preliminary studies of the mechanical harvesting of cassava roots in Nigeria. Ibadan, 3rd. Intern. Simp. Trop. Root Crops, 1973. 7 p.
49. MONTALDO, A. Trabajos con yuca en Venezuela. Maracay, Instituto de Agronomía, 1966. 31 p.
50. ———. et al. Banco de germoplasma de yuca —*Manihot esculenta*— Venezuela. Maracay, Instituto de Agronomía 1971. 11 p.
51. ———. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. pp. 51-136. (Serie de Textos y Materiales Educativos no. 21).
52. ———. Fases de desarrollo de la yuca. Maracay, Instituto de Agronomía. 1972. 11 p.
53. ———. La yuca, trabajos sobre este cultivo con especial referencia a Venezuela. Maracay, Ministerio de Agricultura y Cría, MAC, 1972. s.p.
54. ——— y MONTILLA, J. J. Producción de follaje de yuca. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Alc. 24:31-51. 1976.
55. MUÑOZ, J.A., MENDOZA, G., DOMINGUEZ J.A., y RODRIGUEZ, P. M. Tipos de esqueje en yuca. Maracay, Facultad de Agronomía, 1974. 6 p.
56. NARDI DE VENEZUELA. Catálogos de maquinaria. Barquisimeto, 1974, 2 p.
57. NORMANHA, E.S. y PEREIRA, A.S. Cultura da mandioca. Campinas, Instituto Agronómico, 1964. 29 p. (Bol. 124).
58. NWOSU, N.A. Some indigenous cropping systems of Eastern Nigeria. 3rd. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan 1973. 17 p.
59. OBIGBESAN, G. O. y AGBOOLA, A.A. An evaluation of the yield and quality of some Nigerian cassava varieties as affected by age. 3rd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 14 p.
60. PUSHPARAJAH, E. y TAN SEE YEOK. Tapioca as intercrop in rubber. Kuala Lumpur, Malaysian Crop Diversification Conference, 1969. 10 p. (preprint 12).
61. RODRIGUEZ, N. F. y SANCHEZ, C. A. Inportancia del tipo de estaca para la producción de mandioca en Misiones. Buenos Aires, Revista de Investigaciones Agrícolas, 17(3):289-302. 1963.
62. ———. y SANCHEZ, C. Tipo apropiado de estaca para la plantación de la yuca. México, Tierra, 20(4):287-325. 1965.
63. ROSAS, C. Influencia de la modalidad de siembra y tamaño de la estaca en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Campinas, 1o. Encuentro Inv. Yuca Países Andinos y Estado São Paulo, 1970. 1.30-39.
64. ROTA-AGRO. Catálogos de implementos agrícolas. Maracay, 1975. 2 p.
65. SCHULTE, E.E., NAKANJOULA, G.A. y ONOCHIE, B.E. Mechanization of cassava production. I. Planting. 3rd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 6 p.

66. SENA, Z.F. de y CAMPOS, H. dos R. Estudo do sistema radicular da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) submetidas a diferentes frequências e irrigação. (Projeto Mandioca). Bahía, Universidad Federal, 1973. pp. 42-49.
67. SILVA, J.R. da. O programa de mandioca no Instituto Agronómico do Estado de São Paulo. 1o. Encontro Inv. Yuca, Países Andinos y Estado São Paulo, Campinas, 1970. pp. 100-122.
68. SILVESTRE, P. y DELCASO G. Le manioc dans la region maritime du Togo. Seminaire sur les plantes à racines et à tubercules, Ibadan. 1971. 16 p. (Multigraf.).
69. SINGH, K.D. et al. Note on the effect of varying stages of harvest on tuber yield and starch content in different strains of cassava. Indian Jour. Agron. (New Delhy) 15(4):385-386. 1970.
70. SYKES, J. T., y HARNEY, P. M. Rapid clonal multiplication of manioc from shoot and leaf-bud cuttings. Jour. Roy. Hort. Soc. (London) 97(12):530-534. 1972.
71. THOMPSON, R.L. y WHOLEY, D.W. A guide for cassava field trials. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1972. 30 p.
72. WHOLEY, D.W. y COCK, J. H. A rapid method for the propagation of cassava. 3rd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 9 p.
73. WRIGLEY, G. Tropical Agriculture. London, Batsford Ltd., 1969. 376 p.

CAPITULO 9

GENETICA Y MEJORAMIENTO

GENETICA

BIOLOGIA FLORAL

Se trata de una planta monoica que presenta dicogamia. Las flores son unisexuales y localizadas en inflorescencias racimosas. Cada inflorescencia posee 50-60 flores monoperiantadas. Las flores femeninas están en la base de la inflorescencia y son pocas; las flores masculinas son abundantes. La proporción es de 6 a 10 flores masculinas por flor femenina.

Las flores tienen 5 sépalos de 7-15 mm de largo y 2-6 mm de ancho. Los sépalos son, en la cara interna, de color verde claro al rojo violeta. El botón de las flores femeninas es cónico y más voluminoso que el de las masculinas, el cual es redondeado. El color de los botones es de verde a púrpura verdoso.

Las flores masculinas tienen 10 estambres dispuestos en dos verticilos y pueden ser androestériles (anteras blancas) o androfértiles (estambres de color amarillo naranja).

Las flores femeninas tienen un ovario de tres lóculos uniovulados. El estigma es sésil y formado de 3 lóbulos; color blanco, rosado o naranja; constituye un carácter varietal importante.

El 63% de 356 cultivares que mantiene el Instituto de Agronomía, en el Banco de Germoplasma Saman Mocho, Venezuela, florecen, y el 53% producen semilla fértil³¹.

Seraratna⁶¹, en Sri Lanka, se refiere a la presencia de flores bisexuales en la yuca.

Toledo⁶⁴ hizo un detallado estudio sobre la anatomía y el desarrollo de la flor de yuca.

Chandraratna¹³, en la India, estudió la biología floral de la yuca y el tiempo de abertura diaria de las flores. La curva de abertura de las flores masculinas tiene una desviación estándar menor que la de las flores femeninas. Un rasgo distintivo de la abertura tanto de las flores masculinas como de las femeninas, es la concentración de la abertura en un período relativamente corto después del mediodía: el 91% de



Fig. 29. Flores unisexuales de yuca dispuestas en inflorescencia racimosa. Las flores masculinas son pequeñas y abundantes y están en el extremo, las flores femeninas son grandes y escasas y están en la base de la inflorescencia.



Fig. 30. Flores masculinas de yuca de 8 x 6 mm. Obsérvese los estambres dispuestos en dos verticilos. Izquierda: flor androestéril con anteras blancas. Centro: flor androfértil con anteras amarillo-naranja. Derecha: botón floral a 24 horas de la antesis.



Fig. 31. Estambres de yuca. Antera de 2 mm con abundante producción de polen. Filamento de 6 mm de largo, delgado y de consistencia acuosa.



Fig. 32. Flores femeninas de yuca de 13 x 8 mm. Izquierda: botón de forma cónica. Centro: flor a la que se le han extraído dos sépalos para mostrar la parte interna. Derecha: ovario y estigma sésil.

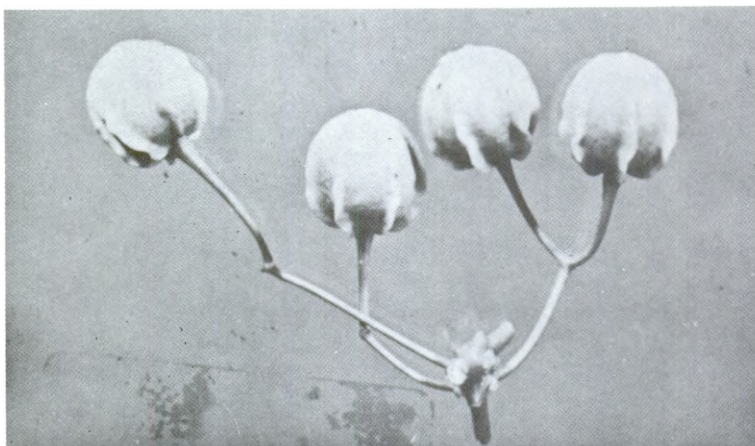


Fig. 33. Frutos de *Manihot esculenta*, obsérvese las seis alas pronunciadas que recorren su superficie.

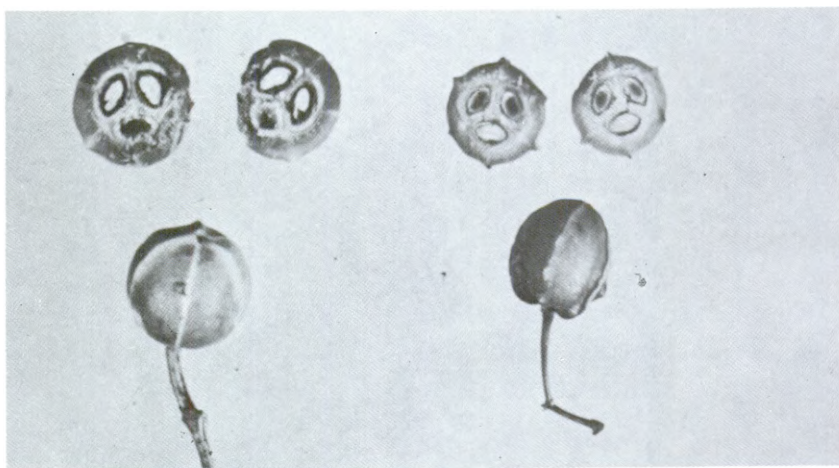


Fig. 34. Izquierda: fruto entero y partido de *Manihot carthaginensis*. Derecha: fruto entero y partido de *Manihot esculenta*. Nótese que el fruto de *Manihot carthaginensis* es redondeado con un diámetro de 22 mm y el de *Manihot esculenta* alargado con 18 mm en el ecuador y 20 mm en los polos. Los frutos de ambas especies tienen tres lóculos uniovulados.

las flores masculinas se abren entre las 12:30 y las 13:30 horas y el 96% de las flores femeninas, entre las 12 y las 13:30 horas. La moda para las flores femeninas cae entre las 12 y las 13 horas. La abertura de las flores masculinas alcanza su cúspide ligeramente más tarde que la abertura de las flores femeninas pero antes de las 13:30 horas. Ninguna flor masculina o femenina se abrió antes de las 11 ó después de las 14 horas. Los periantos comenzaron a cerrar después de las 14:30 horas. A las 16:30 casi todas las flores estaban cerradas. No hubo coeficientes de correlación significativos de frecuencia de abertura con temperatura y humedad, pero —de acuerdo al autor citado— estos factores influyen la antesis. No hay referencia con respecto a este fenómeno bajo condiciones templadas, lo que sería interesante de observar.

El fruto es una cápsula drupácea, trilocular, provisto de seis alas y se abre por seis válvulas a la madurez, la que por lo general, se produce a partir de los cinco meses.

Arraudeau⁴ dice que el número de células madres del polen es bajo en la yuca, cuando se le compara con otros géneros de plantas. Da cuenta de diversas determinaciones efectuadas antes de la meiosis, dando un promedio de 1786 granos de polen teóricos emitidos por cada flor masculina a la madurez, lo que sería relativamente poco.

CITOLOGIA

Según Boiteau⁶, la yuca tiene una serie de 12, 24, 36 y 48 cromosomas. Graner²¹ observó $2n = 36$ cromosomas. Capinpin y Bruce¹⁰ comprobaron este número. Darlington¹⁴ señaló para el género *Manihot* un número básico, $x = 9$ cromosomas. Arraudeau⁴ dice que *Manihot esculenta* es un tetraploide, $4x = 36$ cromosomas.

Abraham² la clasifica como un diploide, $2n = 36$ cromosomas, y señala que la meiosis es muy regular y pueden verse en la primera división, 18 bivalentes. Magoon et al⁴⁰, lograron identificar en el complejo paquiténico a los 18 cromosomas haploides. Magoon⁴⁴ estudió comparativamente los cromosomas de *Manihot esculenta* (yuca) y de *Manihot glaziovii* (caucho ceará), esta última especie por su uso en el mejoramiento hacia resistencia a virus. Encontró que ambas especies están estrechamente relacionadas y tienen $2n = 36$ cromosomas pequeños y con diferencias cariológicas difíciles de establecer. El autor relata los estudios hechos por análisis paquiténicos tanto en *Manihot esculenta* como en *Manihot glaziovii*, como también los híbridos F_1 , que son fértiles, y en los retrocruzamientos, lo cual establece una estrecha relación cromosómica entre las dos especies. El largo de los cromosomas en *M. glaziovii* es de $21,2 \mu$ a $31,0 \mu$ y en *M. esculenta* de $19,3$ a $40,0 \mu$. Como en la yuca, el complemento haploide del *M. glaziovii* tiene tres cromosomas nucleolares que exhiben similar relación de largos. En la yuca constituyen los

cromosomas 4, 9 y 15, y en caucho ceará, los cromosomas 6, 12 y 15.

Cruz^{1 2} determinó los cromosomas somáticos en 15 ejemplares de *Manihot* spp. de diversas regiones de Brasil. Encontró en todos los casos $2n = 36$ y no presentaron los cromosomas diferencias significativas en largo, tamaño entre especies o dentro de la misma especie, lo que dificultó el análisis cariotípico. Esto, según la autora, es una desventaja para efectuar estudios filogenéticos, pero al mismo tiempo, da más posibilidades al mejoramiento.

Según Cruz^{1 2} todos los cromosomas son pequeños, en forma de bastones y con un centrómero mediano.

El estudio de la microsporogénesis, en algunos cultivares reveló irregularidades y diversos grados de esterilidad. El nucleolo tiene un comportamiento irregular durante la meiosis, presentándose muchas veces bajo la forma de pequeños nucleolos, algunos de los cuales frecuentemente se pierden en el citoplasma con ocasión de la formación de la membrana celular. La esterilidad masculina y ese comportamiento del nucleolo, fueron observados también en especies silvestres.

Hsu y Valerio^{2 9} se refieren a exámenes citológicos durante la meiosis en yuca en preparaciones con acetocarmín de microsporocitos. De 19 cultivares investigados, 4 mostraron meiosis normal con 18 bivalentes en las células durante la metafase I; 9 tuvieron asociaciones multivalentes siendo más frecuentemente, las cuadrivalentes. Los 6 cultivares restantes, además de asociaciones multivalentes, presentaron configuraciones complejas.

Sohmer^{6 2} estudió la microsporogénesis en diversos cultivares de yuca encontrándola normal.

De todo lo anterior se deduce que las observaciones de Boiteau⁶ deben tomarse con reservas.

ESTERILIDAD Y FERTILIDAD

Jennings^{3 3} sustenta la tesis que al evolucionar los tipos silvestres de yuca, con baja producción de raíces, a las variedades actuales con alta producción de raíces, con reemplazo de la reproducción por semillas por la propagación por esquejes (vegetativa), se ha reducido la fertilidad.

El autor, estudió la variación en fertilidad del polen y el óvulo y el efecto en la fertilidad en cruzamientos interespecíficos. Manifiesta que la fertilidad es muy variable, y la capacidad del polen de una variedad para producir semillas, no está relacionada con la fertilidad de las flores femeninas.

Esta situación podría esperarse si la reducción de la fertilidad de los dos sexos fuera causada, ya sea por la pérdida del balance de los genes que controlan el funcionamiento del gameto masculino, o por

desbalance de aquellos que controlan el funcionamiento del gameto femenino o los tejidos que alimentan el embrión. De acuerdo al autor, algunas causas adicionales de esterilidad, probablemente incluyen irregularidades meióticas que operan en general en el F_1 de los cruzamientos interespecíficos, pero tales factores posiblemente no son importantes después de la primera retrocruza.

Esterilidad masculina

Magoon, Jos y Nair^{3 8} encontraron grados muy variados de esterilidad masculina y un gran número de cultivares que son completamente androestériles.

Para conocer el problema del aborto del polen en los tipos androestériles, hicieron estudios comparativos de flores, microsporogénesis y desarrollo del gameto masculino en líneas androestériles y androfértiles.

Encontraron en algunos casos androestériles con comportamiento anormal de los microsporos por las fallas de separación de las tetradas en el momento oportuno.

Estudios citológicos de todos los tipos androestériles mostraron comportamiento normal de los cromosomas.

Según los mismos autores, la autopolinización y la polinización cruzada entre plantas de las mismas líneas androestériles, no producen semillas, aunque la fertilidad femenina se observa que es regularmente alta.

De acuerdo a Dulong^{1 8} en la colección de cultivares de yuca de la Estación Experimental del Lago Alaotra, en Madagascar, hay 53 variedades cuyas flores son androestériles.

Arraudeau⁴ estudió la anatomía de la flor masculina y la meiosis en diversos clones de yuca recalando que existen muchos aspectos interesantes que merecen ser bien estudiados, como la repartición y la conformación de las cromátidas especialmente en aquellos clones que presentan anomalías marcadas como en aquellos en que los granos de polen maduros son de diámetros variables en una misma flor masculina.

Miege^{4 8} presenta estudios comparativos de meiosis de plantas con esterilidad masculina con plantas de polen fértil. En las plantas fértiles, el polen es heterogeneo y tiene aproximadamente 40% de granos no funcionales, a pesar del comportamiento normal de la meiosis.

En las plantas estériles, la meiosis es también normal, pero los granos degeneran antes de su estado final de desarrollo.

HERENCIA DE CARACTERES

Para Arraudeau³, el factor androestéril se hereda sólo en forma maternal. Esto es muy importante, pues permite efectuar hibridaciones sin necesidad de castración.

Graner^{2,4} considera que el carácter lóbulos angostos de las hojas de yuca es dominante sobre lóbulos anchos y que la coloración marrón de la película externa de las raíces tuberosas es dominante sobre blanco, segregando cada uno de estos caracteres independientemente. El tipo de lóbulos puede sufrir modificaciones ambientales, pues se ha observado que al trasladar cultivares con lóbulos angostos, a una condición sombría, las nuevas hojas aparecen con lóbulos anchos.

Doughty^{1,7} y Jennings^{3,4} estiman que la resistencia al mosaico africano de la yuca, aportada por la especie *Manihot glaziovii*, es multigénica. Hahn y Howland^{2,5} estiman que la resistencia al mosaico de la yuca es heredada en forma cuantitativa. En otro trabajo, Hahn, Howland y Terry^{2,6} manifiestan como consecuencia de la observación del cruce de padres dialelos, que la resistencia al mosaico africano de la yuca, es un carácter recesivo y tiene una heredabilidad de cerca del 60%. También, han encontrado que la especie *Manihot glaziovii*, une resistencia a la marchitez bacteriana causada por *Xanthomonas manihotis*, a su resistencia al mosaico africano.

La herencia de contenido en principios cianogenéticos parece estar regulada por un complejo de genes recesivos menores según Hahn, Howland y Terry^{2,6}

Cours^{1,1} indica que el contenido en almidón en las raíces reservantes de yuca es un carácter recesivo.

Doku^{1,6} estudió diversos índices de rendimiento, como porcentaje de resistencia al mosaico, número de hojas por planta, área de tallos verdes por planta, índice de área fotosintética, rata de asimilación y el peso fresco de las raíces tuberosas. Concluye que las variedades más rendidoras son aquellas que tienen la capacidad de retener el mayor número de hojas y un mayor área de tallos verdes, durante los períodos más favorables de crecimiento del ciclo vegetativo de la planta.

Por lo anterior se puede apreciar lo poco estudiado que está el aspecto de herencia de caracteres en la yuca.

PARTENOCARPIA

Cruz^{1,2} ha observado casos de partenocarpia en la yuca. En el cultivar Blanca de Santa Catalina se observa desenvolvimiento de frutos partenocárpicos en las flores femeninas protegidas y no fertilizadas. En el cultivar Guaxupé hay sólo un desarrollo inicial del ovario, el que degenera posteriormente. Chandraratna y Nanayakkara^{1,3} dan cuenta de haber observado algunos casos en que se

efectuó polinización manual de *Manihot esculenta* con polen de *Manihot glaziovii*; la generación F_1 no exhibió caracteres de la especie *Manihot glaziovii*, lo que sería un caso de partenocarpia.

MUTACIONES

Mendiola⁴⁶ observó en Java, hojas de yuca con el centro de los lóbulos amarillos cuando nuevas y blanco cuando adultas, y que al reproducirse vegetativamente conservaban esta condición. Mendiola indica que ésta es una mutación somática, ya que al reproducirse la planta variegada, por semilla verdadera, las descendencias vuelven al tipo normal de hojas completamente verdes.

Mercado⁴⁷ estudió la variedad variegada introducida a Filipinas por Mendiola y otra mutación somática que produce plantas de yuca de hojas enrolladas y las comparó con los tipos normales. Observó que la variante de hojas enrolladas, aparece con más frecuencia que la variante de hojas variegadas. Los tipos normales, no enrollados y no variegados, produjeron mejor rendimiento en raíces reservantes y tuvieron tallos más vigorosos que las plantas mutantes. El autor insinúa la posibilidad del uso de tipos mutantes en estudios genéticos de la yuca.

Hsu y Valerio^{28,30} indican que muchas mutaciones somáticas en las plantas, se deben a aberraciones cromosómicas. En yuca se provocaron mutaciones somáticas por radiación para determinar la relación entre mutaciones por aberraciones cromosómicas y mutaciones somáticas inducidas. Para esto se eligieron cultivares de yuca identificados previamente como libres de aberraciones cromosómicas. El material se irradió con rayos gama en dosis de 2 a 3 Kr y se efectuó posteriormente el examen citológico en las diferentes ramas del material irradiado.

Sólo con 2 Kr apareció un mutante de lóbulos foliares angostos y asimétricos que persistieron en el cultivo posterior.

En India, según Vasudevan⁶⁵, las estacas de yuca irradiadas con 4 a 7 Kr produjeron mutantes que presentaron aumentos en contenido en almidón y disminución en principios cianogenéticos. Cuando las dosis pasaron de 10 Kr se produjo una desorganización del mecanismo cromosomal del material estudiado.

PROGRAMA GENETICO

Martín⁴⁵ esbozó el siguiente programa genético tentativo en yuca:

- a. probar la forma de herencia de caracteres como: rendimiento en raíces reservantes, tamaño y forma de la planta, y otros caracteres agronómicos;

- b. probar los efectos de la endocría y cruzamientos en el rendimiento;
- c. determinar los vectores del polen y el grado de cruzamiento natural;
- d. desarrollar y caracterizar una serie de líneas endocriadas;
- e. usar genes individuales para mejorar las líneas endocriadas existentes;
- f. desarrollar poblaciones de polinización abierta con una amplia base genética;
- g. usar la técnica de la selección masal para modificar gradualmente tales poblaciones;
- h. seleccionar en todas las generaciones para individuos de valor potencial;
- i. cruzar *Manihot esculenta* con otras especies de *Manihot* poseedoras de caracteres de valor;
- j. introducir caracteres nuevos y favorables dentro de las líneas endocriadas y poblaciones de polinización abierta.

A lo anterior hay que agregar:

Caracteres morfológicos

- a. herencia de la forma de la raíz, dirección y profundidad de crecimiento, color de la película externa y de la pulpa;
- b. hábito de crecimiento, ramificación de la planta, nivel de ramificación, posición de los tallos;
- c. forma de las hojas (lóbulo).

Caracteres fisiológicos

- a. reacción al fotoperiodismo;
- b. época de madurez;
- c. defoliación en la estación seca;
- d. número de raíces reservantes por planta;
- e. heterosis;
- f. reacción al rayado marrón de la raíz.

Reacción a enfermedades y plagas

a. Herencia de reacción a enfermedades:

- 1) *Diplodia manihotis*;
- 2) *Cercospora viscosae*;
- 3) *Cercospora caribae*;
- 4) *Cercospora henningsii*;
- 5) *Glomerella cingulata*;
- 6) *Botrytis* sp.;
- 7) *Phyllosticta* sp.;
- 8) *Rhizoctonia* sp.;
- 9) *Rosellinia* sp.;
- 10) *Uromyces janiphae*;
- 11) *Pseudomonas manihotis*;
- 12) *Xanthomonas manihotis*;
- 13) Mosaico
- 14) Superbrotamiento.

b. Herencia de reacción a plagas:

- 1) *Coelosternus* sp.;
- 2) *Asciodes* sp.;
- 3) *Erinnyis ello*;
- 4) *Iatrophobia bralisiensis*;
- 5) *Silba pendula*;
- 6) *Anastrepha manihoti*;
- 7) Chinchas de encaje;
- 8) Thrips;
- 9) *Atta* spp.;
- 10) *Tetranychus* sp.;
- 11) *Eotetranychus planckii*;
- 12) *Mononychus* sp.;
- 13) Otros ácaros.

c. Herencia de reacción a nematodos:

- 1) *Rotylenchus reniformis*;
- 2) *Criconemoides* sp.;
- 3) *Helicotylenchus erythrinae*;
- 4) *Scutellonema aberrans*;
- 5) *Xiphinema elongatum*;
- 6) *Meloidogyne* sp.;
- 7) *Ditylenchus dipsaci*.

Quimeras y mutaciones: naturaleza de las quimeras y mutaciones.

MEJORAMIENTO

OBJETIVOS

Es fácil hacer una descripción de una variedad ideal de yuca, pero las posibilidades de producirla son muy escasas. La variedad ideal se basa, específicamente, en los aspectos morfofisiológicos que se han observado en las variedades del pasado y bajo esas condiciones. Por lo tanto, el fitotecnista debe, en primer lugar, decidir qué atributos son los más importantes en sus nuevas variedades y cuáles deben dejarse de lado por su importancia secundaria; debe seleccionar su material para esos pocos caracteres importantes, y si es posible con repeticiones en cada condición ecológica donde se proyecta expandir el cultivo de los futuros diez años a lo menos.

Además debe tener especial consideración en el grado tecnológico actual y futuro del cultivo, tanto para condiciones campesinas como empresariales.

Los objetivos pueden estar limitados por la disponibilidad de los padres, con los caracteres deseados, o por problemas de esterilidad entre los padres.

Los objetivos de mejoramiento en la yuca o mandioca, pueden agruparse en tres grandes rubros y son:

- a. rendimiento en raíces reservantes y en contenido de materia seca total, expresado en producción por hectárea y por mes de ciclo;
- b. calidad;
- c. resistencia a enfermedades y plagas.

Rendimiento

Un alto rendimiento se puede lograr ya sea por mejoramiento de las prácticas agronómicas y/o por mejoramiento fitotécnico.

Entre las prácticas agronómicas pueden mencionarse el uso de un buen material de propagación, rotación de cultivos, preparación de suelos, uso de herbicidas, densidad de plantación, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, épocas de plantación y de cosecha, etc.

El mejoramiento genético debe ir a un tipo que pueda plantarse a distancias cortas, pero que al mismo tiempo haga un eficiente uso de la luz.

Esta planta debe responder a las siguientes premisas:

- a. Que la planta tenga en lo posible, un sólo tallo vigoroso y si éste se divide, que la ramificación sea, sobre 1 m, para permitir una buena preparación al efectuar las labores de cultivo.

- b. Alto valor de la relación de peso: raíz/tallo.
- c. Índice de área foliar óptimo, alrededor de 3,5.
- d. Ramas con entrenudos cortos, con lo que se obtiene mayor follaje y reducción de la madera inútil.
- e. De 8 a 10 raíces reservantes por planta, de forma cónica o cilindro cónicas, de 30 cm de largo y más de 5 cm de diámetro. Sésiles o cortamente pedunculadas. Raíces con dirección de crecimiento levemente oblicuas, para permitir una fácil extracción. No se recomiendan raíces de crecimiento horizontal, para evitar en épocas de falta de humedad en el suelo, una excesiva defoliación de la planta. La corteza externa o suber de la raíz debe ser fácil de extraer y el tejido felógeno siguiente debe ser blanco, para evitar el oscurecimiento de la harina.
- f. Engrosamiento temprano de las raíces reservantes, lo mismo que el depósito de almidón.
- g. Alto contenido en materia seca a la cosecha, 35-43%.
- h. Hojas con posición vertical para que permitan una mayor intercepción de la luz solar a las hojas inferiores.
- i. Lóbulos individuales de las hojas, preferiblemente angostos. Con esto se aumenta la difusión de los gases entre el interior de la hoja y el ambiente, al eliminar la capa laminar de aire, no turbulento, junto a la hoja. También evita alzas exageradas de la temperatura.
- j. Resistencia a la sequía y al exceso de humedad en el suelo.
- k. Resistencia a la tendidura causada por los fuertes vientos.
- l. En ciertas regiones subtropicales o tropicales altas, resistencia a temperaturas ocasionales de bajo +10°C.

Calidad

En el mejoramiento de la calidad se debe tener presente el destino de la cosecha. Como alimento humano se usa en forma directa como yuca cocida o sancochada o bien procesada como "casabe, gari" o algún tipo de harina. Como alimento animal se le utiliza cruda, cocida o procesada en harina, "pellets" o "waffles" en raciones como sustituto de la harina de los cereales, especialmente, maíz, trigo y sorgo.

En el caso de utilizarse para humanos o animales en forma directa, sin procesamiento industrial, esta yuca debe tener un contenido de HCN no superior a 100-200 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco de raíz.

En el aumento de proteína digestible en la raíz de yuca se ha visto que este es un objetivo difícil de alcanzar, ya que la raíz tuberosa de la yuca es un órgano especializado para el almacenamiento de carbohidratos y no adaptado fisiológicamente para depósito de proteínas.

Experimentos realizados por Montaldo^{5 1}, en Maracay, Venezuela, han mostrado que la hoja de la yuca contiene 25% de proteína, pero que cuando se hacen cosechas sucesivas de follaje de yuca a los 4, 8 y 12 meses es posible obtener hasta 30 Ton/Ha de follaje (ramas, tallos y hojas) seco con 21% de proteína y 15% de fibra, por lo que no se ve el objeto de incluir en un programa de mejoramiento para raíces de yuca, el factor alto contenido en proteína, pero sí para la parte aérea.

Otro aspecto importante en el concepto de calidad, se refiere a la calidad culinaria de la yuca, contenido en azúcares, contenido en vitaminas y minerales y adaptación para la preparación de numerosos alimentos: tapioca, harinas, sopas.

También es importante considerar la calidad industrial de la yuca para uso en la industria textilera, papelera y de adhesivos.

Resistencia a las enfermedades y las plagas

Como principio general, debe tenerse en cuenta las enfermedades y plagas que son importantes y el grado de resistencia que se desea. No importa que muchas variedades de valor, de uso corriente, no tengan una alta resistencia a las plagas y enfermedades, si ellas no son muy susceptibles a una enfermedad o plaga importante. La obtención de alta resistencia, debe confinarse a unas de las más importantes enfermedades o plagas, de acuerdo a las condiciones ecológicas en que se desarrollarán los cultivos comerciales para que los objetivos puedan lograrse.

Hasta ahora se ha señalado al mosaico africano de la yuca, como el factor limitante de la producción en Africa e India. Allí los programas de mejoramiento de yuca, deben enfatizarse en obtener resistencia del mosaico. Para Latinoamérica esta enfermedad no tiene valor.

Siempre que sea posible, se deben usar clones o cultivares de *Manihot esculenta* como fuentes de resistencia.

Si hay que recurrir a otras especies de *Manihot*, debe tenerse cuidado en seleccionar calidad y resistencia a la enfermedad o plaga que se desea encontrar.

En la resistencia a las enfermedades, se debe seguir con la yuca el mismo criterio que para los otros cultivos; es decir, trabajar con la resistencia de campo poligenética; especialmente debido al problema de la especialización, cada día creciente en los patógenos, frente a los

cultivares con resistencia debida a hipersensibilidad o razas o patotipos y controlada por genes individuales.

El programa de mejoramiento de la yuca en Brasil (Normanha^{5 4}, Pereira^{5 6, 5 7}) ha obtenido las diversas variedades de yuca resistentes a sus principales problemas de enfermedades y plagas:

- a. Resistencia a la bacteriosis debida a *Xanthomonas manihotis* en: Blanca de Santa Catalina, IAC-12-1, 63-Cafelha, 192-Itu, 120-Santa, 454-Guaxupé, 637-Piragununga y 797-Ouro do Vale.
- b. Resistencia a la mancha parda de la hoja debida a *Cercospora henningsii* en: 120-Santa.
- c. Resistencia al virus del superbrotamiento en: 60-Preta.
- d. Resistencia al taladrador del tallo *Coelosternus* spp. en: IAC-12-1, 103-Brava de Itu, 797-Ouro do Vale.
- e. Resistencia a la larva de los brotes, o barrenador de los cogollos *Silba pendula* en: 103-Brava de Itu y siguientes: IAC-12-1, 192-Itu, 615-Marion, 120-Santa, 637-Piragununga, 797-Ouro do Vale.

Jennings^{3 2} y Nichols^{5 3} en trabajos hechos en Africa, sobre resistencia al mosaico africano de la yuca y al virus del estriado marrón, utilizaron cruces interespecíficos de *M. esculenta* con las especies: *Manihot glaziovii*, *Manihot dichotoma* y *Manihot catingea* con cierto éxito.

En Africa, Doughty^{1 7} hizo una revisión del trabajo de mejoramiento sobre resistencia del mosaico africano y del virus del estriado marrón, efectuado en ese continente por diversos investigadores mediante cruces intervarietales e interespecíficos, y concluyó que se lograron resultados que pueden considerarse aceptables.

Otros problemas que deben considerarse en este aspecto son encontrar resistencia hacia las manchas foliares de la yuca debidas al hongo *Phyllosticta* sp., resistencia al ataque de bachacos, *Atta* spp., y resistencia a las arafitas rojas, *Tetranychus bimaculatus*.

METODOS

Los métodos de mejoramiento en un cultivo determinado dependen de la forma de reproducción de las especies involucradas. La yuca o mandioca por su reproducción vegetativa presenta las siguientes características:

- a. Cada plantita proveniente de una semilla es potencialmente una nueva variedad y la descendencia posterior obtenida a través de

la propagación por esquejes, será genéticamente idéntica. Sin embargo podrán producirse, excepcionalmente, algunas mutaciones somáticas.

- b. Las variedades pueden ser muy heterocigotas y su progenie contendrá un amplio margen de tipos. Esto significa que se deben obtener familias muy numerosas para tratar de lograr seleccionar el tipo deseado.
- c. Puede ocurrir esterilidad tanto en el polen como en el óvulo. La falta de fertilidad del polen en muchas buenas variedades es un factor de desventaja para su uso en cruzamientos.

Según Hahn et al⁶, el método debe elegirse de acuerdo a las facilidades y fondos disponibles y a la variación, tanto genética y ambiental, en los materiales bajo selección.

Métodos de mejoramiento por vía asexual

Selección clonal. La selección clonal ha sido el primer método artificial aplicado al mejoramiento de la yuca por el hombre. Consiste en la reproducción vegetativa de un cultivar, lo que lo mantiene libre de impurezas (mezcla de cultivares o mutaciones) y libres de enfermedades: A pesar que el método asexual es el normal de propagación en la yuca, la reproducción por medios sexuales ha ocurrido en los



Fig. 35. Selección clonal en yuca para: rendimiento, forma de raíz y corteza blanca para la industria de harina panificable.

cultivares de yuca en algún período de su desarrollo evolutivo, y forma la base del mejoramiento.

La propagación clonal conduce a la perpetuación de una descendencia uniforme, pero suelen ocurrir algunos cambios de genes o aberraciones cromosómicas. En Venezuela, donde la yuca, de acuerdo a Schwerin⁶⁰, se cultiva desde hace 2500 años, Montaldo et al⁴⁹ han aplicado la selección clonal con buenos resultados.

Métodos de mejoramiento por vía sexual

Autofecundaciones. Abraham² señala que las principales dificultades para obtener líneas de yuca endocriadas son la diferencia de tiempo de madurez de las flores femeninas y masculinas de la misma planta y la reducción de vigor, que trae asociada una disminución de la floración. Sin embargo, se ha visto que efectuando una propagación vegetativa entre cada generación es posible sobrellevar, en parte, estas dificultades y llegar así hasta generaciones avanzadas. Abraham² considera que el cruzamiento de líneas endocriadas es la mejor vía para el mejoramiento de la yuca.

Cruzamientos

Cruzamientos intervarietales. Estos cruzamientos pueden provenir de polinización abierta o al azar o de polinización controlada.

- a. **Cruzamientos por polinización abierta.** Esta fue la forma de obtener muchas de las antiguas variedades de yuca o mandioca, y consiste en cosechar y sembrar posteriormente las semillas verdaderas de los mejores cultivares de las colecciones. Este material es altamente heterocigota y como observa Henaín²⁷, puede haber en él un “cierto azar”, cuando las colecciones se plantan siempre en el mismo orden; si hay una rigurosa anemofilia, ese clon de la colección es más probable que sea fecundado por los clones más cercanos y, si hay una estricta entomofilia, las flores femeninas ricas en principios nutritivos serán más frecuentadas y mejor polinizadas.

Después de esa polinización abierta deben seleccionar las mejores plantas y seguir con éstas la selección clonal. Este es el método más económico.

- b. **Cruzamiento por polinización controlada.** Esta polinización controlada puede ser artificial o natural. En la polinización artificial controlada el porcentaje de éxito, no es superior al 40%.

La práctica consiste en tomar una inflorescencia antes de la abertura de las flores femeninas, suprimir todas las flores masculinas y las femeninas mal formadas, colocar el polen sobre el estigma y después cubrir con una bolsa de papel.

- c. **Cruzamiento por polinización controlada natural con castración.** La yuca es una planta alógama, pues el transporte del polen es entomófilo. Por lo tanto, se puede, como el maíz, colocar líneas de progenitores femeninos entre las líneas progenitoras masculinas.

Es preciso extraer casi todos los días las flores masculinas y femeninas de las inflorescencias de la planta madre que no van a intervenir en el cruce. La recolección de las semillas se hace únicamente sobre los progenitores femeninos.

- d. **Cruzamiento por polinización controlada natural sin castración.** Se necesita establecer un plantel aislado de un progenitor masculino —500 m por lo menos de otra plantación de yuca— y colocar al centro los progenitores femeninos que poseen flores androestériles. Todas las semillas recolectadas de estas últimas serán híbridas.

Cruzamiento polivarietales. Arraudeau³ sugiere el método del policruzamiento en que cada cultivar que intervenga, reciba en lo posible, polen de todos los otros cultivares que se establezcan en el campo. Indica además, los siguientes requisitos que deben considerarse:

- a. hay que implantar clones de floración simultánea, lo que no es difícil en la yuca, por tener las flores de esta planta un largo período de apertura (floración escalonada en una misma inflorescencia);
- b. cada clon debe emitir cantidades de polen sensiblemente equivalentes;
- c. la polinización debe hacerse al azar. Arraudeau anota que la polinización al azar es un factor difícil de lograr, ya que en la yuca existe anemofilia y entomofilia simultáneamente; es probable que si se implantan clones por medio de un esquema adecuado, la polinización al azar no se hará nunca perfectamente.

La reproducción en conjunto del material híbrido presenta la ventaja de una mayor plasticidad a diferentes situaciones ecológicas y también frente al posible ataque de patógenos o plagas, que no encuentran en él, un genotipo específico.

Cruzamientos interespecíficos. Uno de los primeros trabajos realizados fueron los de Koch^{3 6} en Indonesia, al cruzar *Manihot esculenta* con *Manihot glaziovii* y *Manihot dichotoma*.

Otros trabajos preliminares son los de Bolhuis⁷ que utiliza *Manihot tristis* subsp. *saxicola* para obtener descendencias con alto contenido en proteína en las raíces.

Nichols^{5 3} y Jennings^{3 2} usan *Manihot glaziovii*, *Manihot dichotoma*, *Manihot catingae*, y *Manihot tristis* subsp. *saxicola* en cruces con *Manihot esculenta*.

Koshy^{3 7} y Cours^{1 1} también utilizaron *Manihot glaziovii* en el mejoramiento de la yuca cultivada.

Bolhuis⁸ indica que los porcentajes de éxito de las polinizaciones interespecíficas son muy bajas, con la excepción de los cruzamientos en que se incluye *Manihot tristis* subsp. *saxicola* que son muy altos, lo que pone en duda que sea una especie separada de *M. esculenta*. Para tener algún éxito se recomienda usar *Manihot esculenta* como el progenitor femenino. Bolhuis, además informa que en los resultados de los cruces efectuados en Bogor entre *M. tristis* subsp. *saxicola* con *M. esculenta* se recomienda dejar de lado, a *M. tristis* subsp. *saxicola* de todos los programas de mejoramiento debido a que las descendencias tienen hábito muy deficiente y alta toxicidad.

Abraham² señala que con el objeto de introducir algunos genes de especies silvestres en la yuca cultivada y producir un nuevo tipo, cruzó *Manihot esculenta* con *Manihot glaziovii*. Los cruzamientos en que se usó *Manihot glaziovii* como progenitor femenino fallaron. El cruzamiento recíproco tuvo éxito pero la producción de frutos fue cerca de 1%. Abraham recruzó este material cuatro veces con *M. esculenta*, de lo que obtuvo tipos con alto rendimiento, vigor, resistencia a la sequía y hábito de dispersión de las raíces tuberosas, mostrando también estas raíces buenas condiciones culinarias.

Magoon et al^{4 2} cruzó *Manihot esculenta* con *Manihot glaziovii* como fuente de resistencia al mosaico y a la sequía, seguido de retrocruzas con *Manihot esculenta* para estudiar el comportamiento de apareamiento de los cromosomas individuales en el F₁ y en los retrocruzamientos con *M. esculenta*. Las mayores diferencias cromosomales entre las dos especies envuelven a tres cromosomas y a su complemento haploide que fue representado por tres asociaciones de bivalentes heteromórficos en el F₁, consistiendo cada uno de un probable tipo cromosomal básico y un tipo derivado. El análisis del paquitenio de los retrocruzamientos de tres plantas dio prueba directa de la transmisión al azar de cromosomas marcados de ambos padres a través de gametos masculinos del híbrido F₁. También observó aumento en la frecuencia de quiasma en las plantas retrocruzadas

sobre el híbrido F_1 en el estado de metafase I. La fertilidad del polen de las plantas retrocruzadas también mostró una variación considerable.

Hahn, Howland y Terry^{2 6}, comunican haber utilizado el cruzamiento convergente modificado propuesto por Mackey, que según ellos proporciona más oportunidades de retener buenos complejos de genes y combinaciones ya presentes en los cultivares seleccionados y para la inclusión de cualquier porcentaje de un germoplasma inadaptado en poblaciones de mejoramiento. Este tipo de cruzamiento lo han utilizado los autores mencionados en el mejoramiento, para incorporar resistencia de la especie *Manihot glaziovii*, tanto al mosaico africano como a la pudrición bacteriana en las variedades comerciales de yuca.

Hahn^{2 5} manifiesta también haber empleado el híbrido de tres líneas en lugar del cruzamiento simple, con buenos resultados, para la introgresión de nuevo germoplasma en poblaciones de mejoramiento.

Producción de poliploides

Abraham¹ logró producción de poliploides en yuca por tratamiento de los brotes axilares con colquicina al 1%. Algunos tetraploides se mostraron de un aspecto muy promisor, no así en las subsiguientes pruebas de rendimiento, en que fueron inferiores a los diploides. Se asumió que el número de cromosomas había excedido al nivel óptimo para la actividad más eficiente de la célula y se trató de bajar su número. Esto se logró cruzando tetraploides seleccionados como progenitores femeninos con diploides. Se obtuvieron varios triploides ($3n = 54$) que resultaron superiores a los tetraploides.

Magoon et al^{3 9} produjeron tetraploides ($4n = 72$) con ayuda de colquicina y también, triploides ($3n = 54$) por cruzamiento de tetraploides inducidos con diferentes tipos de diploides cultivados.

Para la producción de tetraploides aplicaron una solución acuosa de colquicina al 0,5%, cada 12 horas en tratamientos repetidos, a los brotes axilares vigorosos de estacas sanas de yuca. La meiosis de las plantas diploides, en la metafase I, fueron muy normales con 18 bivalentes. En los tetraploides la frecuencia de las asociaciones de cromosomas en la metafase I fueron muy irregulares. La esterilidad del polen de los tetraploides varió de 62-78%. La fertilidad de las semillas fue también baja en condiciones de polinización abierta.

Los triploides son difíciles de producir. Sin embargo, Magoon et al^{3 9} informa sobre la producción de un triploide, cuyos caracteres morfológicos eran algo intermedios entre los progenitores diploides y tetraploides. En el triploide se observó una microsporogénesis altamente irregular, lo mismo que anomalías meióticas.

La esterilidad del polen fue de 79% y la planta no produjo semillas cuando fue autofecundada, pero algo se logró con polinización abierta en el campo.

Graner^{2,2,3} trató las yemas apicales de yuca por ocho días con colquicina al 0,5-1%, y obtuvo algunas plantas con grandes estomas y lóbulos foliares anchos y gruesos, cuando se compararon con el testigo sin tratar. Estas plantas resultaron ser poliploides; una octoploide ($8x = 144$ cromosomas), y el resto tetraploide ($4x = 72$). El autor señaló que en las plantas desarrolladas por esquejes, de estos poliploides, es posible estudiar caracteres como tamaño de la raíz y contenido en almidón. Para Graner existe una correlación entre la multiplicación de los cromosomas y la presencia de estomas de gran diámetro.

Cours¹ demostró que la poliploidía es un carácter de gigantismo en la yuca, ya que produce raíces más grandes y granos de almidón más voluminosos.

Técnica del cruzamiento

Después de las 15 horas de la tarde anterior al cruzamiento, o antes de las 10 horas del día del cruzamiento, las inflorescencias masculinas y femeninas deben cubrirse con una bolsa de papel. Sólo se dejan sin cubrir las flores del sexo elegido y que se esperan se abran el día del cruzamiento; se eliminan los frutos, las flores del sexo opuesto, las flores abiertas y las flores que son muy nuevas. Se polinizan las flores femeninas a medida que se abren durante el período inmediatamente después del mediodía, mediante el espolvoreo del estigma con anteras cargadas de polen. No se recomienda tener más de un padre masculino para las flores femeninas de cualquier inflorescencia.

Las posibilidades de polinización extraña, por polen que haya en el aire, son considerables y las flores femeninas polinizadas deben cubrirse y debe ponérseles su etiqueta inmediatamente. Las bolsitas de papel hay que sacarlas a las 48 horas y sustituirlas por sacos de muselina, en los cuales caerá la semilla, en el caso de cápsulas dehiscentes.

El engrosamiento del ovario fertilizado se manifiesta ya a los cinco a siete días. Los ovarios no fertilizados caen a los 10 días. Las semillas maduran entre los 2,5 a 3 meses.

La germinación posterior de las semillas es muy difícil y es necesario romper la testa. Los tratamientos con ácido sulfúrico o agua caliente no han dado resultados.

Injerto en yuca falsa (yangambi). Para aumentar la duración efectiva de la producción de semillas, se injerta *Manihot esculenta* sobre el pie de "yuca falsa", yangambi, según Sapin^{5,9}. El portainjerto tiene la ventaja que no produce raíces tuberosas y es perenne; tiene cierto parecido con *Manihot glaziovii*. El porcentaje de éxito del injerto va desde 5-60, y depende del clon injertado.

VALORACION AGRONOMICA

Con el fin de valorar los clones o nuevas variedades producidas en un programa de mejoramiento, se sugieren los siguientes criterios de selección y de valoración:

Altura de las plantas

Plantas altas (más de 2,50 m de la base al ápice), nota = 1

Plantas intermedias (1,50 a 2,50 m), nota = 2.

Plantas bajas (hasta 1,50 m), nota = 3.

Desarrollo del sistema foliar

Esta observación deberá hacerse en plena estación seca, con plantas entre 6 y 8 meses de vegetación.

Hojas escasas, generalmente pequeñas (hasta 14 cm de largo del lóbulo medio), nota = 1.

Hojas medianas (entre 14 y 17 cm), verde claro, nota = 2.

Hojas grandes (más de 17 cm), abundantes, verde oscuras nota = 3.

Nivel de ramificación del tallo

Una ramificación alta permite una fácil mecanización del cultivo.

Ramificación baja (hasta 50 cm), nota = 1.

Ramificación intermedia (entre 50-100 cm), nota = 2.

Ramificación alta (más de 1 m), nota = 3.

Tipo de inserción de la raíz reservante

Se refiere a la longitud del pedúnculo leñoso que une a la raíz con la planta.

Raíces pedunculadas (pedúnculos de más de 1 cm), nota = 1.

Raíces sésiles (pedúnculos de hasta 1 cm), nota = 2.

Dirección de crecimiento de las raíces reservantes

La dirección de crecimiento de las raíces está estrechamente relacionada con el cubo de tierra que es necesario remover para cosechar la planta de yuca.

Raíces de crecimiento vertical (con ángulo de 60 a 90° con respecto al nivel del suelo), nota = 1.

Raíces de crecimiento oblicuo (con ángulo de 45 a 60° con respecto al nivel del suelo), nota = 2.

Raíces de crecimiento horizontal (con ángulo hasta de 45° con respecto al nivel del suelo), nota = 3.

Forma de la raíz reservante

Raíces de forma irregular, nota = 1.

Raíces fusiformes, nota = 2.

Raíces cilíndricas o cónicas, nota = 3.

Color del tejido felógeno externo de la raíz reservante

Este factor es importante en la industria de las harinas. Se prefiere las yucas con felógeno no coloreado para evitar ennegrecimiento de las harinas.

Felógeno color marrón, nota = 1.

Felógeno color rosado, nota = 2.

Felógeno color blanco, nota = 3.

Color de la pulpa de la raíz reservante

Pulpa coloreada, nota = 1.

Pulpa blanca, nota = 2.

Materia seca total de las raíces reservantes a los 14 meses (en porcentaje).

Se han considerado las condiciones óptimas de rendimiento en raíces reservantes y contenido en materia seca que en Venezuela se producen entre los 14 y 15 meses, para las más importantes variedades. Estos valores deben determinarse para otras condiciones ecológicas.

Hasta 33,0%, nota = 1.

33,1 – 35,0%, nota = 2.

35,1 – 37,0%, nota = 3.

37,1 – 39,0%, nota = 4.

39,1 – 41,0%, nota = 5.

41,1 – 43,0%, nota = 6.

Más de 43,1%, nota = 7.

Rendimiento en materia seca Tonelada/Hectárea/mes

Hasta 0,2 Ton/Ha/mes, nota = 1.

0,2 – 0,4 Ton/Ha/mes, nota = 2.

- 0,4 – 0,6 Ton/Ha/mes, nota = 3.
- 0,6 – 0,8 Ton/Ha/mes, nota = 4.
- 0,8 – 1,0 Ton/Ha/mes, nota = 5.
- 1,0 – 1,2 Ton/Ha/mes, nota = 6.
- Más de 1,2 Ton/Ha/mes, nota = 7.

Reacción al rayado marrón de la raíz reservante

Susceptible, rayado intenso dentro de los siete primeros días de exposición a las condiciones del medio ambiente, nota = 1. Algo resistente, rayado que abarca 50-70% de la superficie del corte transversal de la raíz, entre 5 y 7 días, nota = 2. Resistente, rayado hasta el 50% de la superficie del corte transversal de la raíz, entre 5 y 7 días, nota = 3.

Otros índices de selección y valoración se deben referir a problemas de enfermedades bacterianas, fungosas o virosas, de acuerdo a su importancia en la región.

UTILIZACION DE LA VARIABILIDAD GENETICA BAJO BASES INTERNACIONALES

Con motivo de la escasez de alimentos energéticos a nivel mundial (Montaldo⁵⁰), Jennings y Martín³⁵, esbozaron un plan para adquirir y mantener las colecciones de germoplasma de yuca, debido a la gran variación que tiene esta especie y las especies afines; además, porque esta amplia variación debe preservarse para las futuras generaciones de fitotecnistas, cuyos requerimientos serán posiblemente, diferentes a los de ahora. De acuerdo a estos autores se deben tener presentes dos problemas: 1) evitar la dispersión de enfermedades de virus; 2) establecer métodos evaluatorios de uso general.

La necesidad de nuevo germoplasma puede resumirse en: introducción de caracteres específicos y ampliar la base genética de mejoramiento. Esto es especialmente importante para aquellas regiones yuqueras establecidas en Africa o Asia, dónde sólo algunos cultivares de esta especie han sido introducidos y en ellos se ha basado hasta ahora, gran parte del mejoramiento.

Adquisición de germoplasma

Cuatro categorías de germoplasma deben preservarse y son: 1) cultivares especiales; 2) material de mejoramiento; 3) cultivares ordinarios; 4) especies silvestres.

Debe hacerse una colección sistemática, incluyendo muchas variantes ecológicas de cada especie.

Mantenimiento del germoplasma

Las especies silvestres deben conservarse como semilla, porque son de difícil propagación por estacas.

No se conocen las condiciones óptimas de conservación de las semillas, las que deben investigarse, en especial en cuanto a contenido en humedad, temperatura y mezcla de gases en la atmósfera de almacenamiento.

En muchos países existe un gran número de cultivares, pero estos representan, en gran parte, variantes dentro de una estrecha base genética.

Se deberá reemplazar estas poblaciones con material de amplia base genética producido por cruzamiento. Pero debe evitarse la erosión de este material.

Las colecciones de cultivares interrelacionadas pueden almacenarse en forma de semilla y en lo posible esta semilla debe provenir de una hibridación en masa entre los cultivares del grupo. Otra ventaja de mantener estas colecciones como semilla, en lugar de estacas, se refiere al aspecto fitosanitario.

Métodos de evaluación de uso general

Los métodos de evaluación son necesarios de establecer y sobre ellos ya hay una iniciativa de Thompson y Wholey⁶³, del Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO GENETICO DE LA YUCA

BRASIL

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. zehntneri*, *M. majorana*, *M. tristis*, *M. janiphoides*, *M. grahami*, *M. inflata*, *M. pilosa*, *M. corymbiflora*, *M. leptopoda*, *M. quinquefolia*, *M. jolyana*, *M. handroana*, *M. pohlii*, *M. acuminatissima*, *M. sagittato-partita*, *M. xavantinensis*, *M. sparsifolia*, *M. falcata*, *M. pruinosa*, *M. quinqueloba*, *M. alutacea*, *M. violacea*, *M. jacobinensis*, *M. divergens*, *M. irwini*, *M. cecropiaefolia*, *M. mossamedensis*, *M. flemingiana*, *M. triphylla*, *M. fruticulosa*, *M. pentaphylla*, *M. tenella*, *M. gracilis*, *M. paviaeefolia*, *M. anomala*, *M. warmingii*, *M. glaziovii*, *M. pseudoglaziovii*, *M. epruinosa*, *M. brachyandra*, *M. maracasensis*, *M. catingae*, *M. dichotoma*, *M. quinquepartita*, *M. brachyloba*, *M. procumbens*, *M. affinis*, *M. reptans*, *M. crotalariaeformis*, *M. stipularis*, *M. pusilla*, *M. oligantha*, *M. longepetiolata*, *M. nana*, *M. tomentosa*, *M. stricta*, *M. purpureo-costata*, *M. salicifolia*, *M. attenuata*, *M. weddelliana*, *M. orbicularis*, *M. peltata*, *M. populifolia*, *M. reniformis*, *M. tripartita*, *M. caerulescens*, *M. heptaphylla*.

Según Normanha^{5 4}, el mejoramiento en Brasil está encaminado básicamente a obtener cultivares especializados hacia los tipos de consumo humano e industriales. Los objetivos más importantes para la selección y mejoramiento son:

- a. mayor producción por unidad de superficie;
- b. resistencia a enfermedades y plagas (bacteriosis, superbrotamiento, taladrador del tallo, larva de los brotes, etc);
- c. baja toxicidad;
- d. alto contenido en materia seca total;
- e. forma de raíces y características de enraizamiento que faciliten la cosecha.

Area de cultivo de yuca: 2.100.000 hectáreas.

BOLIVIA

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. condensata*, *M. guaranitica*, *M. anomala*.

En Bolivia Burela⁹ indica que son de valor las yucas de altura por su precocidad, tamaño bajo de plantas y resistencia a las heladas.

Trabajos de mejoramiento:

banco de Germoplasma; selección clonal.

Area de cultivo de yuca: 20.000 hectáreas.

PERU

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. brachyloba*, *M. peruviana*, *M. anomala*, *M. leptophylla*.

Los principales problemas son, según Delgado^{1 5}: enfermedades fungosas, arañita (*Tetranychus* sp.), el gusano de la hoja (*Erinnyis ello*) y las hormigas cortadoras (*Atta* spp.). En cierta extensión el nematodo de la raíz (*Meloidogyne incognita acrita*).

Trabajos de mejoramiento:

banco de germoplasma;
evaluación del germoplasma;
selección clonal;
biología floral.

Area del cultivo de yuca: 36.000 hectáreas.

ECUADOR

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. leptophylla*.

En Ecuador no hay un trabajo de mejoramiento genético o mejoramiento agronómico de la yuca, a pesar que este cultivo tiene bastante importancia tanto como alimento humano directo como para la industria.

Area de cultivo de yuca: 42.000 hectáreas.

ARGENTINA

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. grahami*, *M. anisophylla*, *M. guaranítica*, *M. hunzikeriana*, *M. anomala*.

Trabajos de mejoramiento (Henaín y Cenoz²⁷):

banco de germoplasma;
evaluación y selección clonal;
biología floral.

Area de cultivo de yuca: 24.000 hectáreas.

PARAGUAY

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. grahami*, *M. guaranítica*, *M. hassleriana*, *M. anomala*, *M. mirabilis*, *M. variifolia*, *M. procumbens*.

Trabajo de mejoramiento:

banco de germoplasma;
evaluación.

Area de cultivo de yuca: 121.000 hectáreas.

COLOMBIA

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. carthaginensis*, *M. brachyloba*.

Problemas de enfermedades: pudrición bacteriana, superbrotamiento y problemas de taladradores.

Trabajo de mejoramiento (Estrada¹⁹):

experimentos preliminares;
banco de germoplasma;
cruzamientos dialélicos y autofecundaciones;
estudio de herencia cuantitativa.

Area de cultivo de yuca: 160.000 hectáreas.

VENEZUELA

Especies: *Manihot esculenta*; otras especies: *M. tristis*, *M. carthaginensis*, *M. filamentosa*, *M. maguireiana*, *M. brachyloba*, *M. surinamensis*.

Problemas de enfermedades y plagas, sin ser de gravedad.

Trabajos de mejoramiento:

banco de germoplasma;

evaluación;

selección clonal.

Area de cultivo de yuca: 45.000 hectáreas.

OTRAS REGIONES DE AMERICA

La yuca es un cultivo muy poco importante en las Antillas, las Guayanas y Centro América.

En Costa Rica se ha llevado algún programa de mejoramiento como:

banco de germoplasma;

evaluación;

inducción de mutaciones.

Especies: *M. esculenta*; otras especies: *M. brachyloba*.

En Surinam están las especies: *M. surinamensis* y *M. tristis*.

En las Antillas se ha recolectado: *M. carthaginensis*, en Bonaire y Trinidad y *M. brachyloba*, en Santo Domingo.

De acuerdo a Rogers^{5,8}, las especies que muestran más afinidad con *Manihot esculenta* de México y América Central son: *Manihot aesculifolia* y *Manihot rubricaulis*. Otras especies de México son: *M. pringlei*, *M. auriculata*, *M. oaxacana*, *M. chlorosticta*, *M. davisiao*, *M. angustiloba*, *M. rhomboidea*, *M. subspicata*, *M. walkerae*, *M. caudata*.

INDIA

De acuerdo a Magoon^{4,4} los principales problemas del cultivo de la yuca en India son:

- a. bajo rendimiento en raíces reservantes;
- b. ataque de mosaico africano;
- c. sequía.

El programa de yuca de India contempla los siguientes puntos:

- a. clasificación del material genético;

b. metodología del mejoramiento:

- 1) selección;
- 2) hibridaciones intervarietales, que incluyen cruces entre tipos de alta capacidad de combinación, cruces dialélicos, cruces múltiples, cruces entre una generación endocriada con buenos polinizantes, pruebas de cruzamientos, etc;
- 3) endocría;
- 4) hibridaciones interespecíficas;
- 5) genones;
- 6) producción de razas cromosomales;
- 7) mutaciones;
- 8) evolución de híbridos de alto rendimiento;
- 9) estudios básicos;
- 10) otros estudios.

Area de cultivo de la yuca: 355.000 hectáreas.

KENIA, TANZANIA Y UGANDA

Los rendimientos en esta región son muy bajos (Jennings^{3 2,3 4}). Otros problemas son el mosaico africano y los períodos de lluvia inadecuados. Hubo un programa de mejoramiento hacia resistencia a virus. Actualmente sólo se realizan pruebas de variedades y estudios agronómicos.

Area de cultivo con yuca: Kenia: 95.000 hectáreas. Tanzania: 800.000 hectáreas, Uganda: 550.000 hectáreas.

NIGERIA

En Nigeria (Okigbo^{5 5}) se ha llevado un programa de mejoramiento que consiste en pruebas de variedades y selección para rendimiento, resistencia a virus e insectos. También se han efectuado algunos estudios genéticos básicos de herencia.

Area de cultivo con yuca: 1.100.000 hectáreas.

MADAGASCAR

Arraudeau⁵ informa que se cuenta con un grupo de variedades de yuca de alto rendimiento, resistentes al mosaico africano y a la pudrición de la raíz y adaptadas a varias condiciones ecológicas del país.

Actualmente se trabaja además en obtener variedades resistentes a la sequía.

Area de cultivo con yuca: 195.000 hectáreas.

SIERRA LEONA

En Sierra Leona (Godfrey-Sam-Aggrey^{2 0}) hay cierta producción de material resistente al mosaico y de alto rendimiento y se está trabajando en un plan de producción de material de propagación libre de mosaico mediante métodos serológicos.

Area de cultivo con yuca: 160.000 hectáreas.

OTROS CENTROS

En Filipinas existió un interesante trabajo de yuca en la década de 1920 que después decayó, lo mismo sucedió en Indonesia en el período 1925-1940.

Los pioneros en la investigación de los problemas fundamentales en el cultivo de la yuca fueron los investigadores alemanes, en los Camerunes, entre 1900 y 1915.

INSTITUTOS INTERNACIONALES DE AGRICULTURA

Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Nigeria

Este Instituto, ubicado en Ibadan, Nigeria, está desarrollando un amplio programa de mejoramiento del cultivo de la yuca especialmente hacia problemas de Africa y Asia (Hahn, Howland y Terry^{2 6}). Básicamente este programa tiene los siguientes puntos:

- a. colección de germoplasma;
- b. mejoramiento para resistencia a enfermedades y plagas: mosaico africano, estriado marrón, pudrición de la raíz, etc.;
- c. alto rendimiento en raíces reservantes;
- d. precocidad;
- e. tipo eficiente de planta con amplia adaptación;
- f. calidad del producto para la alimentación e industria;
- g. estudios genéticos básicos.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia

Este Instituto (Nestel^{5 2}) está desarrollando un amplio programa en mejoramiento agronómico y genético de la yuca. En mejoramiento genético contempla los siguientes aspectos:

- a. formación de un amplio Banco de Germoplasma que abarque toda el área de origen de *M. esculenta* y especies afines;
- b. evaluación de este material;
- c. mejoramiento para rendimiento, resistencia a enfermedades y plagas, alto contenido en proteína, bajo nivel de principios cianogénicos;

- d. estudios genéticos básicos, como forma de herencia de los caracteres de valor, heterosis, endocría, etc.

BIBLIOGRAFIA

1. ABRAHAM, A., PANICKER, P.K.S. y MATHEW, P. M. Polyploidy in relation to breeding in tuber crops. *Indian Bot. Soc. Jour.* 43(2):278-282. 1964.
2. ————. Breeding work on tapioca (cassava) and a few other tropical tuber crops. 2nd Int. Symp. Trop. Root Crops, Hawaii, 1970. Proc. pp. 76-78.
3. ARRAUDEAU, U. M. Consideration sur des méthodes d'obtention de nouveaux clones de manioc. Tananarive, Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar, Station Agronomique du Lac Alaotra, 1962. 22 p.
4. ————. Anatomie florale male et meiose chez quelques clones du genre *Manihot*. Tananarive, Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar, Station Agronomique du Lac Alaotra, 1967. 61 p.
5. ————. Memorandum on cassava in Malagasy Republic. In: Cassava Program Review Conference, Cali, 1971. 3 p.
6. BOITEAU, P. Caryologie du manioc cultivé (*Manihot utilissima* Pohl). *Bull. Acad. Malgache (Tananarive)* 2:117-118. 1937.
7. BOLHUIS, G. G. A survey of some attempts to breed cassava varieties with a high content of protein in the roots. *Euphytica (Wageningen)* 2(2):107-112. 1953.
8. ————. Intra and interespecific crosses in the genus *Manihot* 1st. Int. Symp. Trop. Root Crops, Trinidad, 1967. 11 p.
9. BURELA, A. El cultivo de la mandioca en Bolivia. 1er. Encuentro de Investigadores de yuca, Campinas, 1970. pp. 123-133.
10. CAPINPIN, J.M. y BRUCE, W. C. Floral biology and cytology of *Manihot utilissima*, *Philippine Agric.*, (Los Baños), 39(16):306-316. 1955.
11. COURS, G. Le manioc à Madagascar. *Memoires de L'Institut Scientific de Madagascar*. Ser. B. Tome 3, Fase 2:203-400. 1951.
12. CRUZ, N. D. da. Citología no genero *Manihot* Adans. I. Determinação do numero de cromosomas em algumas especies. *Anais Acad. Brasileira Cienc.* 40(1):91-95. 1968.
13. CHANDRARATNA, M. F. y NANAYAKKARA, K.D.S.S. Studies in cassava. II. The production of hybrids. Ceylon, *Tropical Agriculturist*, 104:59-74. 1943.
14. DARLINGTON, C.D. y JANAKI, E.K. Chromosoma atlas of cultivated plants. London, Allen & Unwin Ltd. 1945. 397 p.
15. DELGADO, T. E. El cultivo de la yuca en el Perú. Campinas. 1er. Encuentro de Inv. de Yuca, Países Andinos y Estado São Paulo, 1970. pp. 1-12. (Anexo).
16. DOKU, E. V. Breeding for yield in cassava. I. Indices of yield. *Ghana Journal Science* 5(1):42-59. 1965.
17. DOUGHTY, L. R. Cassava breeding for resistance to mosaic and brown streak viruses. *East African Agric. For. Org. (An. Rept.)* 1958. pp. 48-55.

18. DULONG, R. Le manioc à Madagascar. Agron. Trop. (Nogent sur Mame) 26(8):791-829. 1971.
19. ESTRADA, N. Status of cassava production and utilization in Colombia. In: Cassava Program Review Conference, Cali, 1971. 2 p.
20. GODFREY-SAM-AGGREY, W. The status of cassava production, utilization and research in Sierra Leone. In: Cassava Program Review Conference, Cali, 1971. 4 p.
21. GRANER, E. A. Contribuição para o estudo citológico de mandioca. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1935. 28 p.
22. ————. Tratamento de mandioca pela colchicina. I. Nota preliminar sobre poliploidia indicada pela diferenca de tamanho dos estômatos. Jour. Agron. (Piracicaba) 3:89-98. 1940.
23. ————. Polyploid cassava; induced by colchicine treatment. Jour. Hered (Washington) 32:281-288. 1941.
24. ————. Genética de *Manihot*. I. Hereditariiedade da forma de fôlha e da coloração da pelicula externa das raízes em *Manihot utilissima* Pohl. Bragantia (Campinas) 2(1):13-22. 1942.
25. HAHN, S. K. y HOWLAND, A.K. Breeding for resistance to cassava mosaic. Proc. Cassava Mosaic Workshop. Ibadan, IDRC/IITA, 1972. pp. 37-39.
26. ————, ————, y TERRY, E.R. Cassava breeding at I.I.T.A. Ibadan, International Institute Tropical Agriculture, 1974. 47 p.
27. HÉNAIN, A. y CENOZ, H. La mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Corrientes, Argentina, Universidad Nacional de Nordeste, Facultad de Agronomía, 1971. 61 p. (Publ. no. 12).
28. HSU, K. S. y VALERIO, J. La relación entre aberraciones cromosómicas inducidas por radiación y las mutaciones somáticas en *Manihot esculenta*. Informe Técnico 1966. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. pp. 38-39.
29. ————, y ————. Observaciones preliminares de apareamiento cromosómico en meiosis de *Manihot esculenta*. Informe Técnico 1966. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1966. p. 39.
30. ————, y ————. Citogenética y mejoramiento en *Manihot esculenta*. Informe Técnico 1967. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1967. pp. 42-43.
31. INFORME ANUAL de la Sección de Raíces y Tubérculos. Maracay, Venezuela, Instituto de Agronomía, 1973. pp. 195-262.
32. JENNINGS, D.L. Further studies in breeding cassava for virus resistance. East African Agric. Jour. (Nairobi) 22(4):213-219. 1957.
33. ————. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava, and the effect on interspecific crossing on fertility. Euphytica (Wageningen) 12(1):69-76. 1963.
34. ————. Cassava in Africa. Field Crops. Abstr. 23:271-278. 1970.
35. ————, y MARTIN, F. W. Comp. The utilization of cassava variability on an international basis. 3a. Reunión Sociedad Mundial de Raíces y Tubérculos, Nigeria, 1973. 23 p.
36. KOCH, L. Cassaveselectie. Tesis. Wageningen, Universidad Agrícola, 1934. 71 p.
37. KOSHY, T. K. The tapioca plant and methods for evolving improved strains for cultivation. Proc. Indian Acad. Sci. (Bangalore) Sect. B. 26(2):32-59. 1947.

38. MAGOON, M.L., JOS, J. S. y NAIR, S. G. A morphological embriological and cytological study of male sterility in *Manihot esculenta* Crantz. Tropical Root and Tuber Crops Newsletter (Mayagüez) 2:10-12. 1969.
39. _____, JOS, J.S., VASUDEVAN, K. N., y NAIR, S. G. Cytomorphological studies on induced polyploids of cassava. Genética Ibérica 21:27-46. 1969.
40. _____, KRISHNAN, R., y VIJAYA BAI, K. Morphology of pachytene chromosomes and meiosis in *Manihot esculenta* Crantz. Cytología 24(4):612-626. 1969.
41. _____. Problems and prospects in the genetics improvement of cassava in India. 2nd. Int. Symp. Trop. Root Crops, Hawaii, 1970. pp. 58-61.
42. _____, KRISHNAN, R., y VIJAYA BAI, K. Cytogenetics of F₁ hybrid between cassava and ceara rubber and its backcross. Genetica (Gravenhabe). 41(3):425-436. 1970.
43. _____, _____, _____. Chromosomal differentiation between cassava and ceara rubber. Trop. Root. Tub. Newsletter. (Mayagüez). 4:23-25. 1971.
44. _____. Status of cassava production and utilization in India. In: Cassava Program Review Conference, Cali, Colombia, 1971. 7 p.
45. MARTIN, F. W. Cassava in the world of tomorrow. 2nd. Int. Symp. Trop. Root Crops, Hawaii, 1970. Proc. pp. 53-57.
46. MENDIOLA, N. B. Somatic segregation observed in the College of Agriculture and their economic and genetic importance. Philippine Science Convention. Manila, 2(2/3):269. 1932.
47. MERCADO, T. A. Comparative study of two bud sports of cassava and their parent varieties. Philippine Agriculturist (Los Baños) 28(4):308-320. 1939.
48. MIEGE, J. Recherches sur la sterilité chez la manioc. Revue Cytol. Biol. Veg. (Paris) 15(3):179-194. 1954.
49. MONTALDO, A. et al. Banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta*) en Venezuela. Maracay, Instituto de Agronomía, 1971. 12 p.
50. _____. La importancia de la yuca en el mundo actual con especial referencia a Venezuela. In: Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Maracay, Revista Facultad de Agronomía, Alc. 22-17-40. 1973.
51. _____, y MONTILLA, J. J. Producción de follaje de yuca. Maracay, Revista Facultad de Agronomía, Alc. 24:31-51. 1976.
52. NESTEL, B. L. Current trends in cassava research. International Symposium on Tropical Root Crops, Ibadan, 1973. 17 p.
53. NICHOLS, R. F. W. Breeding cassava for virus resistance. Nairobi, East African Agric. Jour. 12(3):184-194. 1947.
54. NORMANHA, E. S. O trabalho de melhoramento da mandioca no Instituto Agrônomico do Estado São Paulo. 1er. Encuentro de Investigadores de Yuca, de los países andinos y del Estado de São Paulo, Campinas, 1970. pp. 39-47.
55. OKIGBO, B. N. Report on cassava work in Nigeria. In: Cassava Program Review Conference, Cali, 1971. 3 p.
56. PEREIRA, A. S. Melhoramento da mandioca. 4o. Seminario Panamericano Sementes. Brasil, 1963. p. 137.

57. _____, NERY, J. P. y IGUE, T. Seleçao de novos clones de mandioca para mesa, pela toxicidade e paladar de suas raizes "in natura". Campinas, Brasil, *Bragantia* 24:LV-LVIII. 1965.
58. ROGERS, D. J. y APPAN, S. G. Untapped genetic resources for cassava improvement. 2nd. International Symposium on Tropical Root Crops, Hawaii, 1970. pp. 72-75.
59. SAPIN, P. Selection du manioc à Yangambi. Congo, Bull. Inf. Inst. Nat. Etud. Agron. 7(3):181-195. 1958. También en: Bruxelles, Bull. Agric. Congo Belge 49(3):181-196. 1958.
60. SCHWERIN, K. H. Apuntes sobre la yuca y sus orígenes. Caracas, Boletín Informativo de Antropología 7:23-27. 1970.
61. SENARATNA, J. E. Bisexual flowers in the manioc (*Manihot esculenta* Crantz), (*Manihot utilissima* Pohl). Ceylon Jour Sci. Sect. A. Bot. 12:169. 1945.
62. SOHMER, S. H. Microsporogenesis in *Manihot esculenta*. *Cytología* 33:97-99. 1968.
63. THOMPSON, R. L. y WHOLEY, D. W. Una guía para ensayos de campo en yuca. Cali Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973. 25 p.
64. TOLEDO, A. P. de. Anatomía e desenvolvimiento ontogenético da flor de mandioca. Campinas, *Bragantia* 22(37):465-476. 1963.
65. VASUDEVAN, K. N. Radiation-induced mutations in cassava. *Indian Jour. Hort.* 23(1/2):95-98. 1967.

CAPITULO 10

COMPETIDORES BIOTICOS

ENFERMEDADES

VIROSAS

En América Tropical las enfermedades virosas de la yuca no constituyen hasta ahora un problema de importancia primaria, sin embargo, por ser algunas de éstas limitantes del cultivo en otros continentes, se hará mención al mosaico africano de la yuca.

Mosaico africano de la yuca

Jenning^{3 8} al referirse a la yuca en Africa Oriental dice que los virus reducen mucho el rendimiento y las pérdidas que ellos causan son mayores que en cualquier otra parte. Según este autor, esto se debe, en parte, a la presencia del virus del rayado marrón y parcialmente a la elevada intensidad de los síntomas del mosaico africano. En general, el mosaico africano, reduce el rendimiento en proporción a la distorsión de la hoja y a la reducción en área foliar que causa, mientras que el efecto más serio del virus del rayado marrón es el reemplazo del tejido comestible de la raíz, por áreas necróticas inútiles y que, en ciertas circunstancias, pueden causar la muerte de las plantas.

Este mismo autor, cita el efecto de la infección de virus en el rendimiento en raíces de yuca en diversos países africanos: Congo 20%, Nigeria 33-43%, Madagascar 83%, Zanzibar 76-96%, Tanzania 16-65%.

El virus del mosaico africano de la yuca es transmitido por especies del género *Bemisia* (Aleyrodidae).

Existe un método serológico (Ganguly et al^{2 9}) para determinar la presencia del virus del mosaico en plantas de yuca y poder eliminarlas así.

Actualmente en el Instituto Internacional de Agricultura de Nigeria se trabaja en un gran programa de mejoramiento genético del mosaico.

Para hacer frente a este problema se inició en 1937 (Jenning^{3 8}) un programa de mejoramiento para resistencia a enfermedades virosas en yuca que tuvo éxito, especialmente en cruces entre variedades de *Manihot esculenta*, para el virus del estriado marrón que dieron origen a líneas resistentes y con alto rendimiento. El material con resistencia al mosaico africano obtenido de cruces con *M. glaziovii* fue insuficiente en rendimiento en raíces. Este programa se discontinuó en 1957, pero es importante saber que existen dentro del género *Manihot* genes que pueden controlar estas enfermedades.

Control: destruir el insecto vector con tratamientos de Rogor L 40, 3/4 lt/Ha o Endrín 19,5%, 2 lt/Ha.

Eliminar las plantas enfermas durante la vegetación. Uso de variedades de yuca con resistencia genética.

Mosaico común

El mosaico común se presenta en Brasil (Costa^{1 7}), Colombia (Lozano y Booth^{4 4}) y Venezuela (González^{3 3}). Produce en las hojas una clorosis. Se transmite por contacto de plantas enfermas y sanas. Esta enfermedad hasta ahora no constituye problema.



Fig. 36. Mosaico común. Obsérvese la clorosis y la deformación de las hojas infectadas por el virus.



Fig. 37. Planta nueva infectada de mosaico.

Control: uso de material de propagación proveniente de plantas sanas. Eliminar las plantas enfermas en los planteles de propagación durante la vegetación.

Medidas cuarentenarias rigurosas con material proveniente de otros países.

Superbrotamiento

Es una enfermedad que se le atribuye origen viroso y que causa daños en Brasil (Goncalves^{3 1}) por la disminución de rendimiento de los cultivos.

Control: destruir las plantas enfermas; uso de material de propagación sano; usos de variedades resistentes.

BACTERIANAS

Bacteriosis, pudrición, causada por *Xanthomonas manihotis*

Es la enfermedad de mayor importancia económica en Argentina, Paraguay y Brasil. También se encuentra en Venezuela (González^{3 3})

y Colombia (Lozano y Booth⁴⁴). Se manifiesta según Paradela Filho⁶⁸ por el marchitamiento de las hojas y la exudación de goma. Internamente se oscurecen los vasos de las ramas, llegando hasta su pudrición. A veces la enfermedad se localiza en el extremo de las ramas, las hojas nuevas se secan y provocan una muerte descendente.

Control: plantación de estacas sanas. Uso de variedades de yuca con resistencia genética. Normanha y Pereira⁶³ señalan con esta resistencia a las variedades: Blanca de Santa Catalina, 63-Cafelha, 103-Brava de Itu, 192-Itu, IAC-12-1, IAC-5-165, 545-Guaxupé, 120-Santa, 637-Piracununga, 797-Ouro de Vale. Además de las variedades anteriores, el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, produjo posteriormente las siguientes: IAC-7-127, IAC-12-50, IAC-12-58, IAC x 352-7 Jacana y IAC-24-2 Mantiqueira y la Estación Experimental de Taquari, Río Grande del Sur las siguientes: S2-593, S2-901 y S7-129.

Lozano y Sequeira⁴⁵ señalan que en Colombia de 1293 cultivares de yuca probados sólo 8 resultaron resistentes al ataque de la bacteria. Indican que la resistencia dependía de la restricción de penetración e invasión sistémica del patógeno.

Lozano y Wholey⁴⁶ describieron un método para la obtención de material de propagación libre de bacteriosis aprovechando la condición de que los brotes apicales de yuca enraizan fácilmente bajo un propagador de neblina y tomando todas las precauciones higiénicas durante su multiplicación.

FUNGOSAS

ENFERMEDADES DEL FOLLAJE

Mancha blanca de la hoja, causada por *Cercospora caribae*. Mancha parda de la hoja, causada por *Cercospora henningsii*.

Cercospora caribae ataca actualmente los cultivos de yuca en Perú (Delgado²⁰), Colombia (Castaño¹¹), Venezuela (Muller y Chupp^{57,58}), Santo Domingo (Chevaugon¹⁹), Brasil (Viegas⁸⁶), Guatemala (Muller y Chupp⁵⁹). Esta enfermedad es frecuente en los períodos húmedos y algo frescos y ataca preferentemente las hojas basales de las plantas. Primero aparece un amarillamiento en la hoja, el centro se pone pardo con un borde amarillo rosado, luego la parte central se pone blanca. Se presentan numerosas manchas que pueden alcanzar hasta 5 mm de diámetro. De acuerdo a Lozano y Booth⁴⁴, esta especie ataca en regiones más frescas que *C. henningsii*, *Cercospora henningsii* fue mencionada en Perú (Delgado²⁰), Colombia (Castaño¹¹), Venezuela (Muller⁵⁶), Brasil (Viegas⁸⁶). Jamaica (Leather⁴²), Honduras (Muller y Roberts⁶⁰), Santo Domingo (Ciferri^{14,15}) y Perú (Osoreo y Delgado⁶⁶). Se caracteriza por producir



Fig. 38. Mancha parda de la hoja causada por el hongo *Cercospora henningsii*, que produce pequeñas pústulas visibles en ambas caras de las hojas.

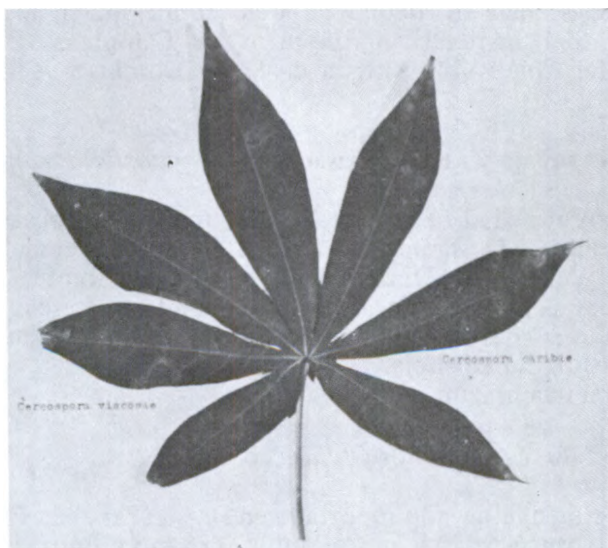


Fig. 39. Hoja de yuca atacada por los organismos *Cercospora viscosa* y *Cercospora caribae*. La lesión producida por el último hongo se le denomina mancha blanca de la hoja.

sobre las hojas, pequeñas manchas (5-10 mm), visibles en ambas caras, de forma irregular, al principio amarillas y más tarde pardas.

Muchas veces las manchas son delimitadas por las nervaduras de las hojas. Las hojas inferiores son siempre las más afectadas. Las lesiones son mucho mayores que las de la mancha blanca. Igual que la enfermedad anterior, es muy frecuente en los periodos lluviosos pero requiere de temperaturas (25-30°C) altas.

Otra especie que causa daños en los cultivos de yuca en Venezuela es *Cercospora viscosae*, ya reportada por Muller y Chupp^{5 5} para Minas Gerais, Brasil.

Control: comercialmente no se realiza. Sería conveniente evaluar sus costos y la incidencia de los tratamientos en el rendimiento de raíces reservantes de la yuca.

Usar: Dithane M-22, (bisditiocarbamato de etileno de manganeso 80%) 2 Kg/Ha disuelto en agua 200-400 lt (Maneb). Dithane M-45, (Mn ++ 16%, Zinc ++ 2%, Ion etileno bisditiocarbamato 62%) 2 Kg/Ha disuelto en agua 200-400 lt (Maneb).

Dithane Z-78 (Bisditiocarbamato de etileno de zinc 75%), 2 Kg/Ha disuelto en agua 200-400 lt (Zineb). Lonacol-cobre (Bisditiocarbamato de etileno de zinc 15%, oxiclورو de cobre 37,5%). 2 Kg/Ha disuelto en agua 200-400 lt (Zineb-cobre). Oxiclورو de cobre 85% (Vitigran Conc.). 1 Kg/Ha en 200 lt agua. Brestan 60 (Trifenil-acetato de estaño), 200 g en 200 lt de agua.

Existe resistencia al ataque de *Cercospora* sp. en los cultivares IAC-7-158, del Instituto Agronómico de Campinas, Brasil, y en CADE-1, del Colegio Adventista de Santo Domingo de Los Colorados, Ecuador.

Manchas del follaje y ramas, causadas por *Phyllosticta manihobae*.

Es una enfermedad de importancia secundaria que ocasionalmente ataca el follaje y las ramas de la yuca en Brasil (Peradela Filho^{6 8}, Viegas^{8 5}), Venezuela (Díaz y Díaz^{2 2}) y en Colombia (Lozano y Booth^{4 4}), especialmente en áreas de temperaturas frescas (18-22°C).

Produce manchas de color marrón, mal delimitadas que pueden llegar a destruir toda la hoja.

No se practica ningún control.

Ceniza o mildiu, causado por *Oidium* sp.

Esta enfermedad ha sido reportada en Brasil (Paradela Filho^{6 8}), en Venezuela (González^{3 3}) y en Colombia (Lozano y Booth^{4 4}).

Produce en las hojas manchas cubiertas de una eflorescencia blanquecina y polvorienta. En ataques fuertes puede provocar la defoliación de la planta. Hasta ahora tiene poca importancia económica.

También se ha encontrado atacando especies silvestres del género *Manihot* (Viegas^{8 5}).

Control: de acuerdo a Lozano y Booth^{4 4}, parece que existen variedades de yuca con resistencia genética al ataque de este patógeno.

Aplicar: azufre mojable 2,5 Kg/Ha. Karathane 200 g/Ha.

Antracnosis, causada por *Glomerella cingulata*

Produce lesiones de color grisáceo en las puntas y ramas jóvenes, las que finalmente se secan. Es una enfermedad común en todos los trópicos, pero no causa daños graves.

Su control puede realizarse, según Goncalves^{3 0} usando variedades de yuca resistentes, por rotación de cultivos y empleando métodos higiénicos de propagación.

Este hongo se ha descrito también bajo las formas imperfectas de *Colletotrichum* sp. y *Gloesporium* sp.

Roya, causada por *Uromyces* sp.

Esta enfermedad provoca la desecación de las hojas. Se manifiesta por manchas redondeadas de color amarillo claro que se hacen presentes en las dos caras de las hojas y dejan escapar un polvo amarillento.

La enfermedad ha atacado la yuca en Brasil (Amaral², Paradela Filho^{6 8}), Ecuador, Puerto Rico y México (Koch^{3 9}), Colombia (Lozano y Booth^{4 4}), Venezuela (Díaz y Díaz^{2 2}).

Spegazzini^{8 1} menciona a la especie *Uromyces carthagenensis* asociada con yuca en Argentina. Esta enfermedad es de importancia secundaria.

Control: Maneb 3 Kg/Ha.

ENFERMEDADES DE LAS ESTACAS Y RAICES

Pudrición seca de las estacas, causada por *Diplodia manihotis*

Aparece cuando comienza la brotación de las estacas y se manifiesta por una depresión negrogrisácea que se produce a nivel del suelo. También ataca las estacas mantenidas en almacenamiento, especialmente en un ambiente con alta humedad relativa, ocasionando fallas en las plantaciones posteriores. Se puede evitar el ataque del hongo, almacenando estacas sin heridas o lesiones, tratando los cortes con parafina o vaselina.

La enfermedad está indicada para Brasil (Paradela Filho^{6 8}), Colombia (Lozano y Booth^{4 4}), Venezuela (González^{3 3}) y Perú (Osoreo y Delgado^{6 6}).

Según Peradela Filho^{6 8} el hongo no ataca los tejidos vivos de los tallos y las raíces durante el ciclo de la planta, por eso se le considera más bien como un saprófito en vez de un parásito.

Lozano y Booth^{4 4} indican también para Colombia un necrosamiento del material de propagación almacenado causado por el hongo *Glomerella cingulata*. La muerte de los tallos aparece primero en los extremos y avanza hacia el centro de las estacas; se presenta como una decoloración negra de los haces vasculares y provoca ampollas que al romperse muestran un color negro.

Pudrición del cuello, causado por *Sclerotium rolfsii*

El hongo tiene importancia bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura elevada, especialmente en plantaciones nuevas. Ataca el cuello de las plantas, donde se observa un exuberante crecimiento micelial.

Se ha reportado en Brasil (Normanha y Da Silva^{6 4}, Paradela Filho^{6 8}), pero es común en todo el trópico americano, y tiene un gran número de huéspedes dentro de las plantas cultivadas como papa, tomate, tabaco, frijol, maní, etc.

Control: debe evitarse el cultivo de la yuca en los suelos retentivos de humedad. Su rotación debe hacerse de cultivos con plantas resistentes y su espaciamento debe ser mayor al cultivo de la yuca.

En caso de usarse suelos húmedos, el cultivo debe hacerse en camellones altos con buen drenaje. Existen variedades de yuca con resistencia genética.

Pudrición negra de las raíces, Llaga negra, causada por *Rosellinia bunodes*

La enfermedad ha sido reportada en Brasil (Goncalves^{3 2}, Paradela Filho^{6 8}), Puerto Rico (Koch^{3 9}) y Colombia (Castaño^{1 0}).

El hongo vive en restos de las plantas en descomposición, de donde pasa a atacar a la yuca por medio de rizomorfias formadas por hifas del micelio.

La planta atacada se pone clorótica y se marchita y al cortar longitudinalmente las raíces de la yuca se notan estrías negras en la corteza y en el leño. También ataca a las estacas recién plantadas, recubriéndolas de un crecimiento micelial blanco que después se oscurece.

Otras pudriciones de las raíces de yuca reportadas en la literatura americana son causadas por:

Phytophthora drechsleri, Brasil (Muller y Carneiro^{6 1}).

Rhizoctonia sp., Brasil (Paradela Filho^{6 8}), Perú (Osoreo y Delgado^{6 6}), Puerto Rico (Koch^{3 9}).

Rhizopus nigricans, Brasil (Muller^{5 4}).



Fig. 40. Superelongación de la yuca causada por un hongo Ascomicete que provoca el alargamiento de los entrenudos, hojas deformadas y presencia de canchros en los tallos.



Fig. 41. Superelongación en la yuca.

PLAGAS DEBIDAS A INSECTOS Y A ACAROS

PLAGAS MAS COMUNES DEBIDAS A INSECTOS

Coelosternus sp., Coleoptera, Curculionidae. Taladrador de tallos y ramas

De acuerdo a Rosseto^{7 8} hay cinco especies de *Coelosternus* que atacan a las ramas de yuca en Brasil. La plaga también se encuentra en Argentina (Prosen et al^{7 4}), Puerto Rico (Leonard^{4 3}), Venezuela (Guagliumi^{3 4}). Son coleópteros pequeños de 6-13 mm, de color pardo, con el cuerpo recubierto de escamas. Los adultos colocan los huevos en orificios que hacen en la epidermis de una rama primaria próxima al tronco. A los 5 días se produce una larva de 1 mm que construye galerías, y que puede llegar posteriormente hasta 13 mm. El estado pupal dura 22 días.

Control: es difícil por insecticidas. Se recomienda la rotación de cultivos, la destrucción por el fuego de los tallos y las ramas afectadas y el uso de material de propagación sano y desinfectado con Endrín 18,5 al 2% en solución.

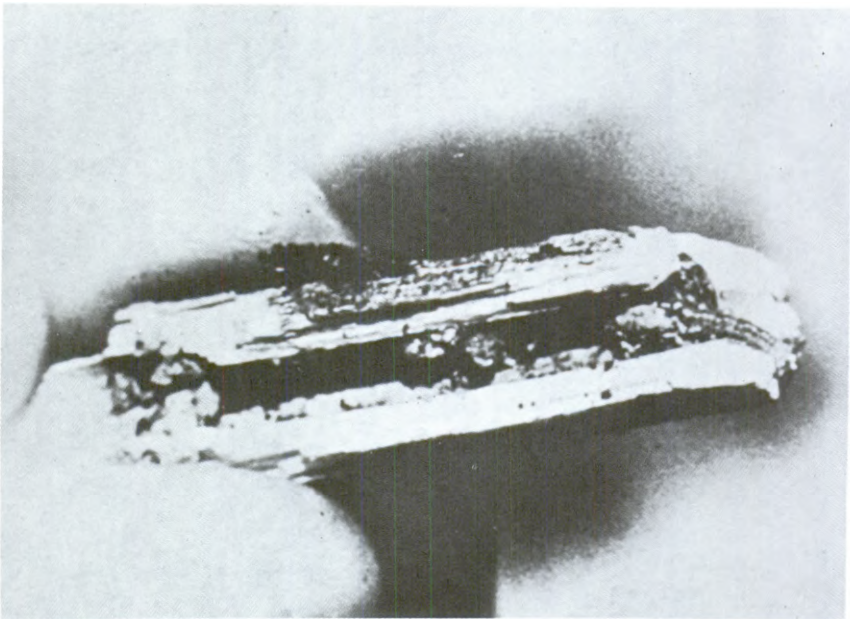


Fig. 42. Ataque producido en el tallo de *Manihot carthagenensis* por la larva de un taladrador.

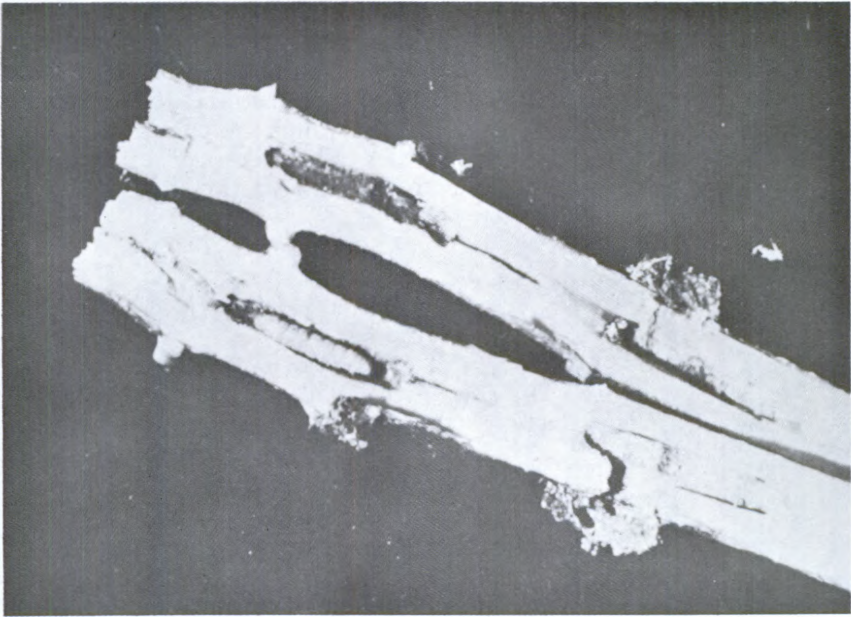


Fig. 43. Taladrador en el tallo de *M. esculenta*.

En Brasil se ha encontrado en yuca resistencia genética a los taladradores. Normanha y Pereira^{6 3} citan las siguientes variedades como resistentes:

Para la industria: 103-Brava de Itu, 192-Itu y IAC-12-1.

Para consumo humano: 120-Santa, 137-Piracununga.

Erinnyis ello, Lepidoptera, Sphingidae. Gusano de la hoja, Mandarová, Cachudo

La oruga de esta mariposa come las hojas de la yuca y de muchas otras plantas. Es una plaga bastante seria de los cultivos de yuca desde Argentina a Estados Unidos (Bertoni⁵, Delgado^{2 0}, Fonseca^{2 6}, Gallegos^{2 7, 2 8}, Krochmal y Cubero^{4 1}, Mariconi^{5 0}, Montaldo^{5 2}, Normanha y Pereira^{6 3}, Osore y Delgado^{6 6}, Peña y Sifuentes^{7 2}, Facultad de Agronomía^{7 3}, Robbs^{7 7} y Wille^{8 7}).

Es una mariposa nocturna de gran tamaño, 80-90 mm; las alas anteriores son de color grisáceo y las posteriores rojo amarillentas

con un borde marrón oscuro. En estado de pupa no causa daños. Pone los huevos en la cara superior de las hojas, presentando una coloración verdosa para pasar después a amarillo. Las larvas aparecen a los 5-6 días; son de color verde, de 5 mm. Terminado el desarrollo larval descienden al suelo donde se desarrolla la pupa que es de color marrón claro con franjas transversales. El proceso en el suelo dura 15-18 días. El ciclo total del insecto es de 26-30 días.



Fig. 44. Gusano de la hoja, mandarová o cachudo, *Erinnyis ello*. La oruga de esta mariposa come las hojas de yuca.

Control: Tricorfón (concentrado emulsionable) 0,4 Kg i.a. x Ha; Monoscrotofos (concentrado emulsionable) 0,4-0,6 Kg i.a. x Ha; Carbaryl (polvo mojable) 1,0-1,5 Kg i.a. x Ha.

Existe el control biológico y han sido indicadas las siguientes especies (Montaldo^{5 2}):



Fig. 45. Gusano de la hoja atacando una planta de yuca.

Trichogramma spp., Hymenoptera-Trichogrammatidae.

Telenomus dilopphonotae y *Telenomus monilicornis*, Hymenoptera-Prototrupoidea.

Apanteles americanus y *Apanteles flaviventris*, Hymenoptera-Braconidae.

Belvosia williamsi, Diptera-Tachinidae.

***Lonchaea pendula*, Diptera, Lonchaeidae. Barrenador de los brotes, Barrenador de los cogollos, “Mosquinha dos mandiocais”, “Broca dos brotes”.**

Es una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de las yucas en las Américas.

Se trata de una mosca de color azul brillante de 4,5 mm. La hembra pone los huevos en los brotes, por lo que las hojas en desarrollo mueren y el crecimiento se detiene y se producen brotes laterales. La planta segrega un jugo gomoso que las cubre. El adulto emerge cerca de 40 días después.



Fig. 46. Barrenador de los brotes, *Lonchaea pendula*, produciendo daños en el brote terminal de una planta de yuca.

Según Zikan^{8 9} esta plaga también ataca los frutos de *Citrus* sp., *Mammea americana* y *Mangifera indica*, en los que constituye una plaga secundaria.

Esta plaga se encuentra en Brasil (Normanha y Pereira^{6 3}, Wille^{8 7}, Zikan^{8 9}), Venezuela (Facultad de Agronomía^{7 3}), Colombia (Gallegos^{2 8}), Perú (Delgado^{2 0}, Osore y Delgado^{6 6}, Wille^{8 7}), Trinidad (Urich^{8 4}), Santo Domingo (Bradley⁷), Puertó Rico (Wolcott^{8 8}) y México (Peña y Sifuentes^{7 2}).

Control: Monoscrotofos (concentrado emulsionable) 0,4-0,6 Kg i.a. x Ha; Dimeteoato (concentrado emulsionable) 0,5 Kg i.a. x Ha.

Existe resistencia genética en la variedad IAC-24-3.

Thrips. Thysanoptera, Tripidae. Trips de la yuca o piojillo

Se mencionan a las especies: *Frankliniella* sp., llamada en Colombia (Gallegos^{2 8}, Negrete^{6 2}), trip del enrollamiento del cogollo, también presente en las Antillas (Facultad de Agronomía^{7 3}); *Scirtothrips manihot* de Brasil (Rosseto^{7 8}) y *Corvnothrips stenopterus* de América Tropical (Facultad de Agronomía^{7 3}).



Fig. 47. Barrenador de los brotes en yuca.



Fig. 48. Barrenador de los brotes en yuca.



Fig. 49. Thrips atacando hojas de yuca. Nótese la clorosis con manchas alargadas, deformación de los márgenes de las hojas y disminución del área foliar.

El daño es provocado por las ninfas y adultos en las hojas nuevas y en los brotes. Se producen clorosis con manchas alargadas, deformación de los márgenes de las hojas y disminución del área foliar.

Control: Negrete⁶² ha probado diversos productos con resultados satisfactorios, entre éstos se encuentran:

Gusatión E25, 200 cc i.a./Ha + 100 lt agua.

Sevin P.M. 85%, 1 Kg i.a./Ha.

Malatión E57, 450 cc i.a./Ha.

También utilice 40 Kg B.H.C. 3%, + 40 Kg Azufre.

2 lt Aldrín 24%, + 1/2 lt Paratión 50%/Ha.

Atta sexdens. Hymenoptera, Formicidae. Bachaco, Bachaco rojo, Hormiga coqui, Hormiga arriera, "Saúvas".

De acuerdo a Wille^{8 7} esta especie se encuentra distribuida desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, y ataca a la yuca y a otros cultivos. Otra especie, también con una amplia dispersión y que también ataca los cultivos de yuca es *Acromirmex* sp. o bachaco sabanero.

Los ataques severos de bachacos según Ramos^{7 6} llegan a defoliar por completo las plantas de yuca y destruyen los brotes terminales. Son de hábitos nocturnos y viven en colonias subterráneas. Un zompopo "bachaquero" puede llegar a ocupar varios cientos de metros cuadrados. El ataque de estos insectos es más intenso en la estación seca.

Control: Mirex (Dodecacloro octahidro-1,3,4-metano-2, H-ciclobuta pentaleno) aplicar a la entrada de los hormigueros 10 g/m², Aldrín 2,5% en polvo, Clordano 10% en polvo.

El control es efectivo cuando se logra matar a la reina.

Iatrophobia brasiliensis. Diptera, Cecidomyiidae. Agallas cilíndricas

Las larvas causan cecidias o agallas por la proliferación del tejido en la cara superior de la hoja de yuca. Los daños hasta ahora no han sido tomados en cuenta pues aparentemente no causan trastornos en la realización de las funciones normales de la planta. Es una afección bastante común en los yucales de Perú (Wille^{8 7}), Colombia (Gallegos^{2 8}), Venezuela (Facultad de Agronomía^{7 3}), y Brasil (Rosseto^{7 8}).

Se indican como enemigos naturales de *Iatrophobia brasiliensis* a las siguientes especies (Montaldo^{5 2}):

Tetrastichus fasciatus. Hymenoptera-Eulophidae. *Aprostocetus* spp., Hymenoptera.

Leptopharsa sp. Hemiptera, Tingidae. Chinchas de encaje

Se mencionan tres especies: *Leptopharsa illudens* en América Central, Brasil (Rosseto^{7 8}) y Venezuela (Facultad de Agronomía^{7 3}), *Leptopharsa longula* en Brasil (Rosseto^{7 8}) y *Leptopharsa manihotae* en Cuba, Trinidad, Argentina, Paraguay y Perú (Rosseto^{7 8}), Brasil (Monte^{5 3}, Rosseto^{7 8}) y Colombia (Gallegos^{2 8}).

Las ninfas y adultos se ubican en la cara inferior de las hojas. En ataques intensos provocan defoliación y la planta crece en altura. En ataques iniciales se notan las hojas enrolladas y cloróticas.



Fig. 50. Agallas cilíndricas en hojas de yuca, debidas al díptero *Iatrophobia brasiliensis*.



Fig. 51. Chinchas de encaje. *Leptopharsa* spp. sobre la cara inferior de la hoja de yuca. Los ataques intensos provocan defoliación.

***Schistocerca paranensis*. Orthoptera, Acridiidae. Langosta migratoria**

Destruye completamente las hojas y brotes de la planta de yuca. Muchas veces las plantas si son nuevas o si se dan condiciones ecológicas apropiadas, rebrotan. Común en Argentina, Paraguay, Brasil y Perú (Wille^{8 7}).

Control: las langostas tienen muchos enemigos naturales, pero se ha visto que muchos de estos métodos de control biológico son poco eficaces por el potencial de reproducción de las langostas.

Se recomiendan métodos culturales, como sustitución de cultivos por otros no susceptibles, o bien efectuar el cultivo susceptible fuera de las épocas de mayor incidencia de la plaga.

Entre los productos químicos está el BHC al 3% en espolvoreo a razón de 15-20 Kg/Ha.

OTRAS PLAGAS DE IMPORTANCIA LOCAL O SECUNDARIA

Acanthoderes nigricans. Coleoptera, Cerambycidae. Barredor de los tallos y ramas. Colombia (Gallegos^{2 8}, Ramos^{7 6}).

Eulechriops manihot. Coleoptera, Curculionidae. Brasil (Rossetos^{7 8}), Argentina (Montaldo^{5 2}).

Chilomina clarkei. Lepidoptera, Pyralidae. Taladrador del tallo. Venezuela (Fernández y Terán^{2 5}).

Chilozela bifilalis. Lepidoptera, Pyralidae. Cogollero. Venezuela (Fernández y Terán^{2 5}).

Antherigonia excisa. Diptera, Anthomyiidae. Larva de los brotes. Brasil (Normanha y Pereira^{6 3}).

Telecome crassipes. Diptera, Chloropidae. Larvas de brotes y flores. Brasil (Rosseto^{7 8}).

Saissetia sp. Homoptera, Coccidae. Chochinilla (Szent-Ivany^{8 3}). Brasil (Bondar⁶), Colombia (Gallegos^{2 8}), Argentina (Montaldo^{5 2}).

PLAGAS MAS COMUNES DEBIDAS A ACAROS

Acaros. Acarina, Tetranychidae. Acaros o falsas arañas de la yuca

Doreste^{2 4} menciona para Venezuela *Eotetranychus planki*. Barrios⁴ dice que esta especie causa en diferentes variedades de yuca las

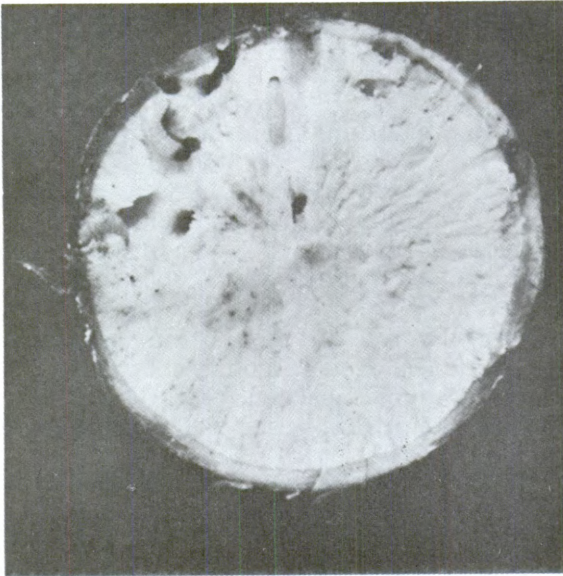


Fig. 52. Pequeñas larvas en raíces frescas de yuca.

siguientes reacciones: deformación y decoloración de las hojas en la primera fase y posteriormente secado y caída de las mismas; desorganización del proceso de crecimiento, causando una gran proliferación y concentración de yemas en espacios pequeños, es decir, un acortamiento de los entrenudos; muerte de los extremos apicales y en casos severos, de toda la planta.

El ácaro incrementa su población en la estación seca.

Para Brasil (Costa¹⁶, Rosseto⁷⁸), Antillas (Nyiira⁶⁵) y Colombia se menciona a *Mononychus* sp.

Otra especie frecuentemente citada es *Tetranychus* sp., Perú (Delgado²⁰, Parzicki⁶⁷). Brasil (Rosseto⁷⁸), Colombia (Gallegos²⁸). Los ácaros se ubican en la cara inferior de las hojas, por lo que ésta presenta manchas rojizas debido a las colonias formadas.

Control: 40 Kg BHC 3% + 40 Kg Azufre, Basudín (Diazinón) 40 M, 1 Kg/Ha disuelto en 40-60 lt agua/Ha; 2 lt Aldrex 2 + 1/2 lt Parathion 46,7% + 100 lt agua; Galecron 50% EC, 1 lt + 200 lt agua, Kelthane 18% EC, 4 lt + 200 lt agua. Nyiira⁶⁵ menciona una serie de enemigos naturales de *Mononychellus tanajoa* en Uganda, especialmente coccinélidos del género *Stethorus* y estafilínidos del género *Oligota*.

También se menciona a *Somatium* spp. (Coleoptera-Staphylinidae) y a *Karschomia* spp. (Diptera-Cecidomyiidae) como enemigos naturales de *Tetranychus bimaculatus*.

Existe diferente reacción de las variedades al ataque del ácaro *Eotetranychus planki* como lo ha observado Barrios⁴ en Maracay. Hahn et al^{3,6} afirma haber encontrado un alto grado de resistencia al ataque de *Tetranychus* spp. en material americano probado bajo condiciones de Nigeria. Los mismos autores se refieren a un trabajo de Magoon de India que informa haber obtenido un alto grado de resistencia de campo a esta plaga.



Fig. 53. Ataque de ácaros en yuca. El síntoma primario es una deformación y decoloración de la hoja.

Fig. 54. Ataque de ácaros en yuca. Obsérvese la proliferación y concentración de las yemas en espacios cortos.





Fig. 55. Ataque de ácaros en yuca en la estación seca.

Fig. 56. Ataque de ácaros en yuca. Nótese la defoliación total de las plantas.



Fig. 57. Ataque de ácaros en yuca. Variedad UCV 2126, resistente al ataque.

PLAGAS DEBIDAS A NEMATODOS

Son muy pocos los antecedentes que existen respecto a nematodos en yuca y cuando los hay, no se indica la intensidad del daño que los nematodos ocasionan al cultivo.

Rotylenchulus reniformis ha sido observado asociado con yuca en Puerto Rico (Ayala y Ramírez³) y Jamaica (Dixon^{2 3}).

Helicotylenchus sp., Trinidad (Brathwaite⁸).

Criconemoides sp., en Trinidad (Brathwaite⁸).

Ditylenchus dipsaci, en Brasil (Rahm^{7 5}), Estados Unidos (Hogger^{3 7}).

Pratylenchus sp., en Santo Domingo (Hogger^{3 7}, Smith^{8 0}), Trinidad (Brathwaite⁸).

Meloidogyne sp., en Santo Domingo (Hogger^{3 7}, Smith^{8 0}), Trinidad (Brathwaite⁸), Perú (Delgado^{2 0}, Osores y Delgado^{6 6}), Brasil (Deslandes^{2 1}, Hogger^{3 7}).

Aphelenchus sp., en Trinidad (Brathwaite⁸).

Para otras regiones geográficas se señalan además de las especies nombradas: *Peltamigratus* sp., *Pratylenchus* sp., *Scutellonema* sp., *Xiphinema* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Hemicyliophora* sp.

Heterodera sp., *Hoplolaimus* sp. (Cavaness^{1 2, 1 3}, Guirán^{3 5}, Hogger^{3 7}, Luc^{4 7, 4 8, 4 9}, Martín^{5 1}, Peacock^{7 0}).

Según Guirán^{3 5} existe diferencia de reacción entre las variedades con respecto al ataque de *Pratylenchus brachyurus*. En Nigeria, Hahn et al^{3 6} y en Perú, Delgado^{2 0}, informan sobre fuertes ataques de *Meloidogyne incognita* en yuca, que causan pérdidas de plantas.

Control: rotación de cultivos con especies resistentes a la especie de nematodo que se trate.

Uso de posibles variedades con resistencia genética, según lo observado por Guirán^{3 5}.

El control de los nematodos con productos químicos es de muy alto costo y sus resultados sobre el cultivo y la infestación del suelo son todavía dudosos.

DAÑOS CAUSADOS POR MAMIFEROS

Parzycki^{6 7} menciona para el Perú a dos mamíferos que destruyen las plantaciones de yuca y son: el "semani" (*Coelogenis fulvus*) y el "cutpe", o "picure" (*Dasyprocta variegata*); esta última especie también ha causado daños en la yuca en la parte norte de Suramérica. Otras especies de mamíferos que habitan el trópico americano y que frecuentemente causan daños a plantaciones de yuca, son según Carneiro⁹ el pecarí (*Pecari angulatus*) y también algunos roedores (Mu-

ridae), como ratas y ratones; los conejos y liebres (Leporidae); la lapa o paca (Agouti paca), el venado (Cervidae) y entre los animales domésticos, el cerdo y el chivo.

Alberto¹ indica para Angola el búfalo, el antílope y el jabalí.

Chadha¹⁸ menciona al mono, al puercoespín, y aún al elefante en daños a los cultivos de yuca, especialmente en Africa.

En Indonesia, Koens⁴⁰ aún señala a los perros salvajes como enemigos ocasionales de la yuca.

DAÑOS DEBIDOS A PLANTAS PARASITAS Y SEMIPARASITAS

Es frecuente en los cultivos de yuca de Venezuela observar en yuca a la planta semiparásita *Phthirusa pyrifolia* de la familia de las Loranthaceae, denominada vulgarmente como “guate parajito” o “tiña”.

Deslandes²¹ señala para el noreste de Brasil una hierba parásita de la yuca, sin hojas, de tallos volubles y amarillos, denominada vulgarmente “hilo de oro”, “fideos” o “cuerda de violín”. Esta planta pertenece al género *Cuscuta*, familia de las Convolvulaceae y también se encuentra en Venezuela (Schnee⁷⁹) y otros países del trópico.



Fig. 58. Rama de yuca afectada por *Phthirusa pyrifolia*, planta semiparásita de la familia de las Loranthaceae.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

Es urgente estudiar en todos los países que cultivan yuca en el trópico americano, el área de dispersión, la biología, el control y los daños económicos de las enfermedades y plagas más importantes. Igualmente es necesario determinar los daños económicos causados por mamíferos, gastrópodos y plantas parásitas y semiparásitas de la yuca.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBERTO, J. Mandioca. II. Enfermedades, plagas y plagas de animales salvajes. *Gaz. Agric. (Angola)* 2(1):504-506. 1957.
2. AMARAL, J. F. do. Ferrugem (*Uromyces*) da mandioca. *Biologico (Sao Paulo)* 8:148. 1942.
3. AYALA, A. y RAMIREZ, C. T. Host-range, distribution and bibliography of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*, with special reference to Puerto Rico. *Río Piedras, Jour. Agric.* 48:140-161. 1964.
4. BARRIOS, J. R. Reacción de 25 variedades de yuca al ataque de ácaros. Maracay, Inst. Agron., 1972. 10 p. (Multigraf.).
5. BERTONI, A. de W. Sobre el marandova de la mandioca. (*Erinnyis ello* L.). Asunción, Paraguay, Soc. Cient. 1(6):91. 1924.
6. BONDAR, G. A cochinita *Saissetia oleae*, Bern., parásita da mandioca. *Bahía, Correio Agric.* 2:142-143. 1924.
7. BRADLEY, W. G. Dominio de insectos en plantaciones de yuca. Santo Domingo, *Agricultura* 44(206):15-18. 1955.
8. BRATHWAITE, C. W. R. Preliminary studies on plant-parasitic nematodes associated with selected root crops at the University of the West Indies. *Pl. Dis. Rept.* 56(12):1077-1078. 1972.
9. CARNEIRO, R. Slash and burn cultivation among the Kuikuru and its implications for cultural development in the Amazon Basin. Caracas, *Antropológica Supl.* 2:47-67. 1961.
10. CASTAÑO, J. J. La "llaga negra" o "podredumbre negra" radicular de la yuca. Bogotá, *Agric. Trop.* 9(11):21-29. 1953.
11. ———. Mancha foliar de *Cercospora caribaea* en yuca (*Manihot utilissima* Pohl), en la región de Barboza, Antioquia. Bogotá, *Agric. Trop.* 25(26):327-329. 1969.
12. CAVENESS, F. E. End of tour progress report on the nematology project. Ministry of Agriculture and Natural Resources, Western Region, Nigeria, Rev. Ed., Lagos 1966. 137 p. (Mimeo).
13. ———. Shadehouse host-ranges of some Nigerian nematodes. *Pl. Dis. Rept.* 51:33-37. 1967.
14. CIFERRI, R. La malattia della manioca (*Manihot esculenta* Crantz) in Santo Domingo. II. La malattia delle macchie flogliari circolari (*Helminthosporium hispaniolae* Cif.). Roma, *Boll. Staz. Pat. Veg.* 13:241-307. 1933.

15. _____. La malattia della Manioca (*Manihot esculenta* Crantz) in Santo Domingo. III. Identita e nomenclature delle "*Cercospora*" vivente sulle "*Manihot*". Roma, Boll. Straz. Pat. Veg. n.s. 20:99-114. 1940.
16. COSTA, J. M. da. Resultados experimentais obtidos no controle do ácaro da mandioca (*Mononychus tanajoa*). Bahía, Universidad Federal, 1973. (Proj. mandioca, Ser. Pesq. I, 1).
17. COSTA, A. S. Molestias de virus o de micoplasma da mandioca em São Paulo. In: 1er. Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores de Mandioca dos países andinos o do Estado de São Paulo. Campinas, 1970. pp. 96-100.
18. CHADHA, Y. R. Sources of starch in Commonwealth territories. III. Cassava. London, Trop. Sci. 3(3):101-113. 1961.
19. CHEVAUGEON, J. Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique Occidentale. Paris, Encyc. Mycologique XXVII, 1956. 205 p.
20. DELGADO, E. El cultivo de la yuca en el Perú. In: 1er. Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores de mandioca dos países andinos o do Estado de São Paulo, Campinas, 1970. 8 p.
21. DESLANDES, J. A. Doenças da mandioca no Nordeste. Río de Janeiro, Campo 11(11):9-14. 1940.
22. DIAZ, C. y DIAZ, G. de. Euphorbiaceae. In: Lista de patógenos de las plantas cultivadas en Venezuela. Maracay, Sociedad Venezolana de Fitopatología, 1973. p. 13. (Bol. esp. no. 2).
23. DIXON, W. B. Nematological investigations, 1958-1961. Jamaica, Min. Agric. and Lands, 1962. (Bull. 59 n.s.).
24. DORESTE, E. Primera lista de ácaros de importancia agrícola en Venezuela. Maracay, Agron. Trop. 18(4):449-460. 1968.
25. FERNANDEZ, F. y TERAN, J. B. Presencia de *Chilomina clarkei* (Amsel) y *Chilosela biflalis* (Hampson) (Lepidoptera, Pyralidae) en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Venezuela. Maracay, Agronomía Tropical 23(4):407-411. 1973.
26. FONSECA, J. P. da Mandarová da mandioca (*Erinnyis ello*). Revista Rural Brasileira 23(273):52-56. 1943.
27. GALLEGOS, F. L. Estudios entomológicos: el gusano de las hojas de la yuca (*Erinnyis ello*). Medellín, Colombia, Revista Facultad de Agronomía 11:84-110. 1950.
28. _____. Lista preliminar de insectos de importancia económica y secundarios, que afectan los principales cultivos, animales domésticos y al hombre en Colombia. Medellín, Colombia, Revista Facultad de Agronomía 26(65):32-66. 1967.
29. GANGULY, B., RAYCHAUDHURI, S.P. y SHARMA, B.C. Serodiagnostic method for detecting mosaic infected cassava plants in field. Bangalore, Current Sci. 39(8):191-192. 1970.
30. GONCALVES, R. D. A bacteriose da mandioca no Vale do Paraiba. Sao Paulo, Biologico 5:117-118. 1939.
31. _____. Superbrotamento da mandioca. Sao Paulo, Biologico 7:329-330. 1941.
32. _____. Podridao das raizes. São Paulo, Biologico 16:17-18. 1946.
33. GONZALEZ, J. A. Las enfermedades de la yuca. Maracay, Venezuela, Sociedad Venezolana de Fitopatología, 1973. 45 p. (Multigraf.).
34. GUAGLIUMI, P. Contributo alla conoscenza dell' entomofauna nociva del Venezuela. Riv. Agric. Subtrop. Trop. (Firenze), 49(7/9): 376-408. 1965.

35. GUIRAN, G. de. Nematodes associés au manioc dans le Sud du Togo. *Compt. Rend. Trav. Congr. Protect. Cult. Trop.*, Marseille, 1965. pp. 677-680.
36. HAHN, S. K. HOWLAND, A. K., y TERRY, E. R. Cassava breeding at I.I.T.A., 4o. Int. Symp. Trop. Root Crops, Nigeria, 1973. p. 7.
37. HOGGER, C. H. Plant-parasitic nematodes associated with cassava. Mayagüez, Puerto Rico, *Trop. Root Tuber Crops Newsletter* 4:4-9. 1971.
38. JENNING, D. L. Cassava in East Africa. In: 2nd. Intern. Symp. Trop. Root Crops, Honolulu, Hawaii, 1970. v. I:64-65.
39. KOCH, W. Tropische Knollenpflanzen und ihre Krankheiten. *Nachrichtenbl. Deutsch. Braunschweig, Pflanzenschutzd.* 26:129-135. 1974.
40. KOENS, A. J. Knol gewassen. In: *De landbouwn in den indischen archipel*. Ed. C.J.J. Van Hall et C. Van De Koppel, II(A):166-200. 1955.
41. KROCHMAL, A. y CUBERO, J. A cassava insect (*Erinnys alope*). London, *World Crops* 19(6):23. 1967.
42. LEATHER, R. I. A catalogue of some plant diseases and fungi in Jamaica. Jamaica, Min. Agric. Lands, 1967. (Bull. 61, 92 p).
43. LEONARD, M. D. A little-known root-weevil of cassava (*Coelosternus sulcatulus* Boheman). *Jour. Dept. Agric. (Puerto Rico)* 14:159-165. 1930.
44. LOZANO, J. C., y BOOTH, R. H. Enfermedades de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Cali, CIAT, 1974. (Foll. Tecn. 5, 47 p.).
45. ———, y SEQUEIRA, L. Bacterial blight of cassava in Colombia: epidemiology and control. *Phytopath.* 64(1):83-88. 1974.
46. ———, y WHOLEY, D. W. The production of bacteria-free planting stock of cassava. *World Crops. (London)* 26:115-117. 1974.
47. LUC, M. Nematodes parasites ou soupçonnés de parasitisme envers les plantes de Madagascar. Madagascar, *Bull. Inst. Rech. Agron.* 3:89-109. 1959.
48. ———, y GUIRAN, G. de. Les nematodes associés aux plantes de l'Ouest Africain. Liste préliminaire. *Agron. Trop. (Nogent)*, 15:434-449. 1960.
49. ———, y HOESTRA, H. Les nématodes phytoparasites des sols de cocoteraie du Togo. Essai d'interprétation de peuplement. *Agron. Trop. (Nogent)*, 15:497-512. 1960.
50. MARICONI, F.A.M. Insecticidas e seu emprego no combate as pragas. Sao Paulo, Editorial Agrônomicas Ceres, 1958. 434 p.
51. MARTIN, G. C. Plants attacked by root-knot nematodes in the Federation of Rhodesia and Nyasaland. Rhodesia Agric. *Jour.* 56:162-175. 1959.
52. MONTALDO, A. Bibliografía de raíces y tubérculos tropicales. Maracay, *Revista Facultad de Agronomía*, 1967. 595 p. (Alc. 13).
53. MONTE, O. Os insectos daninhos. XLII: Tingitideo da mandioca (*Leptopharsa manihotae* Drake). São Paulo, *Chacaras Quintais* 56:445-446. 1937.
54. MULLER, A.S. Brasil: Preliminary list of diseases of plants in the State of Minas Gerais. *Intern. Bull. Pl. Prot.* 8(9):193-198. 1934.
55. ———, y CHUPP, C. *Cercosporae* de Minas Gerais. *Arq. Inst. Biol.* 1(3):213-220. 1935.

56. ———. *Cercospora henningsii*, *Uromyces janiphae*. In: El reconocimiento de las enfermedades de las plantas en Venezuela. Caracas, Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat. 7(48):105. 1941.
57. ———, ———. *Cercospora caribae*. In: Las Cercosporas de Venezuela. Caracas, Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat. 8(52):40. 1942.
58. ———, ———. *Cercospora henningsii*. In: Las Cercosporas en Venezuela. Caracas, Bol. Soc. Venezolana Cienc. Nat. 8(52):46. 1942.
59. ———, ———. *Cercospora* en Guatemala. Tegucigalpa, Ceiba 1(1):171-178. 1950.
60. ———, y ROBERTS, D. A. Plant disease records at Zamorano, Honduras. Tegucigalpa, II. Ceiba, 9(1):49-54. 1951.
61. MULLER, M. F. y CARNEIRO, F. A. de. Podridao mole das raizes da mandioca (*Manihot esculenta*). Bol. Inst. Pesq. Agrop. Brasileiras 5:389-393. 1970.
62. NEGRETE, F. M. Control químico de trips en yuca, *Manihot utilissima* Pohl, y evaluación de la colección costeña al ataque de los mismos. Tesis. Montería, Colombia, Universidad de Córdoba, 1973. 52 p.
63. NORMANHA, E. S. y PEREIRA, A. S. Cultura da mandioca. Campinas, Inst. Agron., (Bol. 124). 1964. 29 p.
64. ———, y SILVA, J. R. da. Apodrecimento de raizes de mandioca na região de Araras. Agrônômico (Campinas), 16(7/8):33-35. 1964.
65. NYIIRA, Z. M. Bioecological studies on the cassava mite, *Mononychelthus tanajae* (Bondar) (Acarina: Tetranychidae) 4th. Int. Symp. Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 9 p. (Multigraph).
66. OSORES, A. y DELGADO, M. Cuarentena del germoplasma internacional de yuca en el Perú. In: 1er. Encontro de Engenheiros Agrônomoes Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo, Campinas, 1970. 6 p.
67. PARZYCKI, P. Notas sobre los enemigos de la yuca. Santiago, Rev. Chilena Hist. Nat. 48:146-149. 1945.
68. PARADELA FILHO, O. Doencas fungicas e bacterianas da mandioca. In: 1er. Encontro de Engenheiros Agrônomoes Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo, Campinas, 1970. pp. 1-9.
69. PARRIS, G.K. A check list of fungi, bacteria, nematodes and viruses occurring in Hawaii, and their hosts. Pl. Dis. Rept. Suppl. 121. 1940. 91 p.
70. PEACOCK, F. C. The reniform nematode in the Gold Coast. Nature (London) 177:489. 1956.
71. ———. The reniform nematode in the Gold Coast. Nematologica 1:307-310. 1956.
72. PEÑA, R. y SIFUENTES, J. A. Lista de cultivo y sus principales plagas en México. México, Agric. Tecn. 3(5):178-193. 1973.
73. PLAGAS DE raíces y tubérculos. Batata, yuca y papa. Maracay, Facultad de Agronomía 1972. 9 p. (Guía No. 8, Prácticas de Entomología). (Multigraf.).
74. PROSEN, A. F., VALLEJOS, M. E., y HENAIN, A. E. Grave plaga de los mandiocales, no citada para nuestro país (*Coelosternus granicollis*). Corrientes, Argentina. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Rev. Dept. San. Veg. 1:5-11. 1967.
75. RAHN, G. Alguns nematodes parasitas e semiparasitas das plantas culturais do Brasil. Arq. Inst. Biol. Sao Paulo. 1:239-252. 1928.

76. RAMOS, A. Problemas fitosanitarios en la yuca. Bogotá, Incora, 1970. 10 p. (Multigraf.).
77. ROBBS, C. F. O hexacloruro de benceno (BHC) no combate ao mandarova da mandioca (*Erinnyis ello* L.). Agronomia (Rio Janeiro) 8(3):337-340. 1949.
78. ROSSETO, C. Principais pragas da mandioca no Estado de São Paulo. In: 1er. Encontro de Engenheiros Agrônomos Pesquisadores de Mandioca dos Países Andinos e do Estado de São Paulo, Campinas, 1970. pp. 90-95.
79. SCHNEE, L. Plantas comunes de Venezuela. Maracay, Venezuela, Rev. Facultad de Agronomía, 1960. 663 p. (Alc. 3).
80. SMITH, L. F. y THAMES, W. H. Plantain nematodes and preliminary crop rotation studies for their control in the Dominican Republic. In: J. A. Ramos et al. Proc. of the Symposium on Tropical Nematology. Agric. Exp. Sta. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, 1969. pp. 84-88.
81. SPEGAZZINI, G. *Uromyces carthagenensis*, In: Fungi Argentinensis nov. v. crit. 1899. p. 216.
82. STROBEL, J.W. Annual Report of the Agricultural Experiment Station, for the year ending June 30, 1964, Florida. 1965. 402 p.
83. SZENT-IVANY, J. J. H. New insect pest and host plant record in the Territory of Papua and New Guinea. Papua New Guinea Agric. Jour. (Port Moresby) 11(3):82-87. 1956.
84. URICH, F. W. Cassava insects. Trinidad and Tobago, Bull. Dept. Agric. 14(2):38-40. 1915.
85. VIEGAS, A. P. Alguns fungos da mandioca. I. *Bragantia* (Campinas) 3(1):1-17. 1943.
86. ———. Alguns fungos do Brasil, *Cercosporae*. Bol. Soc. Brasileira Agron. 8(1):1-160. 1945.
87. WILLE, J. E. Entomología Agrícola del Perú. Lima, Ministerio de Agricultura, 1952. 543 p.
88. WOLCOTT, G. N. Entomología económica Puertorriqueña. Río Piedras, Universidad de Puerto Rico, 1955. 208 p. (Bol 125).
89. ZIKAN, W. A mosquinha dos mandiocais (*Lonchaea pendula* Bezzi, 1919). Chacaras Quintais (São Paulo) 70:489-492. 1944.

CAPITULO 11

ALMACENAMIENTO

INTRODUCCION

Hay un serio problema en el almacenamiento de las raíces tuberosas frescas de yuca después de la cosecha, debido a alteraciones de la pulpa, que se manifiestan como puntos o franjas, primero azuladas y después marrones, a través de los haces vasculares. Este tejido se descompone luego y es invadido por organismos saprófitos de putrefacción que aceleran el proceso.

Este problema fue solucionado en la industria por la deshidratación inmediata de las raíces tuberosas para producir "casabe", harinas, hojuelas, trozos o rodajas de yuca. Todos estos productos tienen 10-12% de humedad. Las raíces frescas para el consumo humano se almacenan, ya sea, enterradas en arena fresca humedecida, mantenidas en trojas, cubiertas con tierra, se les sumerge en los cursos naturales de agua, o se les somete al proceso de refrigeración.

PERDIDAS POR EL ALMACENAMIENTO

DAÑOS MECANICOS

Las pérdidas por daños mecánicos son, en primer lugar, una consecuencia de una cosecha mal efectuada. Las raíces tuberosas son golpeadas y heridas con los instrumentos o máquinas de cosecha al recogerse en los sacos o cajones, o cuando se transportan a granel en los camiones o carretones, y después quedan expuestas a otros golpes en la descarga.

Estos daños son más acentuados cuando se hace la cosecha mecánica, con ayuda de subsoladores, surcadores o arados de vertedera, que cuando la cosecha se efectúa en forma manual. La cosechadora de papas de cadena continua, ampliada y reforzada para yuca, ha dado un alto porcentaje de raíces dañadas, en ensayos hechos por Echeverría⁹, en Maracay, Venezuela. La cosecha debe hacerse en canastos o en cajones, en los cuales, se lleve las raíces hasta los sitios de almacenamiento para hacer una selección cuidadosa. Esto dará un

producto que resistirá mejor hasta ser consumido en el mercado inmediato o hasta su elaboración en las fábricas, en harina o almidón.

Cuando existan plantaciones de yuca sobre 50 hectáreas en cada plantel y éstos formen parte de una producción industrial vertical dentro de la localidad, deben utilizarse cajones cosecheros de 200 a 500 Kg de capacidad que pueden montarse en los camiones mediante elevadores, al ser llevados a los depósitos. Es decir, debe adoptarse algo similar a lo que se hace en las explotaciones tecnificadas de papa.

DAÑOS FISIOLÓGICOS

Estos daños pueden deberse a la fisiología normal de la raíz tuberosa de yuca por pérdidas de peso, debido a los procesos de respiración, a disminución de contenido en vitaminas, a transformación de los almidones por acción de diastasas, etc., o bien debido a causas anormales, como los provocados por el calentamiento de la cosecha en el campo por acción de los rayos solares, o por acción de la lluvia. También son causas predisponentes a la descomposición de las raíces, la acción del calor elevado y la humedad en el almacenamiento.

La cosecha, según Coursey y Booth⁴, debe hacerse en la condición fisiológica óptima de madurez de la raíz. También ésta debe recogerse en forma inmediata, y en caso de lluvia, almacenarla en capas delgadas para que pierda el exceso de humedad.

La madurez óptima, debe determinarse para cada variedad en cada localidad, también debe experimentarse con sustancias reguladoras de crecimiento para ver la posibilidad de conformar mejor la madurez óptima.

DAÑOS POR PATÓGENOS

Estos daños son ocasionados por la infección de las raíces por patógenos (bacterias, hongos, virus) durante el cultivo, al momento de la cosecha, o en el almacén.

Según Chevaugéon⁶, la superficie de corte de los pedúnculos de las raíces tuberosas de yuca a la cosecha representa lo mismo que el corte de las estacas, al momento de la plantación, una excelente puerta de entrada a diferentes organismos patogénicos. Así se introducen *Rhizopus nigricans*, *Mucor mucedo*, *Choanephora cucurbitarum*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium solani* var. *eumartii*, *Fusarium solani* var. *minus*, *Fusarium javanicum*. Los cuatro últimos son los más destructivos.

A la infección primaria provocada por las especies nombradas sigue la invasión de diversos organismos saprofitos.

DAÑO POR ATAQUE DE INSECTOS ROEDORES Y OTROS

Este tipo de pérdida es digno de considerar y es especialmente importante en los productos secos elaborados de yuca como: "casabe", rodajas, trozos, harinas pellets, etc.

ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

RAICES FRESCAS

En Africa¹⁸, se indica en un estudio sobre almacenamiento de productos alimenticios, que las raíces tuberosas de yuca no se conservan bien por ningún período de tiempo después de la cosecha.

Pacheco¹⁹, en Brasil, señala que las raíces de yuca tienen muy poca resistencia al almacenamiento, e indica como posible causa, a las enzimas que existen en las raíces y que se vuelven muy activas después de la cosecha, también a la invasión posterior de microorganismos. Se hicieron determinaciones de color, viscosidad y velocidad de sedimentación en muestras de almidón preparadas de raíces de yuca fresca y de raíces almacenadas por 24, 48 y 72 horas. Se notó que las raíces almacenadas dieron almidón de inferior calidad, en relación al color y al tipo de sedimentación. También hubo un efecto menor sobre la viscosidad. Los cambios en la calidad del almidón ocurrieron después de la aparición de las nervaduras cenicientas azuladas en el cilindro central. El autor no recomienda almacenar las raíces de yuca por más de 24 horas.

En otro trabajo, Pacheco²⁰, estudió el contenido en almidón de las raíces frescas y almacenadas de yuca y concluyó que éste no se altera con el almacenamiento a temperaturas bajas, pero sí ocurren pérdidas de peso en las raíces de alrededor de 2 a 7% y también se desmejora la calidad del almidón.

Normanha y Pereira¹⁷, recomiendan para una buena conservación de las raíces de yuca, que éstas reciban el mínimo de luz solar en la cosecha. La yuca para consumo culinario pueden mantenerse en la refrigeradora a pocos grados centígrados sobre cero, o bien en sacos y enterradas en un lugar con ambiente fresco.

En la India³ se señala para conservar las raíces de yuca, la refrigeración entre 0° a 2,5°C de temperatura, con 85 a 90% de humedad relativa.

Averre¹, en Carolina del Norte (E.U.A.), realizó una serie de observaciones y se inclina a señalar la naturaleza enzimática del rayado marrón por las siguientes razones:

- a. Ausencia de microorganismos en los tejidos en proceso de decoloración.

- b. Inactivación del mecanismo cuando las raíces tuberosas se mantienen a 53°C por 45 minutos.
- c. Falta de desarrollo de decoloración en las raíces tuberosas de yuca bajo condiciones anaeróbicas.
- d. Falta completa de rayado marrón en raíces mantenidas sumergidas en agua.

El autor señala finalmente, que las pérdidas debidas al rayado marrón pueden evitarse: por refrigeración, por tratamiento previo al almacenamiento con agua caliente, por mantención de las raíces sumergidas en agua a la temperatura ambiente; por almacenamiento a altas temperaturas o temperatura de congelación.

Averre² en otro experimento, tratando de probar la naturaleza enzimática del rayado marrón colocó las raíces tuberosas de yuca por 15 y 23 días bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, a temperaturas que variaron de 15° a 35°C. Las raíces en condiciones aeróbicas desarrollaron un alto porcentaje de rayado marrón con cifras entre 45% y 100%, en cambio las raíces en condiciones anaeróbicas tuvieron en tres casos 0% de rayado marrón y en un caso, 19%. En las raíces en condiciones anaeróbicas se presentó un fuerte ataque de pudrición suave.

Ingram y Humphries¹⁰ hicieron una amplia revisión del almacenamiento en yuca. Describieron primero, el sistema tradicional de dejar las raíces en el suelo y hacer la cosecha inmediatamente antes de consumirlas. Señalaron que si se dejan en el campo, la mitad de las 9.000.000 de hectáreas de yuca que se cultivan, por sólo dos meses, después del período normal de cosecha, la que se supone es de un año, ocuparían cada año 250.000 hectáreas innecesariamente.

Revisaron el trabajo de Majumber y de Subramanyan y Mathur, quienes guardaron raíces de yuca por dos semanas mediante el uso de productos químicos o por ceras protectoras. También citan resultados obtenidos por Singh y Mathur en India quienes almacenaron raíces de yuca a 0°C, y 2°C por 6 1/2 meses en buenas condiciones. Cuando la temperatura varió entre 2° a 3°C las raíces mostraron después de 4 semanas infección de un moho azul y una coloración interna marrón.

Young et al²⁹ en experimentos para conservar yuca fresca en Colombia, sumergieron las raíces en cera mantenida a 90°-95°C por 45 segundos con lo que lograron una buena conservación por 1 a 2 meses.

En un programa de investigación que se desarrolla en Costa de Marfil destinado a evitar pérdidas en las raíces de yuca en el almacenamiento, Miche¹³ sugirió el uso de bactericidas, fungicidas y diferentes mezclas de gases (diversas cantidades de oxígeno, CO₂ y nitrógeno). Todos los tratamientos estarían a una humedad relativa de

90% y 15°C de temperatura, pero también habría un control bajo condiciones de ambiente, para estudiar: la pérdida de peso, la rata de respiración, de transpiración y el metabolismo enzimático.

Czyhrinciw y Jaffe⁵ distinguieron las siguientes cinco causas de pérdidas en el almacenamiento en la yuca: desecamiento, infección por microorganismos, germinación, respiración y otros procesos químicos internos.

Estudiaron la conservación de la yuca y analizaron las siguientes sustancias y características: pérdida bruta, peso seco, dureza, almidón, azúcares, pH, ácidos libres, catalasa, peroxidasa, dehidrogenasas (reducción de trifenil-tetrazol) y vitamina C. Las muestras se guardaron a: 25°C ± 5, 12°C ± 2 y 3°C ± 1; no se reguló la humedad ambiente.

Según los autores citados los valores de pH dieron resultados relativamente constantes. La dureza aumentó con relación al peso seco.

Los valores más importantes fueron la pérdida de peso por evapotranspiración, respiración, más pérdida por putrefacción. En la relación entre pérdida total y temperatura de almacenamiento, la yuca tuvo una pérdida mínima a +3°C. En materia seca y almidón, hubo un aumento, que está en relación con el aumento del peso seco o la evapotranspiración de agua (Cuadro 11.1).

CUADRO No. 11.1. Contenido en materia seca, almidón, vitamina C, dehidrogenasas, peroxidasa y catalasa en raíces tuberosas de yuca en diversos períodos de almacenamiento (Czyhrinciw y Jaffe⁵).

	Temp. °C	Valor inicial	1a semana	2a semana	3a semana	4a semana
Materia seca %	25	38,4	38,95	39,5	44,0	—
	12	38,4	40,1	—	—	—
	3	37,3	39,1	49,3	49,2	47,3
Almidón %	25	25,8	24,0	23,0	29,0	—
	3	23,0	23,3	33,75	32,4	33,0
Vitamina C mg/100	25	15,1		14,6	—	
	12	22,0		18,3	—	
	3	15,1		11,7	6,1	

Continúa en página siguiente

Cuadro No. 11.1. Cont.

	Temp. °C	Valor inicial	1a semana	2a semana	3a semana	4a semana
Apar. reacción	25	30		—	20	35
Trifenil	12	30		16	10	12
Tetrazol en minutos	3	30		—	23	28
Peroxidasa en unidades	25	0,59		—	0,52	
Willstatter	3	0,59		0,52	0,39	
Catalasa, O ₂ ml, 2'	25	trazas		0,3		0,4
	12	trazas		0,4		0,7
	3	trazas		0,45		0,2

Hay un descenso en el contenido en vitamina C que es mayor a +3°C —la temperatura óptima de almacenamiento— y es menor a la temperatura ambiente de 25°C.

El valor inicial de dehidrogenasas, expresado en los minutos que demoró la aparición de la reacción de reducción de trifeníl-tetrazol fue de 30, para las raíces de yuca.

La actividad peroxidásica no mostró variaciones significativas, por lo que no parece tener importancia.

La catalasa mostró una tendencia generalizada de aumento y su determinación puede ser un índice del estado de conservación de un lote de yuca a una temperatura determinada.

Montaldo¹⁵ en Samán Mocho, probó 65 variedades venezolanas de yuca, por cuatro años, al rayado marrón de la raíz, bajo condiciones de ambiente: 25°C de temperatura media y 80% de humedad relativa.

Se hicieron las apreciaciones de rayado marrón en cortes transversales en las raíces tuberosas de yuca a las 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 y 192 horas después de la cosecha, de acuerdo a una escala de notas de 0-10, como lo muestra el Cuadro 11.2.

CUADRO No. 11.2. Rayado marrón en raíces tuberosas de yuca.

Porcentaje del área de la sección transversal afectada	Valor de la apreciación
0	0
10	1
20	2
30	3
40	4
50	5
60	6
70	7
80	8
90	9
100	10

El esquema adoptado para la clasificación de las variedades de yuca en relación a su reacción al rayado marrón de la raíz se muestra en el Cuadro 11.3 y se basa en el valor de apreciación de diversos períodos después de la cosecha.

CUADRO No. 11.3. Raíces de yuca: clasificación de las variedades en relación a la reacción al rayado marrón.

Horas después de la cosecha	Valor de apreciación	Clasificación varietal
120 – 168	0	Muy resistente MR
120 – 168	hasta 4	Resistente R
120 – 168	5 a 7	Algo resistente AR
120 – 168	8 a 10	Algo susceptible AS
72 – 96	más de 5	Susceptible S
24 – 48	más de 5	Muy susceptible MS

El resultado de la prueba de variedades durante cuatro temporadas de cosecha fue: variedades muy resistentes: UCV 2015, UCV 2194, UCV 2200 y UCV 2201; variedades resistentes: 18; variedades algo resistentes: 10; variedades susceptibles (inclusive algo susceptibles, susceptibles y muy susceptibles): 37.

La prueba de variedades de yuca mostró que algunas de ellas tienen cierta resistencia al rayado marrón cuando están almacenadas a la temperatura ambiente (24°C), lo que hace suponer que la afección no parece ser un problema tan serio como hasta ahora se había planteado.

Cuatro variedades tienen una muy alta resistencia y se las considera como fuentes de resistencia hacia el mejoramiento genético al rayado marrón.

El mismo autor, experimentó con la variedad susceptible UCV 2106, que estuvo sometida a 0°, 5°, 10°, y 24°C.

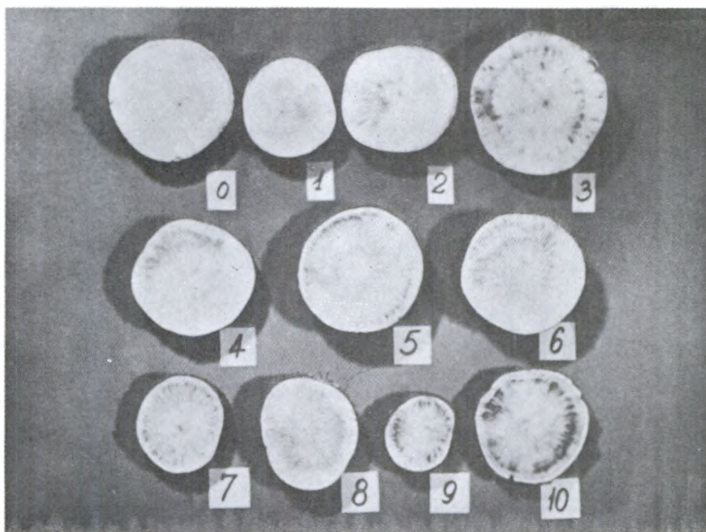


Fig. 59. Escala de notas para la apreciación del rayado marrón de la raíz.

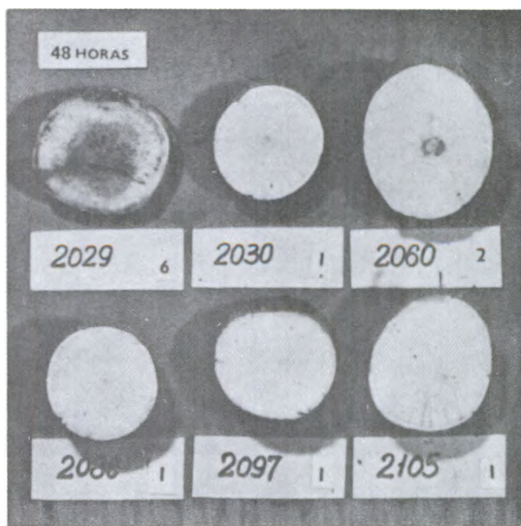


Fig. 60. Resultado de la prueba de reacción de variedades de yuca al rayado marrón de la raíz: 48 horas después de la cosecha.

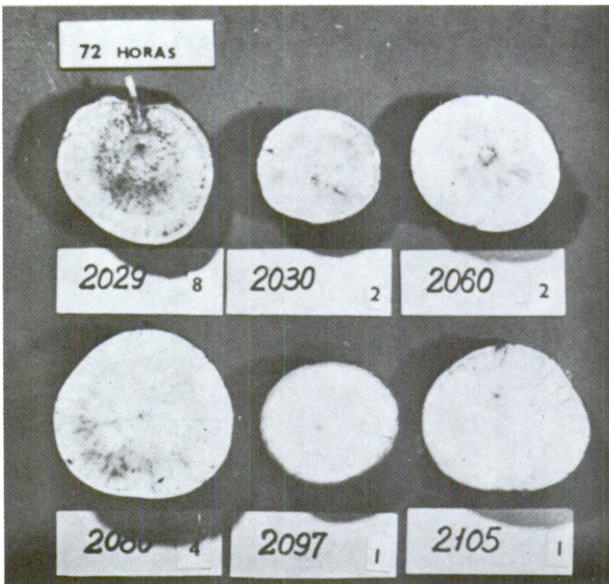


Fig. 61. Resultado de la prueba de reacción de variedades de yuca al rayado marrón de la raíz: 72 horas después de la cosecha.

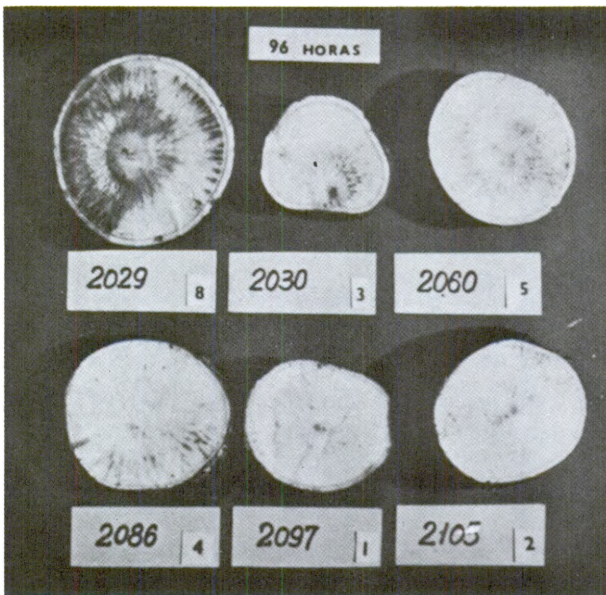


Fig. 62. Resultado de la prueba de reacción de variedades de yuca al rayado marrón de la raíz: 96 horas después de la cosecha.

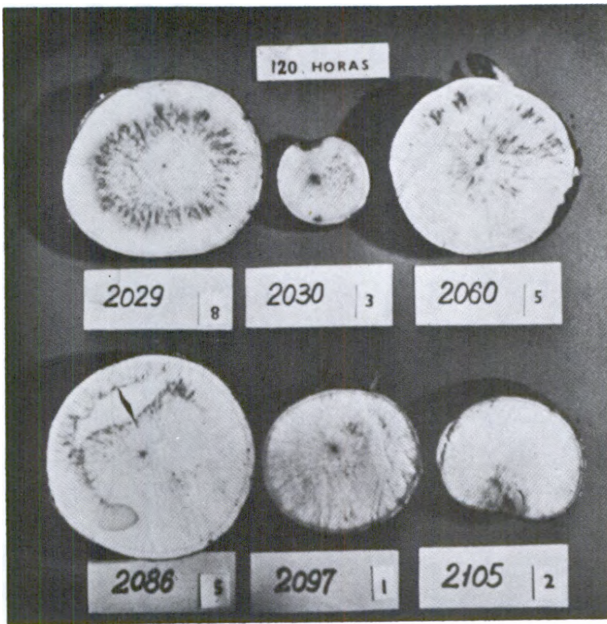


Fig. 63. Resultado de la prueba de reacción de variedades de yuca al rayado marrón de la raíz: 120 horas después de la cosecha.

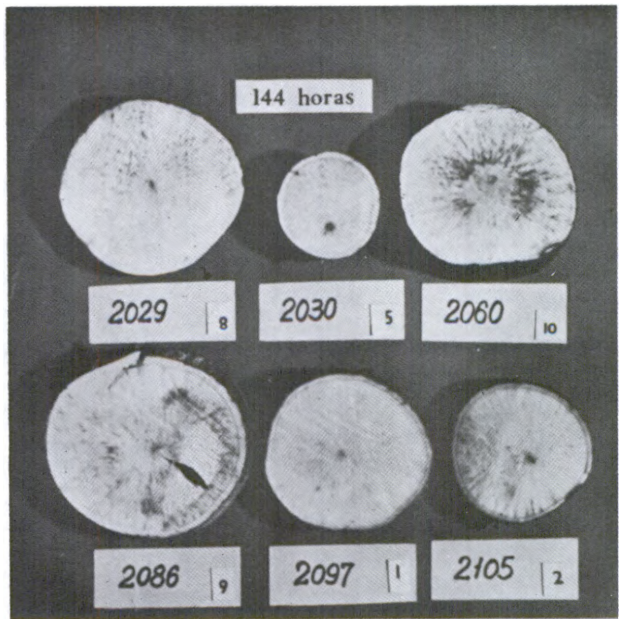


Fig. 64. Resultado de la prueba de reacción de variedades de yuca al rayado marrón de la raíz: 144 horas después de la cosecha.

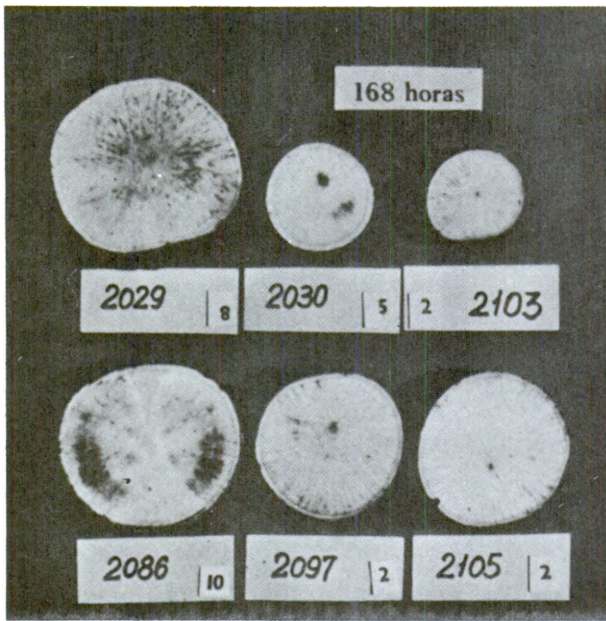


Fig. 65. Resultado de la prueba de reacción de yuca al rayado marrón de la raíz: 168 horas después de la cosecha.

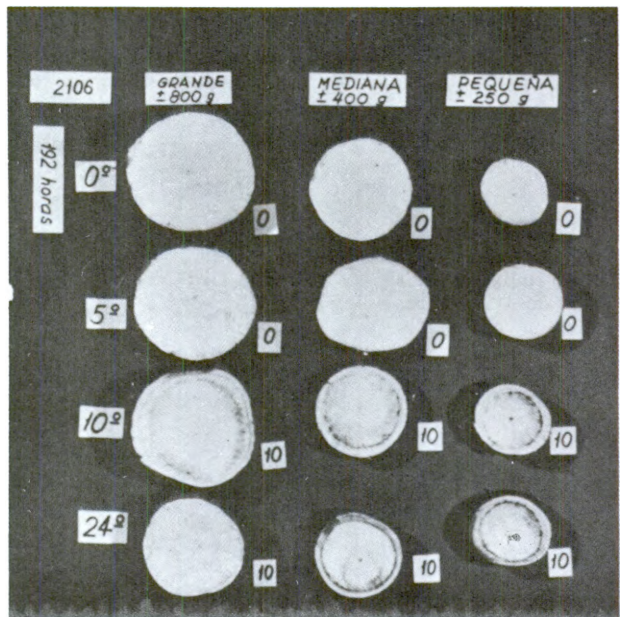


Fig. 66. Conservación de raíces de yuca de la variedad UCV 2106 a 0°, 5°, 10° y 24°C, 192 horas después de la cosecha.

CUADRO No. 11.4. Conservación de raíces de yuca de la variedad 2106 a 0°, 5°, 10° y 24°C por 1, 2 y 3 semanas seguidas de dos días a 24°C. (Montaldo¹⁵).

Tipos de raíces	PRIMERA SEMANA (7 días)				SEGUNDA SEMANA (14 días)				TERCERA SEMANA (21 días)						
	No. raíces	Peso inicial g	Peso final g	Pérdida g %	Nota rayado marrón	Peso inicial g	Peso final g	Pérdida g %	Nota rayado marrón	Peso inicial g	Peso final g	Pérdida g %	Nota rayado marrón y daño frío		
CONSERVACION A 0°C															
Inicio: 28-7 Término: 4-8				Inicio: 4-8 Término: 11-8				Inicio: 12-8 Término: 18-8				AMBIENTE ± 24°C			
Grandes ± 745 g	11	8.200	7.610	590 7,2	0	2.640	2.560	80 3,0	0	2.000	1.920	80 4,0	0	1	10
Medianas ± 425 g	8	3.400	3.200	200 5,9	0	1.170	1.140	30 2,6	0	890	850	40 4,5	1	3	10
Pequeñas ± 243 g	8	1.950	1.750	200 10,5	0	545	540	5 0,9	0	370	340	30 8,1	4	5	10
CONSERVACION A 5°C															
AMBIENTE ± 24°C															
Grandes ± 736 g	11.	8.100	7.480	620 7,6	0	2.040	1.980	60 2,9	0	1.338	1.250	80 6,0	0	1	10
Medianas ± 412 g	8	3.300	3.020	280 8,5	0	1.180	1.100	80 6,7	0	800	720	80 10,0	3	4	10
Pequeñas ± 243 g	8	1.950	1.800	150 7,7	0	740	735	5 0,7	0	520	480	40 7,7	1	3	10

Continúa en página siguiente

CUADRO No. 11.4, Cont.

Tipos de raíces	PRIMERA SEMANA (7 días)			SEGUNDA SEMANA (14 días)			TERCERA SEMANA (21 días)			23 días
	INICIO: 28-7 TÉRMINO: 4-8			INICIO: 4-8 TÉRMINO: 11-8			INICIO: 12-8 TÉRMINO: 18-8			AMBIENTE ± 24°C
	No. raíces	Peso inicial g	Peso final g	Pérdida %	Nota rayado marrón	Peso inicial g	Peso final g	Pérdida %	Nota rayado marrón	Nota rayado marrón y daño frío
CONSERVACION a 10°C										
Grandes ± 810 g	10	8,100	7,080	1020	13,0	10				
Medianas ± 381 g	8	3,050	2,780	270	8,8	10				
Pequeñas ± 250 g	8	2,000	1,760	240	12,0	10				
CONSERVACION a 10°C										
Grandes ± 892 g	10	8,920	7,475	1,445	16,2	10				
Medianas ± 380 g	8	3,040	2,591	449	14,8	10				
Pequeñas ± 265 g	8	2,120	1,825	295	13,9	10				
CONSERVACION a 24°C										

El rayado marrón fue extremo después de una semana, en las raíces almacenadas a 10°C y 24°C, con una pérdida de peso elevado. El almacenamiento a 0° y 5°C no produjo rayado marrón después de una semana, pero cuando el almacenamiento frigorífico fue seguido por una temperatura de 24°C éste se desarrolló rápidamente (Cuadro 11.5).

CUADRO No. 11.5. Conservación de raíces de yuca de la variedad 2106 a 0° y 5°C por una semana, seguida de dos días a 24°C.

Tipo de raíces	APRECIACION DE RAYADO MARRON			
	Después de 1 semana a 0°C	Seguido de 2 días a 24°C		
		Día 8	Día 9	
Grandes: 745 g	0	2	10	
Medianas: 425 g	0	5	10	
Pequeñas: 243 g	0	8	10	
	Después de 1 semana a 5°C	Seguido de 2 días a 24°C		
		Día 8	Día 9	
	Grandes: 736 g	0	7	10
Medianas: 412 g	0	6	10	
Pequeñas: 243 g	0	5	10	

El almacenamiento prolongado a 0° y 5°C no produjo rayado marrón en las raíces grandes, pero si algo en las raíces pequeñas y medianas después de tres semanas.

Las pérdidas de peso fueron relativamente bajas en la segunda semana de almacenamiento pero aumentaron en la tercera semana. Las raíces pequeñas tienden a tener un mayor porcentaje de pérdida de peso que las raíces grandes. En las raíces mantenidas en almacenamiento frigorífico a 0° y 5°C por tres semanas (21 días), dos días (días 22 y 23) sometidas a la temperatura de 24°C produjeron gran cantidad de rayado marrón y daño por frío.

RAICES SECAS ELABORADAS

La yuca seca, ya sea "casabe", rodajas, trozos, harinas o "pellets" se conserva bien durante 3 a 6 meses sin sufrir daños. Doku⁵ señala

que el almacenamiento muy largo, expone los productos de yuca elaborados al ataque de insectos y de mohos. Kuppuswamy^{1 2} hace ver la necesidad de una rápida elaboración de la cosecha para evitar la disminución de la calidad de los productos obtenidos. Pattinson²¹ estima que comúnmente ocurren pérdidas de un 10-12% en los productos secos de yuca debido al ataque de los insectos.

Los productos secos de yuca tienen generalmente 10-12% de humedad y no es económicamente conveniente bajar este grado de humedad, ya que los productos en regiones tropicales con alta temperatura y elevada humedad relativa ambiente absorben humedad atmosférica y equilibran su humedad en 12-14%.

Ingram y Humphries^{1 0} citando a diversos insectos recomiendan para el control de las plagas de insectos en productos secos de yuca, tratamientos con bromuro de metilo, dibromuro de etileno, o una mezcla de dicloruro de etileno y tetracloruro de carbono. Indican que los residuos que dejan estos productos son muy bajos para ser considerados tóxicos (Cuadro 11.6).

Mitchell^{1 4} dice que se obtiene un buen control de los hongos que atacan a la yuca seca mediante un tratamiento de ácido sulfuroso y guardando posteriormente el producto en bolsas de polietileno.



Fig. 67. Conservación de raíces de yuca en el campo con una cubierta vegetal para protegerlas de la acción directa de los rayos solares.

CUADRO No. 11.6. Pestes que infestan los productos almacenados de yuca (Ingram y Humphries^{1 0}).

Especies	Trozos	Harina	Tapioca
<i>Ahasverus advena</i>	++	+	+
<i>Alphitobius</i> spp.			+
<i>Araecarus fasciculatus</i>	++		+
<i>Buistrychoplites cornutus</i>	+		
<i>Carpophilus</i> spp.			+
<i>Cathartus quadricollis</i>	+		+
<i>Coninomus constrictus</i>			+
<i>Cryptolestes</i> spp.	+	+	
<i>Dermestes</i> spp.			+
<i>Dinoderus</i> spp.	+	+	
<i>Ephestia cautella</i>	+	++	
<i>Gnathocerus cornutus</i>	+	+	
<i>Heterobostrychus brunneus</i>	+		
<i>Lasioderma serricorne</i>	+	+	+
Noctuidos diversos			+
<i>Necrobia rufipes</i>		+	+
<i>Oryzaephilus mercator</i>		+	+
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>			+
<i>Palorus ratzeburgi</i>		+	+
<i>Plodia interpunctella</i>		+	
<i>Pyralis manihotalis</i>		+	
<i>Rhizoperta dominica</i>	++	+	+
<i>Sitophilus oryzae</i>	++	+	+
<i>Stegobium paniceum</i>	++		+
<i>Tenebroides mauritanicus</i>	+	+	+
<i>Thaneroclerus buqueti</i>		+	
<i>Tribilium castaneum</i>	++	++	++

++ = peste de importancia económica.

+ = peste poco frecuente.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

NATURALEZA DEL RAYADO MARRON

Deben hacerse estudios sobre la naturaleza intrínseca del rayado marrón de la yuca para determinar si ésta se debe a una acción bacteriana, fungosa, virosa, enzimática o a otras razones. Debe estu-

diarse las condiciones de ambiente predisponentes al defecto y su relación con el grado de humedad del suelo, edad del cultivo —12, 14, 16 ó 18 meses— estación de cosecha (seca o húmeda) y también el cuidado durante el manipuleo de las raíces en la cosecha en el transporte y en el almacén, para ver de que manera atacar el problema en forma integral.

Se estima interesante la observación de la humedad del suelo, basados en las observaciones de Swain, Mapson y Tomalin²⁶, al estudiar el manchado marrón de la pulpa del tubérculo de papa. Estos autores encontraron que este manchado no se debía ni a la cantidad en enzimas, ni a la concentración de ácido clorogénico, pero sí estaba directamente correlacionado con la concentración de tirosina en el jugo celular. Esta concentración de acuerdo a los investigadores, está asociada con la cantidad de lluvia y su influencia es mayor en el período de crecimiento de los tubérculos.

En los tipos clasificados como resistentes y altamente resistentes, mientras no se observen síntomas de rayado marrón, deben de investigarse: la alteración diaria de la firmeza de las raíces mediante algún tipo de presiónómetro, color, gusto, olor, calidad culinaria y calidad del almidón (color, viscosidad y velocidad de sedimentación).

Acerca de las catalasas y peroxidasas, determinadas de Czyhrinciw y Jaffe⁵, algunas determinaciones interesantes han sido hechas en otros cultivos que pueden llevar a visualizar el problema de resistencia y susceptibilidad de las raíces de yuca al rayado marrón (Kedar¹¹, Tourneau²⁷, y Wood²⁸). Chittaranjan Nair⁷ informa sobre la acción inhibitoria de la fosforilasa en las raíces de yuca, que varía de 68% a 100% en la corteza y de 0% a 33% en la médula. El mismo autor muestra que la actividad de la fosforilasa fue 50% menor en el verano de la India (Mayo-Junio), que en los otros meses. La información puede ser de valor, para determinar la época de cosecha, si se prueba que el rayado marrón se debe a la acción enzimática.

Schwimmer²⁴ da cuenta del mismo tipo de acción inhibitoria de actividad fosforilásica en los tubérculos de papa y supone que es causada por el contenido en ácido clorogénico. Murthy, Rama Rao y Swaminathan¹⁶ muestran que la fosforilasa y la enzima "Q" de las raíces de yuca catalizan la síntesis de amilopectina de fosfato-1-glucosa. La fosforilasa y la enzima "Q" tienen un pH y temperatura óptima de acción de: pH 6,3 y 45°C y pH 6,9 y 31°C, respectivamente.

Se puede asumir por las determinaciones de Murthy, que algunos disturbios tanto en la actividad fosforilásica como en la acción de la enzima "Q" podrían ocurrir en las yucas estudiadas por Montaldo¹⁵ ya que los suelos de Samán Mocho (Venezuela) (Serie Valencia) son altamente alcalinos con valores de pH alrededor de 8,0, comparados con las determinaciones de pH 6,3 y 6,9 hechos dentro de la planta de yuca por Murthy et al¹⁶.

TIPOS DE TRATAMIENTO AL PRODUCTO POR ALMACENAR

Físicos

Refrigeración. Por este medio se reduce a un mínimo tanto el proceso metabólico del huésped como del posible patógeno.

Ya se indicó la temperatura óptima de 0-2, 5°C y 85-90% de humedad relativa.

Actualmente hay una gran exportación de yuca refrigerada a los Estados Unidos desde República Dominicana y Venezuela. Las raíces deben de cumplir especificaciones estrictas de calidad y su edad no debe exceder los 10 meses. Las raíces se empacan en cajas de madera acondicionadas con aserrín húmedo, de 25 Kg de capacidad. Se estiban en cuartos frescos mediante refrigeración.

Este proceso de refrigeración para adoptarlo en gran escala es caro, hay escasez de técnicos y existe el peligro del daño por helada (chilling).

Alta temperatura. Debe ensayarse la conservación de yuca fresca con alta temperatura tomando como base los tratamientos efectuados por Averre¹, de 53°C por 4 minutos.

Radiación. Los experimentos de Revetti^{2 2} para la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) usando un tratamiento de 10 Krad de rayos gama, con que duplica el período de almacenamiento de esta raíz, podrían servir de base para tratamientos a la yuca.

Atmósfera controlada

Ya se hizo mención sobre los trabajos que se desarrollan en la Costa de Marfil (Miche^{1 3}) donde están utilizando los siguientes ambientes:

- a. con 20% de O₂ y 20% de CO₂
- b. con 2-3% de O₂ y 5-6% de CO₂
- c. con 2-3% de O₂ y 0% de CO₂

Con temperatura de 15°C y 90% de humedad relativa.

Otros tipos de atmósferas controladas son las que utilizan tradicionalmente los campesinos productores de yuca que entierran sus yucas en arena húmeda o hacen trojas que recubren con paja de maíz una cubierta de tierra, donde la yuca dura en buenas condiciones hasta un mes.

Uso de productos químicos

Se recomienda experimentar con aspersiones a las raíces almacenadas con los productos: tiabendazol, benomil, 2-aminobutano.

También pueden usarse cubiertas de cera. Subramanyam y Mathur^{2 5} usan una emulsión acuosa al 2,2% de cera fungicida que contiene 17% de trietanolamina y 5% de orto-fenil-fenol. Existen también trabajos a este respecto desarrollados en Colombia por Salazar^{2 3} y Young^{2 9}.

BIBLIOGRAFIA

1. AVERRE, C. W. Vascular streaking of stored cassava roots. Trinidad, Intern. Symp. Trop. Root Crops, Proc. 2(4):31-35. 1967.
2. ———. Effect of storage conditions on vascular streaking of fresh cassava roots. 8a. Reunión Latinoamericana Fitotecnia, Bogotá, 1970. 10 p.
3. COUNCIL of Sciences and Industrial Research, India. Wealth of India: Raw Materials. New Delhi, 1967. v. 6. pp. 293-297.
4. COURSEY, D. G. y BOOTH, R. H. Post-harvest losses in perishable tropical product. Insectic. 6th. Fungic. Conf., Proc. 1971. v. 3:673-682.
5. CZYHRINCIW, N. y JAFFE, W. Modificaciones químicas durante la conservación de raíces y tubérculos. Arch. Venezolanas Nutr. (Caracas) 2(1):49-67. 1951.
6. CHEVAUGEON, J. Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique Occidentale. Paris, Encyclopédie Mycologique, 1956. p. 114.
7. CHITHANRANJAN NAIR, N. et al. Phosphorylase inhibitor in the rind of tapioca tuber. Naturwiss. (Berlin) 50(21):667. 1963.
8. DOKU, E. V. Cassava in Ghana. Ghana Univ. Press, 1969. 44 p.
9. ECHEVERRIA, H. Introducción a los estudios de factibilidad sobre labores mecanizadas de plantación y cosecha de yuca procesable. Maracay, Facultad de Agronomía, 1974. p. 152.
10. INGRAM, J. y HUMPHRIES, J.R.O. Cassava storage. A review. Tropical Science (London) 14(2):131-148. 1972.
11. KEDAR, M. The peroxidase test as a tool in the selection of potato varieties resistant to late blight. American Potato Jour. (New Brunswick) 36:315-324. 1959.
12. KUPPUSWAMY, S. Studies on the dehydration of tapioca. Technical seminars. Food Sci. (Mysore) 11(4):99-100. 1961.
13. MICHE, J. C. Project de recherches sur la conservation du manioc en Cote d'Ivoire. Paris, Institut Recherches Agronomiques Tropicales, 1972. 19 p.
14. MITCHELL, D. L. Cassava preservation with sulphurous acid solutions. Uganda, Makerere University College. 1964. 36 p.
15. MONTALDO, A. Vascular streaking of cassava root tubers. Tropical Sciences 15(1):39-46. 1973.
16. MURTHY, H.B.N., RAMA RAO, G. y SWAMINATHAN, M. Studies on the starch-synthesizing enzymes in tapioca (*Manihot utilissima*) roots. Enzymologia (Den Haag) 18(1):63-75. 1957.
17. NORMANHA, E. S., y PEREIRA, A. S. Cultura da mandioca. Campinas, Instituto Agrônomico, (Bol. 124) 1964. 29 p.

18. NOTES on the storage of foodstuffs. Maize and other cereals. East African Agric. Jour. (Nairobi), 2(5):349-353. 1937.
19. PACHECO, J. A. de C. Alteracoes de qualidade da fecula o armazenamento das raizes de mandioca. Bragantia (Campinas) 12(7/8):297. 1952.
20. ————. Alteracoes do teor de amido durante armazenamento das raizes de mandioca. Bragantia (Campinas), 13(Nota 6):XV-XVI. 1954.
21. PATTINSON, I. Crop storage problems. Report to the Government of Tanzania. Un Dev. Prog. Rept. FAO, No. T.A. 2454. 1968. 74 p.
22. REVETTI, L. M. Gamma irradiation of *Arracacia xanthorrhiza*, a venezuelan nutritious vegetable. Food Irradiation 8(172):41-43. 1967.
23. SALAZAR, T. et al. Preservación de yuca fresca por el método del parafinado. Tecnología (Bogotá), 15(86):33-47. 1973.
24. SCHWIMMER, S. Phosphorilase inhibitor in potato. Nature (London) 180:149. 1957.
25. SUBRAMANYAM, H. y MATHUR, P. B. Effect of a fungicidal wax coating on the storage behaviour of tapioca roots. Bull. Cent. Food Technol. Res. Inst. Mysore 5(5):110-111. 1956.
26. SWAIN, T., MAPSON L.W. y TOMALIN, A. W. The enzymic browning of potatoes. European Potato Journal (Wageningen) 7(4):252. 1964.
27. TOURNEAU, D. J. le. Catalase activity and chlorophyl content of several species of *Triticum* in relation to their resistance to *Puccinia graminis tritici*. Dissertation Absts. 15:322-323. 1956. (U. Minn.).
28. WOOD, R.K.S. Physiological plant pathology. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1967. 570 p.
29. YOUNG, N. et al. Conservación de yuca fresca. (Inf.) Bogotá, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, 1971. 20 p.

CAPITULO 12

PRODUCTOS DE LA YUCA

PRODUCTOS DE LA YUCA EN USO DOMESTICO

La preparación de los siguientes productos: “casabe, gari, couac”, harina seca o “mañoco”, bolas de yuca, harina de agua, “sipipa” o polvillo, tapioca, “yare, catara, casirepo o tucupi, carato”, y otros productos, tiene una tecnología rudimentaria bastante similar, con limitaciones, de acuerdo a las posibilidades económicas de los campesinos.

En lo posible, a la yuca recién cosechada, se le corta el pedúnculo, se descorteza con machetes o con sistemas mejorados y se echa primero en una tina o batea con agua y luego se pasa a otra tina con agua más limpia. Algunos dejan sumergida la yuca en el agua (enriado), por 4-8 días; otros la elaboran inmediatamente. La yuca se ralla sobre una superficie rugosa de hojalata o en pequeños molinos. La pulpa, llamada “catebía” se coloca en un cesto de bejuco “mara” para que escurra su jugo “yare”. El exceso de humedad se extrae mediante presión por medio de una manga o “cebuacán o tipití”, que es un tubo cilíndrico y estrecho hecho de hojas de la palma denominada “camuare” (*Desmoncus multijugus*) o de cañas, que pueden estirarse y estrecharse en proporción. Mide de 2-3 metros de largo por 10-14 centímetros de diámetro sin funcionar. También se usan en este proceso prensas rudimentarias o una prensa hidráulica.

La pulpa de la yuca, rallada y exprimida — harina húmeda o sea “catebía” seca, se cierne en un tamiz circular de mimbre o caña, llamado “manare” de 80 cm de diámetro, donde se separan las porciones no trituradas o picos (Marcano⁸).

“CASABE”

Para hacer el “casabe” que es un pan de yuca, se usa yuca amarga rallada y seca “catebía”, la que se extiende sobre el platón del “bu-

dare o aripo”, que se calienta en un fogón de leña en forma lenta y sostenida. La harina se deposita en el budare en capas de 1 a 1 1/2 cm de espesor. La masa se deja aglomerar entre sí y se le da vuelta con una paleta para cocinarla por ambos lados. Este pan que tiene forma de una galleta se termina de secar al sol en barbacoas o en eras, que pueden ser hechas de alambros especiales. Cuando está listo tiene una humedad de 10-12%, y puede durar en buenas condiciones hasta 6 meses.

El “casabe” se prepara en Venezuela, básicamente en igual forma que cuando llegaron los europeos y cronológicamente junto con el “chuño” de papa que preparan los peruanos, son las primeras industrias agrícolas americanas que aún conservan los campesinos.

CUADRO No. 12.1. Balance nutritivo del enriado de las raíces de yuca (Favier et al³).

	Porcentaje de pérdida (–) o de ganancia (+) (por comparación con la raíz descascarada no enriada)	
	Enriado sin cáscara 3 experimentos	Enriado con cáscara 2 experimentos
Materia seca	–6	–6
Calorías	–5	–6
Proteínas	–44	–5
Grasa	–8	–18
Carbohidratos total	–8	–6
Carbohidratos no digestibles	–22	–24
Cenizas	–48	–45
Calcio	–28	–19
Fósforo	–46	–40
Fierro	–43	–16
Tiamina	–40	–23
Riboflavina	+38	+85
Niacina	–53	–36
Acido ascórbico	–77	–74

Según Schwerin¹⁶ el empleo del “casabe” fue encontrado en los grupos aborígenes esparcidos en Las Antillas, en la Costa del Caribe, a través del Orinoco, y en la Costa de Brasil. Estos grupos son: taino, calinago, zenu, achagua, witoto, tucano, yanoama, kamarakoto, macusi, wapishana, waiwai, warao, tucuna, mojo, mundurucu, tupinamba, apinaye, caraja, bacairi, yabarana, otomac, apalai, karinya, makiritare, rucuyos, barama, yamamadi, chapacura, locomo, amanye, ita, jurua-purus, tobatí, tucanos.



Fig. 68. Operación de descascarado y corte del pedúnculo de la raíz de yuca fresca para la preparación de casabe. Venezuela.

“GARI”

El “gari” es una harina granulada y fermentada que se prepara con la raíz de la yuca. Para hacerlo se sumerge la yuca en agua corriente por 4-8 días. Al sacarse se pela y muele con facilidad debido al desarrollo de un proceso de fermentación. La harina húmeda se deja fermentar y después se seca en budares, a los que se les agrega aceite de coco. La masa no debe aglomerarse; el producto debe quedar como una harina cocida gruesa. El “gari” es de extensa preparación en África, de donde se exporta a los países europeos para el consumo de las comunidades de color.

CUADRO No. 12.2. Preparación de gari (Favier et al³).

	Materia seca		Calorías		Proteínas		Grasas		Carbohidratos totales		Carbohidratos indigestibles		Cenizas	
	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %	gramos	Pérdida %
Raíz entera 48,025 g	18.477	0	72.450	0	471,2	0	57,5	0	17.533	0	767	0	413,9	0
Pulpa 35,635 g	14.757	-20	58.500	-19	222,2	-53	52,7	-8	14.257	-19	280	-63	224,6	-46
Pulpa fermentada 27,813 g	14.318	-23	56.900	-21	181,4	-61,5	32,9	-43	13.931	-21	268	-65	172,8	-58
"Gari" 18,175 g	14,038	-24	56.150	-22	175,6	-63	99,7*	+73*	13.604	-22	264	-66	158,2	-62

(*) Ganancia en grasas por el aporte del aceite de coco por cocción en budare.

CUADRO No. 12.3. Preparación de "gari". Vitaminas y minerales. (Favier et al³).

	Tiamina		Riboflavina		Niacina		Acido ascórbico		Calcio		Fósforo		Ca/P		Hierro	
	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg	Pérdida %	mg
Raíz entera 48.025 g	0	33,4	0	15,6	0	339,6	0	14,745	0	12,102	0	21,840	0	0,55	1,631	0
Pulpa 35.635 g	-56	14,8	-46	8,4	-30	236,1	-48	7,599	-49	6,217	-44	12,214	-44	0,51	-	-
Pulpa fermentada 27.813 g	-69	10,3	-51	7,7	-55	151,9	-87	1,854	-60	4,814	-60	8,672	-60	0,61	324	-80
"Gari" 18.175 g	-75	8,5	-59	6,4	-55	151,8	-94	884	-61	4,668	-61	8,602	-61	0,54	746*	-54

(*) Ganancia de hierro cedido por el budare al momento de la cocción.



Fig. 69. Operación de descascarado de la raíz de yuca fresca para la preparación de casabe. Surinam (Foto gentileza G.G. Bolhuis).



Fig. 70. Rallado de la raíz de yuca sobre una superficie rugosa de hojalata. Venezuela.



Fig. 71. Rallado de la raíz de yuca. Surinam. (Foto gentileza G.G. Bolhuis).

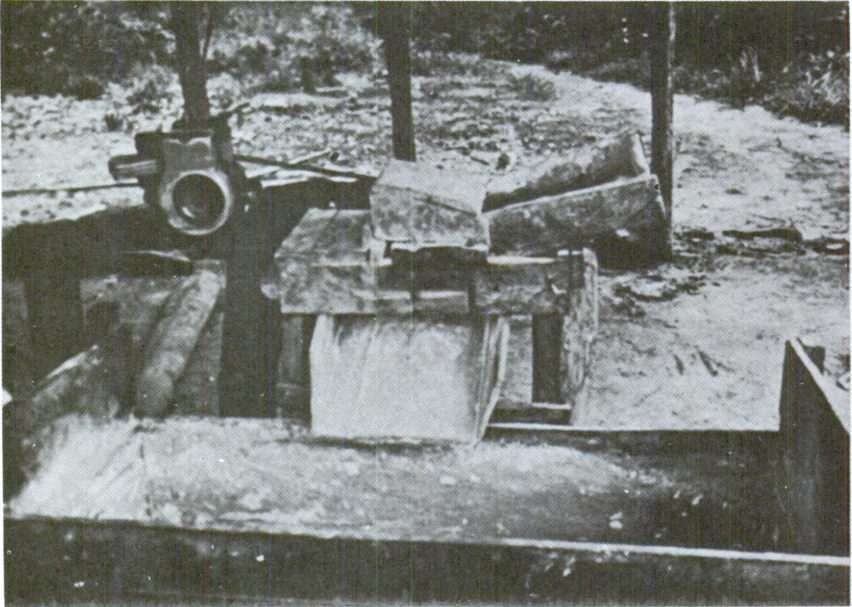


Fig. 72. Rallado de la raíz de yuca en un molino accionado por un motor a gasolina.

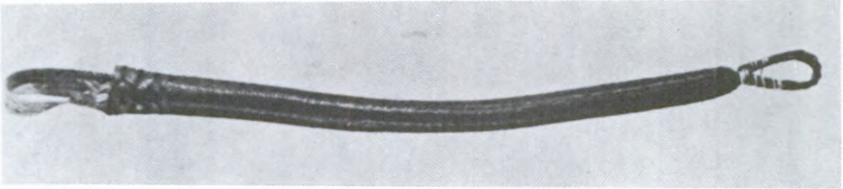


Fig. 73. Cebucán o tipití, tubo cilíndrico de fibras vegetales, que puede estirarse y estrecharse, donde se hace el prensado de la catebía o yuca rallada.

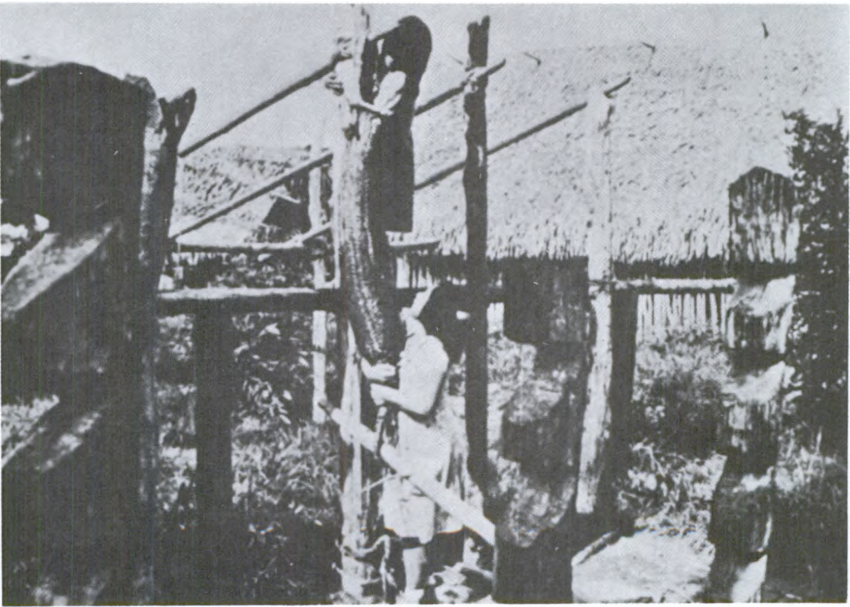


Fig. 74. Cebucán lleno con yuca rallada y colocándose en posición de operación.

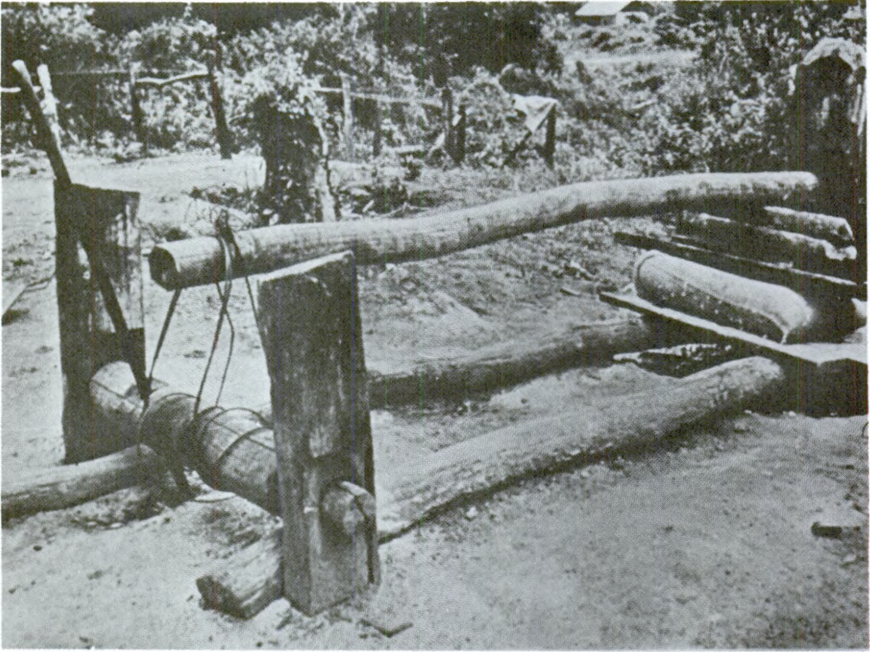


Fig. 75. Prensa perfeccionada. La yuca rallada se deposita en un saco de sisal y se presiona mediante una palanca accionada por un torniquete.

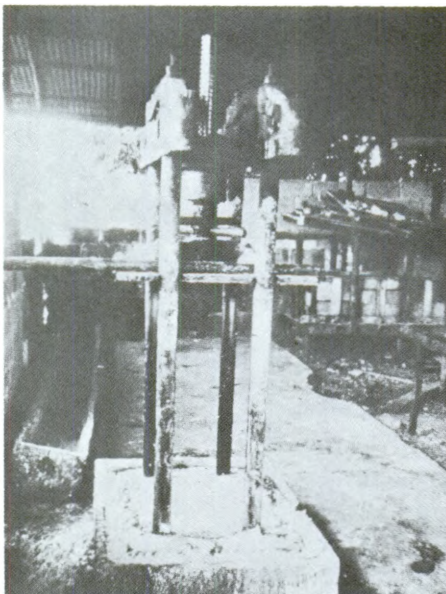


Fig. 76. Prensa hidráulica utilizada por algunas casaberas.

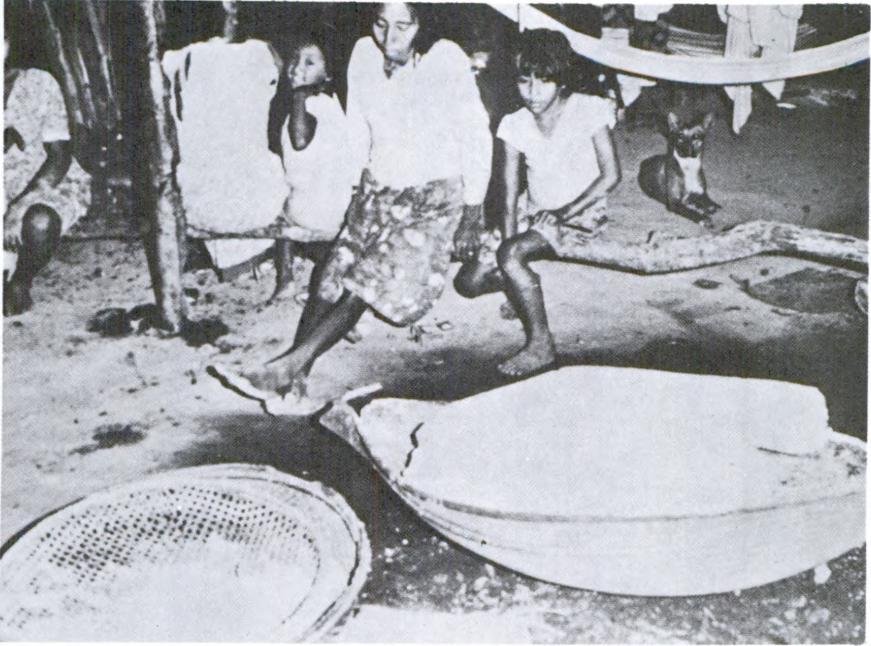


Fig. 77. Pulpa de yuca, rallada y exprimida, extraída de los cebucanes, denominada catebía seca —harina húmeda—. Izquierda: el manare o cernidor, por donde se pasa la catebía para separar las porciones no trituradas o picos.

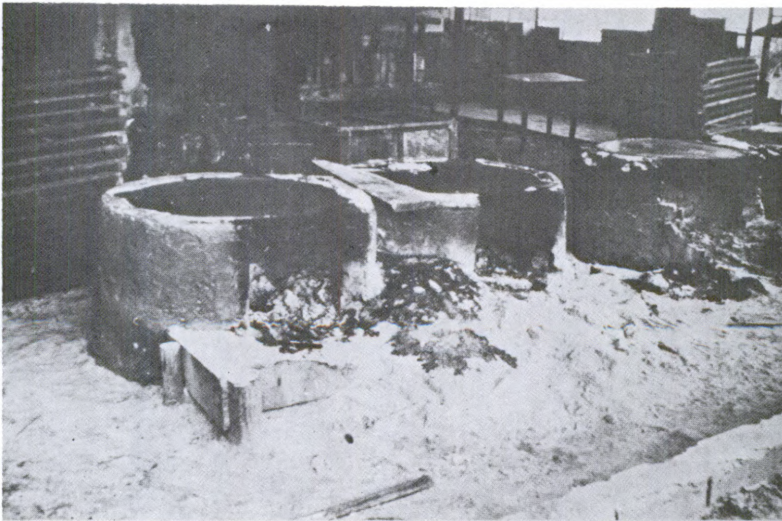


Fig. 78. Budare o aripo utilizado para la cocción de la catebía seca. Esta cocción se realiza sobre un disco de metal o barro calentado directamente por la combustión de leña.



Fig. 79. Budare utilizado en Surinam. (Foto gentileza G.G. Bolhuis).



Fig. 80. Acción de esparcimiento de la catebía seca sobre el budare en capa de 1 a 1,5 cm de espesor efectuada por el tendedor. Una vez aglomerada la masa por el calor, se da vuelta el casabe con una paleta, para terminar la cocción en la otra cara.

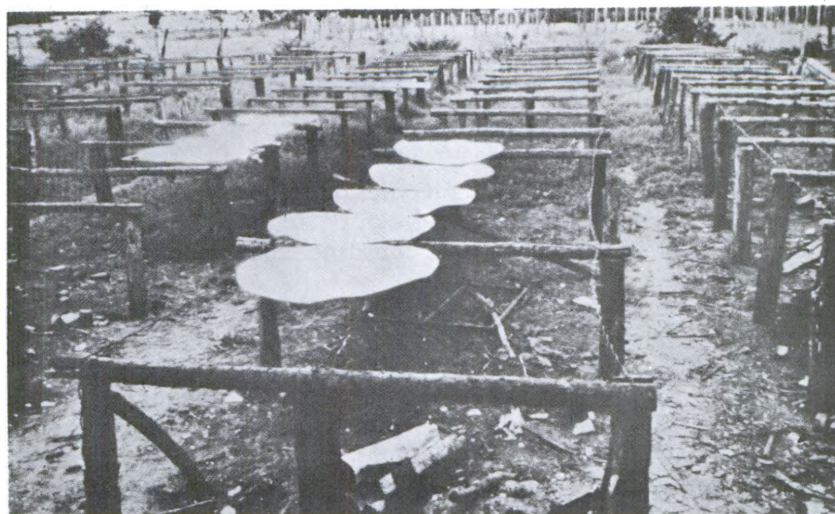


Fig. 81. Barbacoas destinadas a terminar el secado del casabe al sol, hasta dejar un producto con aproximadamente 12% de humedad.

“COUAC”

Para preparar el “couac” que es una harina ligeramente húmeda de raíz de yuca, se le agrega sal común y se pasa por un tamiz de malla ancha; luego se extiende la harina sobre el budare donde se revuelve continuamente con una espátula o rastrillo de madera para evitar que se amase y para mantenerla en estado grueso. Estos grumos son los que constituyen el “couac” y están listos cuando se quiebran bajo el diente. Por tamizaje se pueden separar los grumos más pequeños para obtener el “couac” de primera calidad.

CUADRO No. 12.4. Composición química del “couac” y del “casabe”. (Según Cereghelli²).

Componentes	“Couac” de Guayana Francesa			“Casabe” de Cuba %	“Casabe” de Venezuela %
	Blanco %	Amarillo %	Amarillo %		
Humedad	9,00	11,30	10,70	12,50	12,20
Grasa	0,20	0,40	0,25	0,25	—
Proteína	1,26	1,84	2,05	3,07	1,00
Fibra	2,25	1,90	2,60	3,10	19,00
Carbohidratos	89,99	83,46	83,10	79,58	66,80
Cenizas	1,30	1,10	1,30	1,50	1,00

Se distinguen dos clases: el "couac" amarillo y el blanco. El más apreciado es el amarillo.

HARINA SECA O "MAÑOCO"

Su preparación tiene la misma técnica que el "casabe" pero no se deja aglomerar la masa en el budare. El resultado es una harina tostada, llamada "mañoco", que se consume seca, mezclada con agua o con otros alimentos.

Análisis del Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela⁵ dan los resultados indicados en el Cuadro 12.5.

Schwerin¹⁶ reporta el uso de harina seca por los grupos aborígenes americanos: macusi, wapishana, tucuna, pacaguara, mundurucu, tupinamba, tapirape, guana, apalai, makiritare, chapacura, guarayu, tenehara, ita, jurua-purus, tucanos, xingu; la mayoría pertenecen a la Hoya del Amazonas o aguas arriba de los drenajes adyacentes como: Mikiritare, Macusi, Wapishana y Guaná. Este autor considera que la preparación de la harina seca se originó en algún lugar de la parte baja de la Cuenca del Amazonas; se sabe que es reciente en las Guayanas y fue expandida a otras partes de Brasil durante la explosión del caucho del Siglo 19. En Venezuela es de uso común en la región Nororiental.

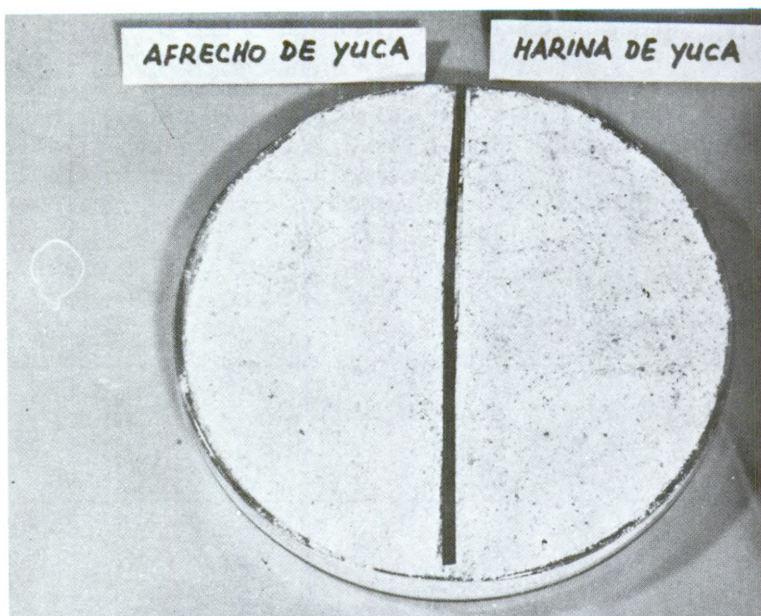


Fig. 82. Lado izquierdo, afrecho de yuca, producto del desecho de la elaboración de harina panificable y de utilización en la alimentación animal. Lado derecho: harina de yuca tamizada para uso en panificación.

CUADRO No. 12.5. Tablas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Nutrición⁵, Caracas, 1973. Valores nutritivos por 100 g de alimento.

Alimento	Energía Cal	Humedad g	Proteína g	Grasa g	Carbo- hidratos g	Fibra g	Cenizas g	Ca mg	P mg	Fe mg	Vit. A reti- nol mcg-eqv.	Tiamina mg	Ribo mg	Niacina mg	Ac. Asc. mg
Yuca	148	61,6	1,1	0,2	35,5	1,0	0,6	29	53	0,7	Tz	0,06	0,03	0,6	35
"Casabe"	343	12,5	1,3	0,6	83,0	1,7	0,9	60	78	3,1	-	0,08	0,05	0,7	-
Tapioca															
Seca	360	12,5	0,6	0,2	86,4	0,1	0,2	12	12	1,0	-	-	-	-	-
"Mañoco"	346	10,4	1,6	0,4	84,0	2,4	1,2	72	60	3,3	10	0,05	0,05	1,4	-

BOLAS DE YUCA

Schwerin¹⁶ describe otro método de elaboración de yuca, de distribución limitada a grupos aborígenes, especialmente de las regiones este y sur de la Hoya del Amazonas y son: waiwai, mojo, nambicuara, tapirape, guana, barama, amanaye, tenetehara, tobatí, xingu. El método consiste en formar bolas con la harina húmeda extraída de los “cebucanes” o prensas y secarla, ya sea al sol o sobre el fogón. En esta forma se guarda hasta que se prepara el “casabe” o harina seca, ocasión en que se muele y se le agrega agua. Algunos consideran que en este producto puede ocurrir una pequeña fermentación que aumentaría su valor proteico.



Fig. 83. Bolas de yuca formadas de catebía seca y tratada posteriormente al sol o al fogón.

HARINA DE AGUA

Para preparar la harina de agua se sumergen las yucas enteras, descascaradas o sin descascarar en agua corriente por 4-8 días. Este mismo método es general en Africa, en la preparación del “gari” y de otras harinas. En las yucas sumergidas se produce una fermentación.

Schwerin¹⁶ señala que los “boro” hacen más intenso este proceso de fermentación sumergiendo las yucas en un recipiente con agua, al

cual agregan un pedazo de raíz descompuesta. Cuando se extraen las raíces del agua, se encuentran las yucas tan blandas, que la cáscara se extrae a mano y la yuca puede molerse a mano, sin necesidad de rallarla. El jugo se extrae en “cebucanes” (manga o tubo) hechos de “taquara” una especie de bambú. El proceso siguiente es calentar la harina a fuego lento sobre budares, donde se remueve constantemente con una espátula de madera para evitar la formación de grumos. Así se obtiene la harina de agua, que es más fina, cuando el proceso de secado es más lento. Metraux⁹ asegura que su conservación es muy buena. Por otra parte, Metraux⁹ y Wagley¹⁸ dicen que las harinas más valiosas son las que se preparan de una mezcla de pulpa podrida y de pulpa fresca.

Según Schwerin¹⁶ los “boros y bororos” usan la harina de agua que se obtiene de la pulpa de la yuca podrida en la preparación del “casabe”. Este es un producto de gran consistencia cuando se le compara con el “casabe” común. En general se ha afirmado que la sumersión de las raíces en agua sólo sirve para liberar los principios cianogenéticos de la pulpa. Rogers y Appan¹⁵ sugieren que la linamarina (glucósido cianogenético) se convierte mediante el proceso de fermentación en proteína, lo que daría más valor alimenticio al producto final. Sin embargo, los resultados de Favier et al³, mostrados en el Cuadro 12.1, indican que se pierde un 44% de la proteína cuando se enrían las raíces sin cáscara y un 5% cuando se enrían con cáscara.

De acuerdo a Schwerin¹⁶, la harina de agua la preparan los grupos americanos aborígenes: patángoro, boro, tucano y tribus del Noroeste del Amazonas, macusi, omagua, mundurucu, tupinamba, cayapo, bororo, shipibo, tenetehara, ita, localizados especialmente a lo largo del Amazonas, habiéndose extendido hasta los nortehños cayapó.

“SIPIPA” O POLVILLO

Si se deja reposar el “yare” se precipita un almidón fino, el que se deja secar y se calienta en cazuelas como el “casabe” para producir una torta muy fina denominada “sipipa” entre los aborígenes de origen caribe.

TAPIOCA

El almidón fino que se obtiene del “yare” hervido en agua y secado en cazuelas, produce los copos de tapioca dándole a la masa un movimiento continuo, método sólo usado por tribus del noroeste del Amazonas y del alto Xingú.

“YARE”

Es el jugo que resulta de exprimir la pulpa rallada de la yuca; contiene una gran proporción de principios cianogenéticos. Este jugo hervido hasta que los glucósidos cianogenéticos se descompongan y liberen HCN da por resultado una bebida refrescante con gusto dulce que es utilizada por algunos grupos en la Amazonía.

“CATARA”

Es un “yare” cocido en ollas de barro hasta darle punto o consistencia de jarabe. Se le agrega ají (*Capsicum* sp.) y hormigas (bachacos) para sazónarla y conservarla. Se usa en el Alto Orinoco. Otros nombres de catara son: teuaka en maipure, katora en chaima y katsera en arecuma.

Según Schwerin^{1 6}, la “catara” o “casirepo” o “tucupí”, la consumen en la Hoya del Orinoco, en el Amazonas, en las Guayanas y en las Antillas. Parece que el Orinoco es el lugar de origen de este alimento.

“CARATO”

Es una bebida que se prepara agregando pedazos de “casabe”, harina o masa de yuca hervida en agua. Es refrescante y nutritiva. Se le suele agregar otras hierbas o sabores para hacerla más apetecible. Los caribes de Anzoátegui la denominan “capino”.

OTROS PRODUCTOS

“Amoiuare”. Es una bebida fermentada que se prepara con yuca rallada colocada en canastos cubiertos con hojas de cachipo (*Heliconia* sp.), que se toma deluída en agua.

“Bureche”. Es un licor fermentado que se prepara a base de “casabe” en la región del Alto Orinoco.

“Haimá”. Licor fermentado de yuca que lo utilizan los goajiros.

“Paya”. Es una bebida que preparan los tamanacos a base de “casabe” fermentado bajo hojas húmedas para permitir una acción más activa de las levaduras.

“Payauára”. Se prepara en la misma forma que la “paya” pero para hacerla se tuesta previamente el “casabe”. También se denomina “yaraque” o “yakari”.

De acuerdo a Alburquerque¹, la forma en que mayormente aprovechan la yuca en el Estuario Amazónico, es en harina de mesa, para la cual se utiliza cerca del 90% de la producción bruta de las raíces. Siguen en importancia el “tucupí” (que es el líquido de la raíz de yuca cocido en ollas de barro hasta darle punto o consistencia de jarabe) y el almidón.

Una relación de los productos de naturaleza culinaria para esa región es la siguiente de acuerdo a Alburquerque¹:

Harina de mesa, harina de tapioca, harina de trozos, “tucupí, tacacá, manicoba”, borona, pie de “moleque”, tapioca “beijú” no seco, beijú-cica, mingáu de caridade, cachaza, tarúba o guariba, ma-caixeira cocida, “maniquera”, bolo de macaxeira, beso de moza, cro-quetas, “carima”, engrudo, polvillo agrio, “chibé”.

YUCA PARA USO INDUSTRIAL

TROZOS

Los trozos, rodelas, raspa o “kokonte” se obtienen al seccionar, con un machete o una máquina cortadora o picadora de forraje, las raíces tuberosas de la yuca, las que después se secan al sol o mediante procesos industriales. A veces las raíces se lavan y descortezan, usando diversos procedimientos. Al cabo de 3-4 días de estar extendidos los trozos en un patio de cemento, similar a los secaderos de café, éstos se logran secar con 10-12% de humedad. En esta condición



Fig. 84. Trozos obtenidos de seccionar la raíz de yuca y secados en patios de cemento al sol, o bien por procesos industriales.

pueden almacenarse a granel o en sacos hasta por seis meses. Este producto es una fuente importante de materia prima energética para fabricar harina o almidón.

Roa y Cock^{1 4} experimentaron secar la yuca al sol en dos formas: en rodajas corrientes y en barras rectangulares, de 50 x 8 x 8 mm. Las barras rectangulares se secan más rápidamente. El tiempo de desecación puede acortarse colocándolas en bandejas de malla que se exponen en forma horizontal o vertical.

CUADRO No. 12.6. Análisis de los productos de yuca de origen brasilero. (Laboratorio de Control, Protinal^{1 2} C.A., Venezuela).

Producto	Humedad %	Proteína %	Grasa %	Fibra %	Extracto Libre N %	Ceniza %	Ca %	P %
Harina	10,2	1,9	0,4	3,2	83,3	1,0	0,11	0,06
Trozos	11,7	2,4	0,8	5,1	79,1	0,9	0,12	0,07
"Pellets"	12,7	2,7	0,5	4,9	77,2	1,8	0,18	0,07

CUADRO No. 12.7. Análisis de harinas de yuca de la variedad UCV 2078. (Laboratorio de Análisis, Industria Super S.^{1 7}).

Producto	Humedad %	Proteína % N total	Grasa %	Fibra %	Aflotoxi- nas	Cenizas %	Extracto Libre N %
Harina	11,1	8,31	0,60	3,06	negativo	2,50	75,25
Harina	11,1	8,31	0,79	3,56	negativo	2,93	73,31
Harina	12,8	7,42	2,00		negativo		
Harina	11,9	3,45			negativo		

HARINAS

Las harinas se obtienen mediante la molienda de los trozos secos de yuca en un molino de martillo u otro más perfeccionado. Cuando los trozos se secan con corteza resulta la harina integral de yuca, la que se utiliza como sustituto de los carbohidratos de los cereales (maíz, trigo, sorgo, etc.) en la alimentación animal.

Con trozos descascarados, molidos y pasado el producto después por un tamiz fino, se obtiene las harinas panificables de yuca. El paso por un tamiz menos denso dá origen a lo que se llama harina granulada o sémola de yuca.

También se preparan las siguientes harinas enriquecidas: para panificación mejorada, con lactato estearílico de calcio como condicionante; con proteína (soya, pescado, caseína, etc.); con aminoácidos seleccionados (lisina, triptófano, metionina, etc); fortificada (con trigo, soya, maní, vitaminas, etc.); y fermentada (gari).

“PELETS” CILINDRICOS

Los “pelets” cilíndricos se preparan con harina integral comprimida en una prensa bajo un ambiente caliente y húmedo.

Estos, de acuerdo a Pavan¹¹ tienen las siguientes ventajas sobre los trozos y la harina: fletes más bajos; peso específico 0,6 contra 0,25 de los trozos sin peletizar; más fácil manejo y más barata su carga y descarga; menor volumen, lo que abarata el almacenamiento; procesamiento más fácil y más económico en las industrias de alimentación animal; menor posibilidad de deterioro en el transporte.

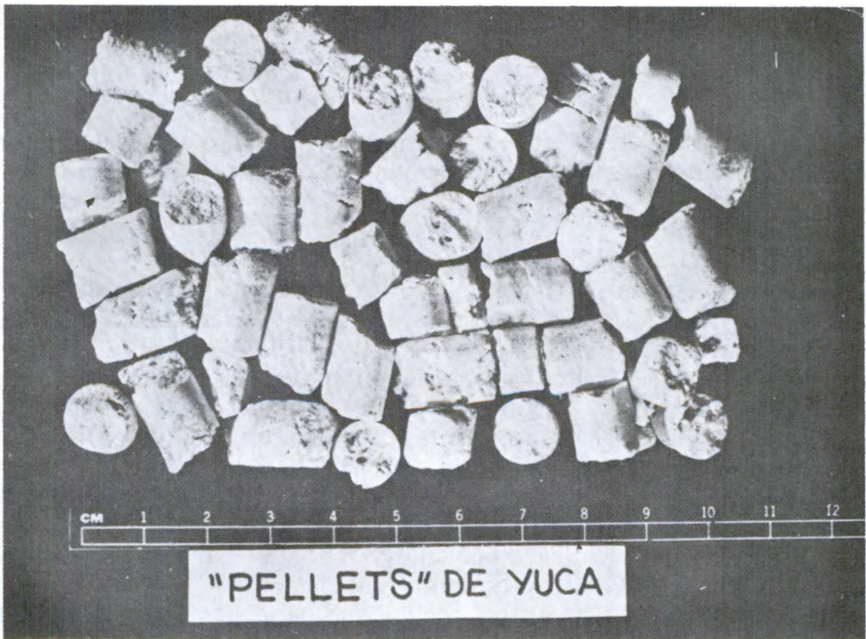


Fig. 85. Pelets o tacos, formados por la aglomeración de harina integral de yuca, comprimida en una prensa bajo ambiente caliente y húmedo.



Fig. 86. Secador rotativo o de tambor en uso experimental en el secado de raíces de yuca.

ALMIDONES

Los almidones se obtienen separando sus granos del resto de las materias contenidas en la raíz de yuca. Los granos del almidón se encuentran en el interior de las células conjuntamente con la proteína, las grasas, los carbohidratos solubles, etc., y se obtienen por un proceso de extracción y purificación.

Pacheco¹⁰ estudió la viscosidad de los almidones de tres variedades de yucas brasileras y los resultados indican que ellas difieren fundamentalmente en este aspecto.

Maravalhas⁷ se refiere a las alteraciones de la estructura de los almidones en harinas de yuca debido a los procesos tecnológicos de elaboración. Tanto la amilopectina como la amilosa son modificadas; siendo la amilopectina la más resistente al tratamiento térmico.

Rosenthal et al¹³ estudió 11 variedades de yuca y encontró que éstas presentaban granos de muy diversas formas siendo las principales: cupuliforme, bicóncavo-convexo y redonda. Las dimensiones de los granos mayores estuvieron comprendidas entre 18-26 μ de largo y 16-22 μ de ancho, mientras que los más pequeños entre 3-10 μ de largo y 3-10 μ de ancho. La afinidad yódica de todos estos almidones varió de 3,1 a 3,5 lo que corresponde aproximadamente a 15,3-17,5% de contenido en amilosa.

Según el uso que se da a los almidones de yuca, éstos se clasifican en alimenticios, industriales no alimenticios y almidones modificados.

Los almidones alimenticios se utilizan para fabricar: productos de panadería, postres, pudines, relleno de tortas, alimentos para bebés, caramelos, chicles, agentes espesadores (gelatinas sintéticas), bebidas fermentadas, glucosa, etc.

Los almidones industriales no alimenticios se usan para: apresto de textiles, lavandería, papelería, gomas, dextrinas, adhesivos, alcohol, acetona, glucosa y para la perforación de pozos petroleros.

Los principales usos de los almidones modificados es para preparar: almidones solubles precocidos, almidones oxidados, almidones mejorados (agregando gliceril monostearato como agente en encuadernación).

HARINAS DE HOJAS Y FOLLAJE

Se preparan como fuente de proteína para la alimentación animal. Se hacen siegas sucesivas cada 3-4 meses de las plantas de yuca, las que se muelen en un molino de martillo y se secan posteriormente. Esta harina tiene un 18% de proteína con 10-12% de humedad. Con ella pueden prepararse "pellets" de hojas y follaje.

TALLOS

Los tallos de yuca también se usan molidos, secados y comprimidos; se les agrega un adherente en la fabricación de madera prensada para la construcción (Flaw y Palmer⁴).

Lebedef⁶ da cuenta de una variedad cultivada en Recife, Brasil, cuyos tallos tienen 7-9 cm de diámetro y los cuales podrían ser una excelente fuente de celulosa en la fabricación de papel.

La harina de tallos también puede usarse en la alimentación animal, en mezcla con harina de raíces y harina de hojas de yuca, revuelta con minerales y vitaminas.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Valor alimenticio humano de los diversos productos de yuca de fabricación doméstica.
2. Estudio de la viscosidad de los almidones de yuca.
3. Estudio del uso de la harina de yuca mezclada con harina de maíz en la preparación de arepas.

4. Estudio del uso de la harina de yuca mezclada con harina de trigo en la preparación de pan.
5. Estudio del uso de la harina de yuca mezclada con harina de trigo en la fabricación de pastas y en repostería.
6. Estudio de los métodos económicos para elaboración de productos caramelizados provenientes de glucosa y su uso en la fabricación de bebidas gaseosas.
7. Estudio y desarrollo de una planta modernizada y de funcionamiento sencillo para la preparación de "casabe".
8. Evaluación económica de los desechos de cosecha de yuca para su aprovechamiento industrial (agregados de madera, pulpa para papel).
9. Preparación de alimentación a base de yuca suplementada con fuentes de proteína barata para la alimentación de la población autóctona (Amazonas, Orinoco).
10. Elaboración de harina de yuca fortificada con diversas fuentes de proteína (pescado, soya, levaduras, etc.) para uso humano.
11. Estudios de toxicidad por acumulación de HCN proveniente del consumo de "casabe" en el organismo humano de las poblaciones autóctonas.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBUQUERQUE, M. de. Mandioca. Belém. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Norte, 1970. v. 1-2, 51 p.
2. CEREGHELLI, A. Cultures tropicales. Paris, Bailliere, 1955. 635 p. v.1.
3. FAVIER, J. C., CHEVASSUS-AGNES, S. y GALLON, G. Les transformations technologiques du manioc. In: Les Amylaces du Cameroun. Yaounde, Centre O.R.S.T.O.M., (Section Nutrition) 1969. 53 p.
4. FLAWS, L. J., y PALMER, E. R. The production of particle board from cassava stalks. London, Tropical Products Institute, 1968. 3 p. (Rept. G. 34).
5. INSTITUTO NACIONAL DE NUTRICION. Tablas de composición de alimentos para uso práctico. Caracas, 1973. 50 p. (Rev.).
6. LEBEDEF, S. As possibilidades de aproveitamento da madeira de mandioca para a fabricação da celulosa. Bol. S.A.I.C. (Recife) 4(1):63-66. 1939.

7. MARAVALHAS, N. Alteração na estrutura do amido das farinhas de mandioca. In: Cinco estudos sobre a farinha de mandioca. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia, Manaus, 1964. pp. 15-22. (Pub. 6, Química).
8. MARCANO, J. La yuca en la cultura de un pueblo. El Farol (Caracas) 27(216):59-62. 1966.
9. METRAUX, A. The tupinambá. Handbook of South American Indians 3:95-133. 1948.
10. PACHECO, J. A. de C. Viscosidade da fécula de variedades de mandioca. II. Curvas viscosimétricas variedades Branca de Santa Catarina, Brava de Itu e Cafelha, determinadas en amostras preparadas em laboratorio. *Bragantia* (Campinas) 2(4/6):133-139. 1951.
11. O PROBLEMA Internacional do pellet de mandioca. São Paulo, Pavan Engenharia e Industria Ltda., 1973. 233 p.
12. PROTINAL. Análisis de Laboratorio. Boletines, Valencia (Ven.) 1974. 4 p.
13. RESENTHAL, F.R.T. et al. Amidos da mandioca. I. Características dos gránulos de 11 variedades procedentes do estado de Minas Gerais. *An.Acad. Brasileira Cienc.* 44(1):55-60. 1972.
14. ROA, G., y COCK, J. H. Natural drying of cassava. 3rd. Symposium Trop. Root Crops, Ibadan, 1973. 6 p.
15. ROGERS, D., y APPAN, S. G. Cassava-based nourishment generating system capable of functioning in ecologically and economically impoverished areas. *Trop. Root and Tuber Crops Newsletter* (Mayagüez) 4:13-17. 1971.
16. SCHWERIN, K. H. The bitter and the sweet. Some implications of techniques for preparing manioc. New York, American Anthropological Association, Annual Meeting. 1971. 47 p.
17. SUPER S. Análisis de Laboratorio. Boletines. La Victoria (Ven.) Industria de Alimentos Super S, 1974. 6 p.
18. WAGLEY, C. Uma comunidade amazónica: estado do homem nos tropicos. São Paulo, Companhia Editorial Nacional, 1975. 401 p.

CAPITULO 13

PROCESAMIENTO DE LOS PRODUCTOS

INTRODUCCION

Los dos productos principales que se obtienen de las raíces tuberosas de yuca son: la yuca seca en trozos, con la que se preparan harinas y “pelets”, especialmente destinados a la alimentación animal, y el almidón de yuca. El almidón se usa en industrias alimenticias y no alimenticias y como materia prima en la fabricación de plásticos, curtido de pieles, etc.

En la industria alimenticia el almidón se emplea directamente como tal; sirve para espesar, rellenar, compactar y estabilizar: pan, pastelería, caramelos, mermeladas, y en la fabricación de glutamato monosódico, glucosa.

Entre los usos no alimenticios el almidón sirve como adhesivo en la fabricación de cartones corrugados, gomas para rehumedecer (estampillas), papel de muros, industria del papel, industria textil, fabricación de maderas enchapadas, etc.

En este Capítulo se revisarán los principios básicos del procesamiento de la raíz de yuca para obtener harinas y “pelets”; también se hará referencia a la industria del almidón. El detalle de los procesos tecnológicos no es el propósito de este libro y puede consultarse en publicaciones especializadas como: Cassava¹ y Grace².

También se dará aquí alguna información sobre el secado de follaje de la yuca.

PROCESAMIENTO DE LA YUCA PARA HARINAS Y “PELETS”

El lavado de las raíces de yuca se recomienda especialmente para aquéllas que provienen de suelos arcillosos. Por lo general las máquinas de lavar efectúan al mismo tiempo el descascarado de las raíces.

Las lavadoras son canoas con paletas agitadoras que empujan las raíces a medida que son lavadas hacia un extremo, donde caen en transportadores que las llevan, a las trozadoras o al patio de secado.

Es conveniente efectuar un buen lavado para eliminar todos los restos de arena que ocasionan desgaste en los molinos y la tierra que da mal color a la harina.

El uso de las máquinas lavadoras-descascaradoras se justifica cuando se elaboran sobre 20 toneladas de raíces frescas por día.

TROZADO

Este trabajo puede efectuarse en muy diversas formas, desde el trozado manual a machete hasta el empleo de máquinas especializadas.

En Malasia, de acuerdo a Manurung⁶, usan un disco de acero rotatorio de 12 mm de espesor y 1 m de diámetro, que tiene adheridas cuchillas de filo corrugado. La máquina produce tiras de 6 mm de ancho y 3-6 mm de grueso, con un porcentaje de partículas pequeñas.

Debido a que el costo del trozado es más bajo que el secado, es conveniente modificar el trozado para obtener un costo mínimo de secado. Esto se espera con los trozos de menor tamaño. El trozado puede hacerse con máquinas de 1-2 Hp. Para una fábrica que elabora 3 toneladas de yuca fresca por hectárea se recomienda una trozadora movida por un motor de 10 Hp como mínimo.

SECADO

El secado de las raíces de yuca consiste en la extracción de la humedad por evaporación. El calor de evaporación del agua varía según la temperatura: a 27°C es de 583.348 Cal/Kg y a 104°C es de 613.376 Cal/Kg.

Secado al sol. Los trozos de yuca se esparcen en patios, generalmente de concreto; se remueven cada dos días con ayuda de rastrillos o en caso de grandes extensiones, de tractores con palas especiales. En períodos de lluvia se amontonan y cubren.

El secado con trozos pequeños demora en Malasia 1,5 días (Manurung⁶), y da como resultado un producto con 15% de humedad, que también puede durar hasta 3 días.

La duración del secado depende del flujo de energía solar disponible y ésta a su vez, depende de la condición de la atmósfera y del ángulo de incidencia de los rayos solares. Este último factor está relacionado con la localización geográfica, la época del año y la hora diaria.

De la radiación total diaria, sólo 1/4 llega a la superficie terrestre. De esta energía, según MacDonal⁵, el 35% se refleja directamente en el espacio exterior, otro 43% se convierte directamente en calor, la energía es radiada hacia afuera en onda larga. El 20% restante es

absorbido a través de evaporación o de fotosíntesis, o es transformada directamente en movimiento mecánico de la atmósfera o de los océanos.

En Kualla Lumpur, con un solarímetro Kipp, el investigador Pillay citado por Manurung⁶ ha encontrado los siguientes valores de intensidad de radiación para un día soleado:

	8 horas	12 horas	16,30 horas
Cal/m ² x h	244.127	854.117	122.020

La radiación diaria en verano, en Estados Unidos, de acuerdo a Loomis y Williams⁴ es de 500 Cal/cm². En el trópico el valor es algo superior y puede estimarse en 540-680 Cal/cm², lo que equivale a 5.422.903 a 6.778.629 Cal/m² x día.

De acuerdo a la energía radiante, en Malasia (Manurung⁶) se necesitan 413 m² de patio por día y por tonelada de yuca a secarse (evaporar).

Pérdida de energía durante el secado al sol

Del 20% de la energía solar sobrante indicado por MacDonald⁵, parte se ocupa en evaporación de agua, y esta cantidad depende de la naturaleza de los materiales que reciben la radiación (trozos de yuca) y del tipo del piso de secado.

CUADRO No. 13.1. Conductividad en diversos tipos de pisos de secado, de 2,5 cm de espesor.

Tipo de piso de secado	Conductividad termal, K = g cal (seg) cm ² (C° cm)
Asfalto	0,0017759
Concreto	0,0022302
Arena seca	0,0007847
Madera de pino	0,0003593
Cenizas de madera	0,0001693
Aserrín de madera	0,0001322
Aire	0,0000632

Las pérdidas de energía en los pisos con baja conductividad son mínimas.

Balance calórico: secado al sol de raíces

1 Ton de raíz de yuca húmeda (65% agua) = 388 Kg yuca seca (10% humedad) + 612 Kg de agua (a evaporar).

La superficie de secado sería entonces:

$$\begin{array}{r} \text{Masa de agua} \\ \text{a evaporar} \\ \text{(Kg)} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Calor latente} \\ \text{de evaporación} \\ \text{(Cal/Kg)} \end{array} \times \frac{\text{m}^2}{\text{Cal/día} \times \text{m}^2} \times \frac{1}{\text{eficiencia}}$$

$$612 \quad \times \quad 594.980 \quad \times \quad \frac{1}{6.778.629} \times \frac{1}{0,13} = 413 \text{ m}^2$$

El balance calórico coincide con la eficiencia de 13% estimada.

Secado al sol del follaje

Utilizando la misma eficiencia anterior, 13% por balance:

1 Tonelada de follaje verde de yuca (80% agua) = 220 Kg follaje seco de yuca (10% de humedad) + 778 Kg de agua (a evaporar).

La superficie de secado será entonces:

$$\begin{array}{r} \text{Masa de agua} \\ \text{a evaporar} \\ \text{(Kg)} \end{array} \quad \begin{array}{r} \text{Calor latente} \\ \text{de evaporación} \\ \text{(Cal/Kg)} \end{array} \times \frac{\text{m}^2}{\text{Cal/día} \times \text{m}^2} \times \frac{1}{\text{eficiencia}}$$

$$778 \quad \times \quad 594.980 \quad \times \quad \frac{1}{6.778.629} \times \frac{1}{0,13} =$$

$$525 \text{ m}^2/\text{Ton}$$

O lo que es lo mismo, se podrán evaporar o secar unas 19 toneladas de hojas frescas por hectárea de superficie de secado.

Costo de secado de raíces al sol. Este costo corresponde a la suma de costo de la mano de obra; amortización del tractor y costo de operación; amortización del piso de cemento u otro material; amortización del terreno de secado; amortización de cobertores.

Secado artificial

Existen diversos sistemas de secado artificial realizados por las siguientes estructuras:

Secadores estáticos. Consisten en un tunel de ladrillos recubierto con planchas de metal; la yuca se pone en trozos sobre una bandeja perforada, donde pasa aire caliente impulsado por ventiladores a través de la yuca.

Este tipo de secador es muy sencillo pero tiene las siguientes desventajas: baja eficiencia calórica, difícil control de la humedad y baja penetración del aire caliente.

Secadores de fondo movedizo. El sistema es muy parecido al anterior, pero el fondo del secador se mueve continuamente de un extremo al otro. Esto permite sacar por un extremo el material seco y reponerlo con material húmedo. El movimiento puede lograrse en diferentes formas: por un piso móvil en forma de una banda perforada giratoria o un piso fijo y perforado, donde el material se mueve por sistemas de cadenas o rastrillos; también por un piso colocado en pendiente, donde el material se mueve por gravedad.

Las ventajas sobre este sistema son: se obtiene un producto seco con humedad uniforme, mejor control de la temperatura; y mayor eficiencia calórica.

Secadores de fondo fluidificado. Cuando el aire pasa a través de un secador de fondo fijo existe una capa estática de partículas. Cuando las partículas son pequeñas, la cantidad de aire que puede atravesarlas es muy limitada. Sin embargo, si las partículas son bien chicas el pasaje del aire a alta velocidad crea una turbulencia en la cama de la yuca y ésta se comporta como un fluido, de allí su nombre.

La ventaja de este sistema es la rapidez del secado, debido a la alta turbulencia; el fácil control de la temperatura a través de la cama, a que no hay partes móviles y el calor que se pierde es muy poco.

Secadores neumáticos. Si la corriente de aire se aumenta en el sistema fluidificado, las partículas individuales de yuca se van hacia arriba. Si tienen un recorrido adecuado, las partículas húmedas pueden secarse en el aire caliente mientras están suspendidas y transportadas en forma neumática. Esto se logra por aire producido por quemadores a base de aire comprimido que trabajan por el sistema atomizado, y la temperatura se eleva a 150°C.

Secadores rotativos o de tambor. En este sistema el material se alimenta en un extremo de un cilindro rotatorio de tres pases, provisto de elevadores longitudinales y el producto seco se extrae por el otro. El aire caliente puede ser inyectado en cualquiera de los dos extremos. El sistema se ha usado con éxito en secar forrajes donde la temperatura del aire llega a 980°C, mientras que la temperatura del



Fig. 87. Estado del producto obtenido al triturar las raíces de yuca en un molino de forrajes para alimentar el secador rotativo.

producto llega a 60-65°C. De acuerdo a Manurung⁶, en yuca no ha tenido éxito. La temperatura del aire usado fue de 500-600°C. Se cree que la temperatura inicial produce endurecimiento de los trozos, lo que aumenta la temperatura superficial y produce el quemado del producto.

En el Cuadro 13.2 se muestra el efecto de las altas temperaturas en el quemado de las partículas de yuca.

CUADRO No. 13.2. Resultado de la desecación de yuca en un horno a diversas temperaturas. (Manurung⁶).

Contenido en humedad %	Tiempo (min) antes que aparezca el quemado		
	Temperatura del horno (°C)		
	90°	110°	130°
66,7	5	5	3
56,5	50	30	20
48,7	No aparece el quemado después de: 96 h 24 h 10 h		

Secador “Sistema D’Andrea”. Este sistema incluye un presecado para acelerar el proceso posterior y disminuir el consumo de combustible. En esta etapa hay una eliminación de gomas y mucílagos que dificultarían el secado posterior y darían un producto más oscuro.

El material prensado pasa a una batería de 12 secadores verticales con capacidad para 5 toneladas cada uno. La temperatura inicial del proceso es de 50°C y la final de 60-65°C.

En este tipo de secado la yuca no está en contacto directo con los gases de combustión calientes, sino que el calor es irradiado, calentando el aire exterior, por lo que la harina producida es completamente apta para consumo humano.

El tiempo de secado, durante el cual el material está en movimiento, es de 70 minutos.

Al final los trozos pasan a unos depósitos aireados donde se enfrían y mantienen un 12% de humedad.

Ventajas del secado artificial. Se logra una gran reducción en el espacio de trabajo (patios) y en los jornales y una mayor eficiencia por secado homogéneo del producto. Es posible planificar el trabajo sin estar sometido a las contingencias meteorológicas. Tiene un buen control de calidad del producto final y un buen control sanitario.

Costo del secado artificial de raíces. Intereses, amortización y mantenimiento de máquinas y edificaciones. Costo de mano de obra. Costo del combustible. Costo de la energía eléctrica.

Costo del combustible en secado artificial de raíces. Se utiliza para el cálculo una eficiencia del combustible entre 20-25%.

Balance calórico:

1 Ton raíces yuca (65% humedad) = 388 Kg yuca seca (10% humedad) + 612 Kg de agua (a evaporar).

El volumen de combustible requerido para secar una tonelada de raíces frescas de yuca (para evaporar 612 Kg de agua) será entonces:

$$\begin{array}{l} \text{Masa de agua} \\ \text{a evaporar} \\ \text{(Kg)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Calor latente} \\ \text{de evaporación} \\ \text{(Cal/Kg)} \end{array} \times \frac{\text{lt}}{\text{Poder calórico del} \\ \text{combustible (Cal/lt)}} \times \frac{1}{\text{Eficiencia}} \\ \text{(7)} \\ 612 \quad \times \quad 594.980 \quad \times \quad \frac{1}{9.651.446} \quad \times \quad \frac{1}{0,22} = 170 \text{ lt}$$

Se necesitan 170 litros de combustible para producir una tonelada de yuca seca.

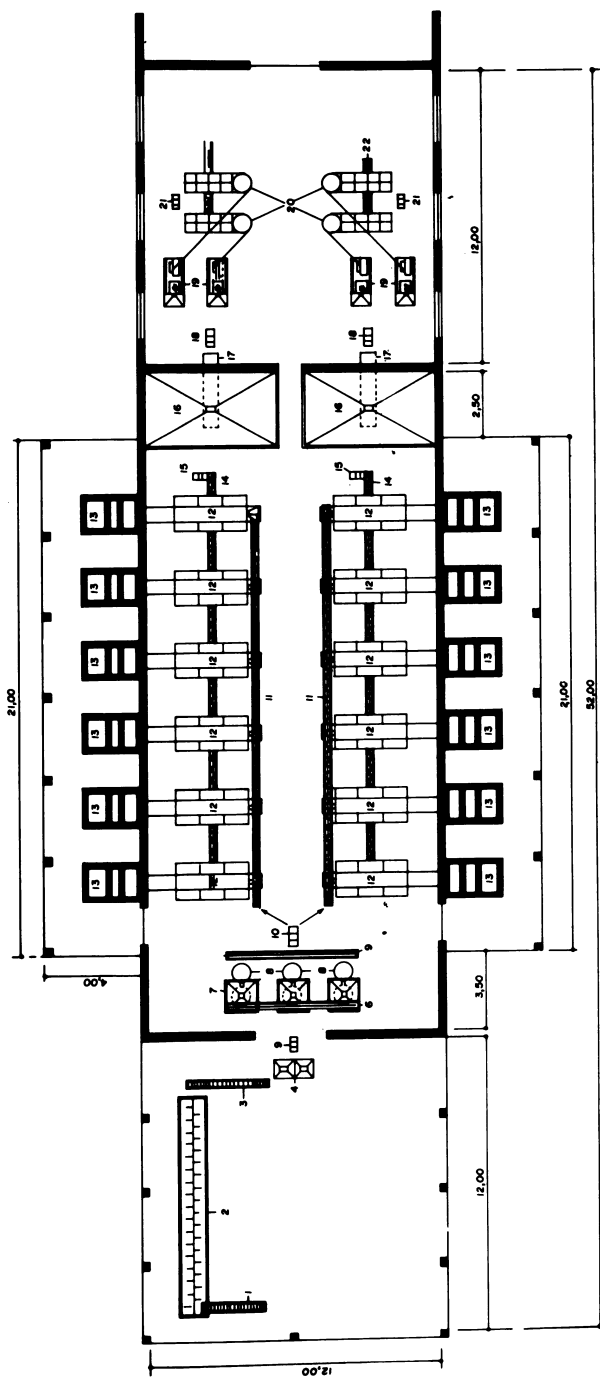


Fig. 88. Secador "Sistema D'Andrea".

- | | | | |
|----|--------------------------------------|----|--|
| 1 | Alimentador mecánico | 12 | Secadores metálicos |
| 2 | Lavador-descascarador | 13 | Horno de calor irradiado |
| 3 | Alimentador mecánico | 14 | Sinfin para recibir la yuca de los secadores |
| 4 | Molino de raíces | 15 | Conductor elevador que recibe la yuca del sinfin y la entrega en los silos |
| 5 | Conductor elevador | 16 | Silos para yuca seca |
| 6 | Sinfin para alimentar las prensas | 17 | Transportador vibratorio para alimentar el conductor |
| 7 | Toivas de recepción para las prensas | 18 | Conductor elevador para alimentar los molinos |
| 8 | Prensas hidráulicas | 19 | Molinos de martillo |
| 9 | Sinfin para recibir la yuca prensada | 20 | Cribas centrifugas |
| 10 | Elevador para alimentar el sinfin | 21 | Conductor elevador que recibe el producto de las cribas y lo entrega al sinfin |
| 11 | Sinfin para alimentar los secadores | 22 | Sinfin para recibir la harina de las cribas y enviarla al ensacado. |

$$\text{Costo del combustible por 1 Ton de yuca seca} = \\ 170 \text{ lt} \times \text{Bs } 0,10 = \text{Bs } 17,00$$

Costo del combustible en secado artificial de follaje

Balance calórico:

1 Ton de follaje verde de yuca (80% agua) = 222 Kg follaje seco de yuca (10% de humedad) + 778 Kg de agua (a evaporar).

El volumen de combustible requerido para deshidratar una tonelada de follaje verde de yuca (evaporar 778 Kg de agua) será entonces:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Masa de agua} & \text{Calor latente} & & \text{lt} & & \text{l} & \\ \text{a evaporar} & \text{x de evaporación} & \text{x} & \frac{\text{Poder calórico}}{\text{del combustible}} & \text{x} & \frac{1}{\text{eficiencia}} & \\ \text{(Kg)} & \text{(Cal/Kg)} & & \text{(Cal/lt)} & & & \\ \\ 778 & \text{x} & 594.980 & \text{x} & \frac{1}{9.651.446} & \text{x} & \frac{1}{0,22} = 288 \text{ lt} \end{array}$$

$$\text{Costo del combustible por tonelada de follaje verde} = \\ 218 \text{ lt} \times 0,10 \text{ Bs/lt} = \text{Bs } 21,80$$

MOLIENDA

Una vez deshidratado el producto pasa al molino de martillo. Antes debe atravesar un dispositivo especial para extraer las impurezas de arena, tierra, piedras, o partes metálicas que hayan podido acompañarlos durante la operación de deshidratación. La capacidad de los molinos varía de acuerdo al deshidratador entre 1 Ton/h a 30 Ton/h. La harina es aspirada por un ventilador instalado en la parte superior del ciclón separador de harinas.

“PELETIZACION”

El producto una vez molido y convertido en harina pasa a la unidad de peletización para aglomerarlos por presión y calor, proceso en el cual se le puede añadir melaza, úrea y sal y en algunas unidades, vapor. Las prensas pelitizadoras de yuca son similares a las utilizadas por los fabricantes de alimentos en Estados Unidos y en Europa.

Los “pelets” o tacos, salen de la prensa algo calientes y blandos, luego se someten a un enfriado de tipo horizontal a fin de evitar el quebrado de los gránulos. El producto final tiene 8-10 mm de diámetro.

La capacidad de estas peletizadoras varía entre 0,8 Ton/h hasta 3 Ton/h y son de acero especial. Existen en el mercado dos tipos de peletización; los que se realizan en prensas de tecnología francesa que no usan vapor, lo que simplifica la operación, y los estadounidenses que se hacen en prensas, necesitan reaplicación de humedad mediante vapor suplido por una caldera.

Afectan la calidad de los “pelets”: 1) la naturaleza de los diversos componentes, como la proteína, el almidón, la fibra, la grasa y las impurezas; 2) la condición en que se encuentra el material como: porcentaje de humedad, tamaño de las partículas, temperatura antes de prensar, dimensiones y tipo de los moldes de las prensas. Para evitar absorciones posteriores de humedad, se recomienda la incorporación de un preservativo previo a la molienda en base a ácido propiónico que mejora el valor energético del producto final.

Se prefiere las yucas en forma de “pelets” o tacos en lugar de trozos por las siguientes razones:

- a. Los “pelets” requieren 20-25% menos espacio que los trozos.
- b. La calidad de los pelets es más uniforme.
- c. El carguío de barcos y los fletes son más económicos por ser una operación más corriente.
- d. Los gastos de embarque y desembarque son más bajos y fáciles, especialmente si los puertos están equipados con silos.

PROCESAMIENTO DE LA YUCA PARA ALMIDON

RECEPCION Y PESAJE

Durante la recepción y el pesaje se toman muestras que se envían al laboratorio para determinar el contenido de almidón y el estado en que éste se encuentra en la yuca. Esto es especialmente importante en las raíces que vienen de lugares distantes y que se procesarán después de 48-72 horas de cosechadas.

LAVADO Y DESCASCARADO

La operación de descascarado siempre se realiza en las raíces destinadas a almidón. Esta operación puede suprimirse en la preparación de harina integral de yuca para alimentación animal. Hay que evitar aguas que contengan óxido de hierro, o tratar las aguas con sulfato de aluminio. Al final de esta operación habrá una pérdida de 3-4% del peso inicial, por descascarado e impurezas (tierra y arena).

SELECCION

La selección se efectúa en las cintas transportadoras que llevan la yuca lavada y descascarada hasta las máquinas trozadoras. Consiste en eliminar las raíces podridas, ennegrecidas o dañadas por diversas causas. También se extraen las raíces que tienen adheridos largos pedúnculos, pues éstos son muy duros y fibrosos y dañan los cilindros ralladores. En algunas variedades como la Blanca de Santa Catalina, a veces se produce un depósito de almidón alrededor de la estaca de plantación, la que es confundida con una raíz tuberosa; esta formación anormal debe eliminarse también para evitar un daño similar al señalado para los pedúnculos.

TROZADO

Consiste en partir las raíces de yuca en secciones generalmente irregulares para hacer más fácil y expedito el trabajo de los cilindros ralladores.

El aparato trozador es un tambor donde giran una serie de aspas de acero de bordes afilados que realizan la operación.

RALLADO O MOLIDO

Tiene por objeto desmenuzar la pulpa y romper las paredes celulares para liberar los granos de almidón. La masa de yuca se oprime a presión contra una superficie movable rugosa, para lograr el máximo de extracción del almidón.

TAMIZADO

Se separan del almidón las partes fibrosas de la raíz que representan un 10-12% del producto inicial. Un remolido y retamizado de las fibras logra cierta recuperación de almidón.

CENTRIFUGADO

Tiene por objeto separar los granos de almidón del líquido en que está en suspensión y de otras impurezas coloidales.

Durante este proceso se agrega agua potable, para sustituir al líquido original. Se debe tener la precaución de que el agua empleada no sea dura (alta en calcio), ya que ésta deja oxalato de calcio en el producto terminado. Esta centrifugación va acompañada de una decantación.

DESHUMIDIFICACION

Este proceso baja el contenido de humedad del almidón de 30-35% a 10-12%.

CLASIFICACION

El almidón de yuca que se obtiene consiste en una masa dura, la que es necesario pulverizar mediante rodillos y luego cernirla. Se usa un tamiz de 100-200 mallas por pulgada, con la que se separan los grumos duros del almidón, las fibras y otras partículas. Este material vuelve a reprocesarse.

El almidón cernido se almacena en lugares secos.

ENSACADO

Esta operación se efectúa en sacos de papel de cubiertas múltiples, mediante máquinas que constan de un alimentador, que viene directamente de los depósitos de almacenamiento, de una romana y de una máquina o dispositivo cosedor. Los sacos son por lo general de 25 Kg de capacidad neta y llevan indicados el nombre del fabricante y otros requisitos que exija, ya sea el mercado nacional o internacional y las regulaciones oficiales del país de producción.

ESTABLECIMIENTO DE UNA FABRICA DE HARINA DE YUCA

REQUISITOS PREVIOS

Para el establecimiento de una fábrica de harina de yuca es indispensable contar, dentro de un radio de 40 Km del sitio de instalación, con recursos de suelos destinados a la producción de yuca y donde este cultivo pueda cosecharse en forma escalonada, para mantener un arrime de materia prima por un largo período del año. El período de receso de la fábrica debe coincidir con el período de máxima precipitación (2 meses). Caminos de fácil acceso aún en períodos de lluvia.

La fábrica debe localizarse en un punto donde haya abundantes recursos de agua, energía eléctrica y combustibles y exista también mano de obra, o que ésta sólo se debe trasladar de una corta distancia.

TIPOS DE FABRICAS

Las fábricas pueden ser medianas o grandes. Medianas, cuya capacidad de elaboración va desde 2,5 hasta 5 Ton/h de yuca fresca, siendo necesario operar dos turnos de trabajo de 8 horas cada uno, a fin de que la operación sea rentable; o sea, de 2-4 hectáreas por día de acuerdo al rendimiento. Grandes, con capacidad de elaboración mayores de 5 Ton/h de yuca fresca y producción de sobre 20 toneladas de harina por día.

CIFRAS DE OPERACION DE UNA FABRICA TIPO

Trabaja 3 turnos de 8 horas, por 250 días al año. La capacidad de elaboración es de 20 toneladas de harina de yuca por día, o 5000 toneladas por año, con 12% de humedad.

Raíces frescas para procesar por año	15.000 Ton
Area de producción, rendimiento 30 Ton/Ha (mínima superficie)	500 Has
Consumo de agua por año, 1,5 m ³ x Ton de harina (recircular)	7.500 m ³
Consumo de combustible, según cálculo se necesitan 170 lt x Ton de harina	850.000 lt
Consumo de energía eléctrica 40 Kw/h	240.000 Kw/h

En el consumo de combustible hay bastante disparidad entre los diversos autores y se indican las siguientes cifras: 38,8 lt x Ton de producto (Grace²); 151 lt x Ton de producto (D'Andrea³); 170 lt x Ton de yuca seca producida, suponiendo una eficiencia de 22% para el combustible valor deducido de acuerdo a lo señalado por Manurung⁶.

En caso de utilizar gas hay que hacer la conversión respectiva.

CUADRO No. 13.3. Inversión de capital.

1.	Valor de la tierra, 3 Has	15.000
2.	Edificios	418.000
	Acomodación del terreno	8.000
	Edificios para fábricas, silos, laboratorio, oficina taller, garage, romana	400.000
	cercado	<u>10.000</u>
3.	Equipo	1.950.000
	Costo del equipo	1.500.000
	Costo del montaje (20% costo equipo)	300.000
	Ingeniería y diseño (10% costo equipo)	<u>150.000</u>
4.	Imprevisto (10% del costo total)	<u>238.300</u>
	INVERSION TOTAL	<u>2.621.300</u>

CUADRO No. 13.4. Personal, sueldos y salarios.

	Mes Bs	Año Bs	Total Bs
1. Administración			66.000
1 Gerente	3.000	36.000	
1 Oficinista	700	8.400	
3 Guardianes Bs 15, día	450	16.200	
1 Aseador Bs 15, día	450	5.400	
2. Planta			97.500
1 técnico procesamiento y control de calidad	2.000	24.000	
1 mecánico-electricista	1.200	14.400	
3 capataces Bs 20, día	600	21.600	
10 obreros procesamiento Bs 15, día x 250 días		<u>37.500</u>	
			<u>163.500</u>
32% prestaciones sociales			<u>52.320</u>
Sueldos y salarios, anual			<u>215.820</u>

CUADRO No. 13.5. Utilidad estimada de una fábrica de harina de yuca de 5000 Ton anuales de producción.

Venta del producto		
5000 Ton de harina de yuca a Bs 550/Ton		Bs. 2.800.000
Costo estimado de producción, Bs 485,66/Ton		<u>2.525.950</u>
UTILIDAD NETA BRUTA		224.050
INTERESES DEL CAPITAL INVERTIDO		<u>10,45</u>

CUADRO No. 13.6. Costo de operación y capital de explotación de una fábrica de harina de yuca de 5000 Ton anuales de producción.

1.	Materia prima		1.950.000
	15.000 toneladas de raíces de yuca fresca a Bs 130/Ton		
2.	Material de operación y útiles		153.300
	850.000 lt de gas oil Bs 0,10	85.000	
	240.000 Kw/h Bs 0,07 (agrícola)	16.800	
	7.500 m ³ agua a Bs 0,20	1.500	
	Material de mantenimiento (3% del costo del equipo)	45.000	
	Materiales generales	<u>5.000</u>	
3.	Sueldos y salarios		215.820
4.	Gastos de ventas, Bs 5/Ton		25.000
5.	Impuestos y seguros (1% de la inversión de la planta)		23.830
6.	Depreciación, 10% del equipo y 2% de edificios		<u>158.000</u>
	COSTO TOTAL POR AÑO		<u>2.525.950</u>
	CAPITAL DE EXPLOTACION (a 3 meses de operación del costo)		<u>631.487</u>

OBSERVACIONES

Lo anterior muestra la importancia de rebajar el rubro: "inversión de capital", para pagar en esta forma un mejor precio a los productores, ya que al valor de Bs 130 la tonelada presenta un escaso margen de utilidad.

El valor de venta de Bs 560 la tonelada de yuca seca, se tomó considerando el precio del sorgo que reemplazará en las raciones para animales, más una adición por concepto de proteína.

El precio de la tonelada de sorgo en el mercado mundial es de Bs 650, y contiene un 10% de proteína. La harina de yuca seca que contiene un 4-6% de proteína, 40-60 Kg por tonelada, habría que adicionarla con un 5% de proteína, 50 Kg por tonelada. Esta proteína puede provenir de 250 Kg de harina de hojas de yuca con 20% de proteína, o de la fuente más corriente, es decir 125 Kg de harina

de ajonjolí que vale Bs 88,00. Lo anterior daría a la tonelada de yuca un 10% de proteína en Bs 593,19 y un margen de Bs 56,81 a favor de la alimentación animal a base de yuca.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Fabricación de equipos trozadores de raíces de yuca para secado al sol.
2. Nuevas técnicas para aumentar la eficiencia del secado al sol.
3. Sistemas de secado artificial de trozos de yuca de capital inicial bajo.
4. Sistemas sencillos de secado de follaje de yuca.
5. Características que debe reunir una harina de yuca para obtener un buen peletizado.

BIBLIOGRAFIA

1. CASSAVA, processing and storage. Edit. Araullo, E. V. Nestel B., y Campbell, M. Canada, International Development Research Centre, 1974. (Public. IDRC-031e). 125 p.
2. GRACE, M. Processing of cassava. Roma, FAO, 1971. 124 p. (Agric. Serv. Bull. 8).
3. INDUSTRIAS MAQUINA D'ANDREA S. A. Conjunto D'Andrea para raspa e fécula. São Paulo, Junio 1974. 4 p.
4. LOOMIS, R. S. y WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity. *Crops Science* 3:67-72. 1963.
5. MACDONALD, G. J. Energy and environment. In: *Energy, economic growth and the environment*. Ed. Schuur, H. Baltimore, John Hopkins University Press, 1972. pp. 100-110.
6. MANURUNG, F. Technology of cassava chips and pellets processing in Indonesia, Malaysia and Thailand. In: *Cassava, processing and storage*. Canada, International Development Research Centre, 1974. (Public. IDRC-031e). pp. 89-112.
7. PERRY, J. H. *Chemical Engineer's Handbook* – 2nd Ed. New York, Mc Graw Hill, 1941. 3029 p.

CAPITULO 14

LA YUCA EN LA ALIMENTACION ANIMAL

LA YUCA EN RACIONES PARA AVES

RESIDUOS DE RAICES DE YUCA

El primer trabajo conocido en alimentación de pollos en crecimiento con residuos de raíz de yuca es el de Tabayoyong^{7 6}, quien alimenta las aves con sólo los residuos de yuca por un periodo de 12 semanas, habiendo obtenido un crecimiento pobre, pero al mezclar este producto con afrecho y arroz mejoró el peso de los animales.

Squibb y Wyld^{7 3} no encontraron diferencia en la rata de crecimiento en los cuatro primeros experimentos, al reemplazar en raciones para pollitos: 10%, 20%, 37,5% y 42% de maíz por una harina producida con el residuo que queda después de extraer el almidón de la yuca con agua caliente. Pero en tres experimentos posteriores, la incorporación del mismo producto derivado del procesamiento de la yuca, resultó en una disminución del crecimiento, cuando se incorporó a niveles superiores al 30,5%.

HARINA DE RAICES DE YUCA

McMillan y Dudley^{3 6} efectuaron experimentos alimentando pollos y galli-pollos con raciones que contenían 20% y 40% de harina de raíz de yuca sin notar efectos nocivos para la salud de los animales, pero sí observaron desminución del crecimiento, especialmente con el mayor nivel utilizado. Igualmente Klein y Barlowen^{3 0} recomiendan no usarla en raciones para pollitos en más de 10%, ya que su incorporación a niveles superiores resulta en una disminución de peso y en un desmejoramiento de la eficiencia alimenticia, como resultado de una disminución del consumo. Wegner^{8 1}, obtuvo resultados satisfactorios al alimentar pollos de engorde con raciones que contienen 8% de harina de raíz de yuca.

Vogt^{8 0} reportó experimentos, en los cuales se estudiaron raciones para pollos de engorde con harina de raíz de yuca, incorporada a niveles hasta de un 30%. Este autor encontró disminución del creci-

miento en las primeras semanas de vida, cuando la harina de yuca se incorporó a niveles superiores al 10%, lo cual atribuyó al contenido de ácido cianhídrico de la yuca y/o a un inhibidor de enzimas (fosforilasas) presente en la corteza de las raíces. Recomendó la incorporación de este producto a niveles no superiores al 10% en raciones para pollos de engorde hasta la cuarta semana de vida, pero afirmó que después de esta edad se puede utilizar niveles más altos.

Soares^{7 2}, reemplazó harina de maíz por harina integral de yuca en raciones para pollos en crecimiento, desde 4,9% hasta 34,3% a lo que agregó niveles crecientes de harina de soya, para hacer las raciones isoproteicas. El observó una disminución de crecimiento significativo y estadísticamente, con los mayores niveles de sustitución.

Enriquez y Ross^{2 2} trabajaron con una variedad de yuca dulce, procedente de Centro América, con la cual prepararon harina (previo secado con aire forzado por 24 a 48 horas a 50° centígrados). Al incorporar este producto (sustituyendo al maíz), en raciones, cuya fuente proteica principal era la harina de soya, para pollitos Leghorn de un día de nacidos, a niveles de 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, encontraron que a pesar de haber una tendencia a menor incremento de peso, al aumentar la incorporación de yuca, sólo resultó en diferencias significativas, cuando el nivel llegó al 30%; pero al suplementar las raciones con 0,15% a 0,20% de metionina, el efecto del retardo de crecimiento desapareció, aún en las raciones en que la harina de yuca se incorporó al 50% del cereal.

Yoshida et al^{8 2} encontraron que aves jóvenes crecieron bien cuando se alimentaron con raciones con 10% de harina de raíz de yuca, pero los niveles superiores produjeron un retardo del crecimiento. El remojo de la yuca en agua durante toda la noche o el autolavado de la misma a 120 grados centígrados por una hora, fueron bastante significativos para mejorar la rata de crecimiento de las aves. Estos autores señalan el ácido cianhídrico presente en la harina de yuca a niveles de 36 ppm, como responsable del bajo rendimiento.

Olson et al^{5 4} suministraron a pollitos de un día de nacidos raciones en las cuales la harina de yuca brasileña substituyó al maíz a un nivel de 45%, con incrementos de 7,5%. Las raciones corregidas para aportar todos los nutrimentos en las cantidades requeridas se hicieron isoenergéticas (consideran para la yuca un valor de 3,9 Kcal de energía metabolizable por gramo) e isoproteicas, mediante el agregado de grasa animal y harina de soya. Encontraron un ligero retardo del crecimiento, no significativo estadísticamente, con los niveles de harina de yuca hasta el 30%. Con niveles superiores (37,5% y 45%) las diferencias fueron mayores y mostraron diferencias significativas.

Montilla et al^{5 1}, no encontraron diferencias para incremento de peso al comparar una ración iniciadora para pollitos de engorde a base de harina de maíz, ajonjolí y algodón, con otras dos, a las cuales se les incorporaron harina de raíz de yuca al 15% y 30%, en sustitución del maíz. Observaron un deterioro de la eficiencia alimenticia

hasta del 8% con el mayor nivel de incorporación, lo cual consideraron podía deberse, en parte, al carácter pulverulento que la harina de yuca confiere a las raciones, lo cual resulta en pérdidas importantes alimenticias por derrame fuera de los comederos.

Los autores reportaron incrementos de peso de 1,482; 1,521; 1,483 Kg y eficiencia alimenticia de 2,203; 2,151; 2,252 a la octava semana, en pollos de engorde que recibieron raciones del 0%, 15%, 30% de harina de raíz de yuca incorporada sustituyendo iguales porcentajes de harina de maíz, y a la que se le eliminó el carácter pulverulento mediante el agregado de 8% de melaza y 5% de grasa animal.

Armas y Chicco⁶ no encontraron diferencias, ni para incremento de peso ni para eficiencia alimenticia, al sustituir harina de maíz por harina de raíz de yuca hasta un 36% en raciones para pollos de engorde, cuyas fuentes proteicas eran las harinas de soya, ajonjolí y 8% a 16% de harinas de pescado y carne, en partes iguales. Cuando incorporan 54% de harina de raíz de yuca, el incremento de peso es afectado negativamente en un 8,1%. Los mismos autores reportaron que no hubo efecto de la suplementación de las raciones con lisina y metionina.

Tejada y Brambila⁷⁴ reportan que pollitos Leghorn, a los que suministraron raciones con niveles hasta el 50% de harina de yuca, crecieron tan bien como los alimentados con una ración a base de harina de maíz; pero la eficiencia alimenticia desmejoró a medida que se incrementó la incorporación de harina de yuca. Estos autores afirman, en base a observaciones propias que el pollito presenta más resistencia a la intoxicación por cianógeno que otras especies animales.

Montilla et al⁵² encontraron que al substituir la totalidad del maíz, en raciones iniciadoras y terminadoras para pollos de engorde, por harina de raíz de yuca, más 10% de melaza y la harina de oleaginosas necesarias para mantener el nivel proteico, el incremento de peso y la eficiencia alimenticia se deterioraron en un 8% y 12,5% respectivamente, pero afirman igualmente que el peso obtenido en la ración experimental, a las 8 semanas de edad (1,490 Kg) y la eficiencia (2,54) son compatibles con lo que ocurre a nivel comercial.

Maner y Santos³⁸ al incorporar 45% de harina de raíz de yuca secada al sol, sustituyendo harina de maíz, encontraron en pollos de engorde de 4 semanas de edad, que en las aves que recibieron la ración con yuca, el crecimiento y la eficiencia alimenticia se deterioraron en un 9,6% y 11,5% respectivamente.

Montilla et al⁵¹ compararon raciones para pollitos de engorde a los cuales se incorporaron uno de los siguientes tipos de harina de yuca: 1) preparado de una variedad dulce con 220 μg de ácido cianhídrico por 1 g en base fresca; y 2) preparado de una variedad amarga con 785 μg de ácido cianhídrico en base fresca; el incremento de peso en Kg y la eficiencia alimenticia fueron de 1,518 y

2,313 para las raciones sin yuca; 1,501 y 2,448 para las raciones con yuca dulce y 1,459 y 2,490 para las raciones con yuca amarga. Los autores consideraron que las diferencias entre los tratamientos no fueron mayores que las que resultaron cuando el maíz fue sustituido, en raciones similares por otros granos de cereales, por lo cual afirman que la harina de yuca, de variedades dulces o amargas, puede incorporarse a raciones iniciadoras y terminadoras para pollos de engorde, hasta en un 30%, dependiendo la decisión final del análisis económico y de la existencia de materias primas.

Enriquez y Ross^{2 2} y Olson et al^{5 4}, indicaron que las raciones a base de harinas de raíz de yuca y de soya deben suplementarse con metionina, debido a que el bajo contenido de proteína de la yuca, requiere de niveles altos de harina de soya, cuya proteína es bastante baja en metionina.

La situación es distinta cuando las fuentes proteicas principales son las harinas de ajonjolí y de algodón (como sucede en algunos países tropicales), las cuales tienen un contenido relativamente alto de metionina y los aminoácidos más limitantes que la lisina.

Calderón et al^{1 2} encontraron en trabajos con ratas, que la suplementación con 0,2% de metionina en raciones con 82% harina de yuca, incrementaron la rata de crecimiento, al consumo alimenticio y a la excreción de tiocianato en la orina.

Del análisis de la información sobre la utilización de harina de raíz de yuca en raciones para pollos de engorde, se desprende que la mayor parte de las investigaciones realizadas coinciden en que este producto puede incorporarse a raciones para pollos de engorde a nivel de 30% y aún superiores del total de cereales sin comprometer la capacidad productiva de las aves.

Puede afirmarse que el deterioro de la deficiencia alimenticia de magnitudes relativamente pequeñas que se reporta en algunos trabajos, cuando se utilizan altos niveles de harina de raíz de yuca no debe preocupar sobre todo el considerar que la mejor ración, no es aquella con la cual se logra el mayor incremento de peso y la mejor eficiencia alimenticia, sino aquella con la cual se logran incrementos de pesos y eficiencias alimenticias razonablemente buenas, al menor costo. Al respecto Guillén y Quintero^{2 7} afirman que en Venezuela el costo de producción de 1 Kg de maíz es de Bs 0,43, mientras que el de 1 Kg de yuca seca es sólo de Bs 0,21, siendo ambos componentes, a igualdad de peso, isocalóricos.

La información que existe sobre la utilización de harina de raíz de yuca en raciones para ponedoras es más escasa. Enriquez y Ross^{2 2} reportan que el suministro de raciones, cuya fuente proteica principal es la harina de soya, con contenido hasta del 50% de harina de raíz de yuca, a pollas, durante el período de 6 a 20 semanas de edad, no afecta la capacidad productiva de las gallinas, las cuales en el período de postura recibieron una ración sin yuca. Informan además que iguales niveles de harina de raíz de yuca en raciones para ponedoras

tampoco mostraron ningún efecto adverso, cuando se suministraron a pollas Leghorn durante el período de 20 a 40 semanas de edad.

Montilla et al^{5,2} al estudiar el efecto de la sustitución parcial (30% de la ración) y total (43% de la ración), de la harina de maíz por harina de raíz de yuca (otra parte del maíz fue sustituido por melaza, para evitar el carácter pulverulento que confiere la yuca a las raciones y por harina de ajonjolí para hacerlas isoproteicas) en raciones para cría, recría y producción, encontraron en un primer experimento, que los pesos corporales a la octava semana, al 50% de producción y el año de postura, no fueron afectados; la edad al 50% de producción, aumentó en las aves que recibieron las raciones con yuca, en aproximadamente 7 días y la eficiencia alimenticia para el mismo momento se deterioró, alrededor de un 10%. El porcentaje de producción, el peso de los huevos y la eficiencia alimenticia para la producción de éstos, no se afectaron por los tratamientos. En el segundo experimento realizado por los autores, los resultados son similares, pero encontraron pesos corporales al final del período de postura, inferiores en un 7,5% y en un 11,5% para las aves que consumieron las raciones con 30% y 43% de yuca, lo cual probablemente se debió, a un menor valor energético de la harina de yuca utilizada en este experimento, sobre todo considerando que las aves estuvieron restringidas a 100 gramos de alimento por día. La literatura existente, aunque escasa, indica que la harina de raíz de yuca puede sustituir totalmente al maíz en raciones para cría, recría y producción de ponedoras, sin afectar la capacidad productiva.

HARINA DE FOLLAJE DE YUCA

Menos abundante es la información que existe sobre la utilización del follaje de yuca en alimentos para aves. Echandi^{2,0} afirma que la harina de hojas de yuca, tratada con calor, es un buen sustituto de la harina de alfalfa para vacas lecheras. Ross y Enriquez^{6,5}, prepararon harina de hojas de yuca (incluido el peciolo) de un clon dulce producido de Centro América y de 11 a 15 meses de edad, secada a estufa, a 50°C., durante una noche. La harina tenía la siguiente composición: humedad 11,3%, cenizas 11,1%, proteína cruda 14,8%, grasa cruda 7%, fibra cruda 15,2%, elementos libres de nitrógeno 40,5% y caroteno 70,4 mg/Kg.

La incorporación de esta harina a raciones para pollitos Leghorn blancos a niveles de 3%, 5% 10%, 15% y 20%, resultó en retardo del crecimiento, a partir del 5%, que aumentó con el nivel de incorporación, llegando a ser a tres semanas de vida del 11,8%. Algo parecido ocurrió con la eficiencia alimenticia que pasó de un 1,95 con el 3% a 2,54% (30%, 2% de deterioro) con el 20%.

Los mismos autores, reportaron otros experimentos en que lograron incrementos de peso y eficiencia alimenticia similares a la del testigo, cuando las raciones con 15 y 20% de harina de hojas de yuca

se suplementaron con 0,15 y 0,20% de metionina y 3% de aceite de maíz. En estos últimos experimentos utilizaron harina de follaje de yuca de la misma procedencia, pero de cultivos más nuevos y por lo tanto con mayor contenido de proteína (18,50%); concluyeron informando que la metionina es el primer factor limitante y la energía el segundo, en raciones para pollitos que contienen harina de hojas de yuca.

Montilla et al⁵¹ no encuentran diferencias en incremento de peso, eficiencia alimenticia y grado de pigmentación cuando comparan raciones con 2,5% de harina de follaje de yuca y con igual contenido de harina de alfalfa en raciones para pollos de engorde.

La utilización del follaje de yuca en raciones para aves requiere investigación adicional a objeto de definir las posibilidades reales.

LA YUCA EN RACIONES PARA CERDOS

INTRODUCCION

Se considera el cerdo doméstico (*Sus scrofa*) como la especie animal con las mejores disposiciones biológicas para producir carne y grasa, gracias a su gran poder digestivo y de asimilación de los alimentos, en comparación con otras especies domésticas. Perteneció a la clase de los monogástricos de estómago simple pero debe resaltarse que la capacidad de su estómago es relativamente grande en relación con su peso corporal, de tal manera que un cerdo de aproximadamente 100 Kg posee una capacidad de 7-8 lt, la cual es bastante elevada si se le compara con un caballo de aproximadamente 500 Kg, cuyo estómago tiene una capacidad de 10 lt. Si desde pequeño se le suministra alimentos voluminosos, se puede aumentar bastante su capacidad gástrica.

El cerdo es un animal omnívoro, en su alimentación. Esta característica sumada a sus requerimientos nutritivos tan complejos, facilita el que se le puede alimentar con los más variados productos y subproductos vegetales y animales, y con las combinaciones más diversas de ellos, por lo cual puede adaptarse por completo a las disponibilidades locales de alimentos.

La alimentación racional del cerdo consiste en suministrarle en forma adecuada y lo más económicamente posible, sus requerimientos nutritivos para obtener mayor producción al menor precio, pero manteniendo la salud y el desarrollo normal de los animales. Esto se logra en la práctica, escogiendo los alimentos de acuerdo a su valor nutritivo y a su costo de producción o precio en el mercado. Existe una gran variedad de alimentos que emplean en la alimentación de los cerdos, los cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- a. granos y cereales (maíz, sorgo, arroz, soya, maní, etc.);
- b. raíces y tubérculos (yuca, batata, ñame, ocumo, etc.);

- c. forrajes verdes (alfalfa, follaje de yuca, pangola, etc.);
- d. subproductos de origen animal (harina de carne, harina de sangre, harina de pescado);
- e. subproducto de origen vegetal (harina de algodón, harina de coco, melaza, etc.);
- f. frutos (banano, moriche, mango, etc.).

En este Capítulo se analizarán las perspectivas de la yuca en la alimentación de cerdos, en las diferentes etapas de su desarrollo (iniciación, crecimiento, engorde y lactancia). Como en todas las raíces y tubérculos, el contenido en extractos libres de nitrógeno en la yuca es alto (almidón y azúcares), y el contenido de celulosa bajo, lo cual contribuye a que sea un alimento de fácil digestión, y por lo tanto bien utilizado por los cerdos; contiene aproximadamente entre el 65-68% de agua y su tenor de proteína es bajo, al igual que su contenido de grasa, calcio y fósforo. Todo esto indica que la yuca debe ser acompañada por suplementos que corrijan sus deficiencias, con el fin de obtener buenos rendimientos.

En líneas generales, la yuca constituye un recurso extraordinario para la cría porcina, ya que esta especie aprovecha mejor que cualquier otra, los alimentos ricos en carbohidratos y pobres en celulosa.

La alimentación representa entre el 75-85% del costo de producción de la carne de cerdo. Por lo tanto, debe emplearse un sistema de manejo y alimentación adecuado, con el fin de reducir los costos, para lograr un aprovechamiento integral de las cualidades genotípicas del animal y de los alimentos disponibles. Para poder formular raciones que satisfagan las exigencias nutritivas de los animales, es necesario conocer la composición y el valor de los distintos alimentos que se van a emplear. Estos se clasifican en plásticos y energéticos, por sus funciones en el cuerpo del animal. Los primeros, están destinados a formar la materia viva, reponiendo las pérdidas que se experimentan continuamente y produciendo nuevos tejidos o productos, entre este grupo se encuentran las sustancias nitrogenadas y los minerales. El segundo grupo lo constituyen las grasas y los carbohidratos, que proporcionan la energía térmica necesaria.

Los cerdos necesitan para el crecimiento y desarrollo, cantidades mayores de energía que de proteína. Si la energía es deficiente, el animal utiliza parte de la proteína para completar su metabolismo energético, lo cual repercute negativamente en la formación de huesos, sangre y desarrollo del tejido muscular.

En los países tropicales, la fuente energética utilizada en raciones para cerdos es principalmente el maíz.

Sin embargo, este cereal presenta serios inconvenientes debido por una parte, a su precio elevado y producción insuficiente y por la otra, a la creciente demanda por parte de la población humana.

La posibilidad de utilizar la yuca como alimento para los cerdos, fue puesta en evidencia por Frateur, en 1913, citado por Pynaert^{6 2}

al informar los resultados de experimentos realizados en alimentación en Zaire. Gaspar²⁶ en 1966, lo recordó al decir: "es muy probable que la yuca al igual que el maíz y el banano, podrían, si fuera combinados con pasto, servir para alimentar los cerdos, pero se necesitan realizar más ensayos antes de que se pueda estar seguros".

Alba² utilizó un 15% de yuca cruda de nueve variedades, en raciones para cerdos, y obtuvo resultados tan buenos como los conseguidos con maíz y otros granos; sin embargo, al utilizar una proporción del 20%, disminuyó la ganancia diaria de peso y desmejoró la conversión alimenticia.

Asico⁷ al hacer comparaciones entre la yuca con el maíz, encontró que la yuca tenía un valor de sustitución del 95% sobre el maíz en relación al índice de conversión.

Posteriormente Alvarez y Alvarado³ calcularon el valor de sustitución de la yuca con respecto al maíz para el mismo parámetro y encontraron que para la etapa de crecimiento fue de 86,2% y para la de engorde de 96,2%.

Thompson⁷⁵ informó que a pesar de que el maíz es el alimento más común de los cerdos criados para consumo local en Africa Occidental, los cerdos alimentados con yuca son de superior calidad y presentan una grasa más firme y una distribución uniforme del tejido muscular.

CUADRO No. 14.1. Raciones para cerdos en crecimiento y para madres (Thompson⁷⁵).

Ingredientes	Cerdos en crecimiento	Madres
Yuca hervida (materia seca)	40%	40%
Maíz	15%	5%
Granos de destilería	12%	12%
Harina de leguminosa	20%	15%
Harina de maní	10%	10%
Harina de palma	—	15%
Minerales	3%	3%
Total	100%	100%

La superioridad de la grasa de los cerdos alimentados con yuca fue confirmada por Ayre-Smith⁹ y Alvarez y Alvarado³. Rocha³⁷ escribió sobre la harina integral de raíz de yuca, su fabricación y utilización en la alimentación animal y recomendó lavar las raíces, esparcirlas en el suelo y cortarlas con machete, dejándolas al sol aproximadamente por 5 días, luego molerlas y almacenarlas en forma de harina. Para hacer la composición de la yuca semejante a la del maíz, acon-

seja adicionar 90 Kg de harina de yuca y 10 Kg de harina de maní. Este problema también fue planteado por Kok y Ribeiro^{31,32}, cuando compararon harina de yuca con harina de maíz. En un primer ensayo encontraron que el maíz podría ser sustituido por la harina de yuca cuando se le adicionó harina de algodón (85 Kg de harina de yuca y 15 Kg de harina de algodón equivalen aproximadamente a la misma cantidad de proteína ofrecida por 100 Kg de maíz).

En el segundo experimento utilizaron dos raciones isoproteicas semejantes a las del primero; las ganancias obtenidas en las raciones con harina de yuca fueron más rápidas y tan eficientes como las que obtuvieron a base de harina de maíz. Finalmente resaltaron el bajo tenor proteico de la harina de yuca y recomendaron incluir en las raciones mayor porcentaje de alimentos ricos en proteína para corregir esta deficiencia.

De acuerdo con Oyenuga⁵⁵ la yuca es ampliamente utilizada en la alimentación de cerdos, vacunos, ovinos, y caprinos y particularmente parece gustarle mucho a los cerdos. Sugiere que las raíces puedan suministrarse tanto crudas como cocidas, pero se deben combinar con otras materias primas tales como: harina de torta de maní, harina de torta de palma, sorgo, maíz, harina de sangre y sales minerales, para mejorar su valor nutritivo, como ya lo habían recomendado Kok y Ribeiro^{31,32} y Rochas⁶⁴.

Peixoto⁵⁹ ensayó con la raíz de yuca y encontró buenos resultados tanto en ganancia diaria como en valor de conservación. Torres⁷⁷ demostró la posibilidad de emplear una mezcla de harina de yuca y maíz durante los períodos de crecimiento y engorde de cerdos. Becker¹¹ al igual que Rocha⁶⁴ describieron el uso de la yuca en la alimentación de los animales, por su aporte en carbohidratos. Pinheiro⁶¹ hizo resaltar la buena palatabilidad de la raíz de yuca cruda cuando se suministró a los cerdos en las fases de terminación y gestación. El autor recomienda moler las raíces para facilitar el mezclado, pero considera que es más conveniente cortarlas antes en rodajas delgadas, secarlas al sol o en el deshidratador y triturarlas.

En los últimos años, los investigadores de Singapur: Muller, Chou y Nah⁵³ realizaron varios experimentos y encontraron que la sustitución del maíz por harina de yuca en un 40-75% del total, no ejerce efectos nocivos para los cerdos, sin embargo, las raciones basadas en yuca y suministradas en forma de harina no son muy apetecibles. Al granular o peletizar el alimento, el consumo fue mayor que el de las raciones a base de maíz. Estos investigadores concluyen que el rendimiento, estado general del animal y la calidad de los canales no son afectados significativamente, independiente de la cantidad de harina de yuca, cuando se suministró granulado y debidamente balanceado.

Hasta ahora, el objeto principal de los experimentos donde han utilizado harina de yuca ha estado orientado principalmente a sustituir en forma parcial o total al maíz y en un grado mucho menor, al arroz y al sorgo.

La sustitución parcial o total de un alimento por otro más barato, es necesario siempre y cuando resulte beneficioso y se realice progresivamente. Además la sustitución debe satisfacer las siguientes condiciones: 1) los alimentos deben contener más o menos la máxima cantidad de principios nutritivos digestibles; 2) tener una relación nutritiva semejante; 3) contener la misma cantidad de celulosa.

Generalmente la simple comparación entre la composición de los alimentos y su precio es suficiente para darle preferencia a uno u otro. En el caso de sustituir la harina de maíz por harina de raíz de yuca, la diferencia proteica se compensa al mezclar la harina con alimentos ricos en proteína como lo señalaron Rocha^{6,4} y Oyenuga^{5,5}

Montaldo^{4,6} señala que la yuca para la alimentación animal puede emplearse bajo las siguientes formas: yuca cruda (raíces), yuca cocida (raíces), harina integral de raíz de yuca, y heno de hojas de yuca.

También se pueden utilizar los residuos de fabricación de almidón. Además se debe agregar el ensilado de las raíces de yuca, el que también, en algunos casos, se prepara con una combinación de raíces frescas, tallos y hojas.

RAICES DE YUCA FRESCA Y HARINA

Período de iniciación

Ya Leroy y Francois^{3,4} indicaron que la yuca debería ser el alimento preferido de los becerros y lechones, por su fácil digestión.

Aumaitre⁸ en dos experimentos en donde utilizó lechones destetados precozmente, estudió el valor nutritivo de la yuca y de diferentes cereales (cebada, avena descortezada y maíz) en sustitución del trigo en la ración basal, sobre el crecimiento, eficiencia alimenticia y la digestibilidad de los principales elementos de las raciones.

Los mejores resultados se obtuvieron con yuca y cebada (416 g y 386 g de incremento diario, contra 360 g para el trigo). Estos resultados pudieron ser un efecto de la condición sanitaria de los lechones ya que en esos lotes la diarrea disminuyó notoriamente.

La digestibilidad aparente para todos los elementos de la dieta varió de acuerdo al tipo de cereal utilizado. La yuca mejoró la digestibilidad en un 4-5% en comparación con el trigo y disminuyó la frecuencia de la diarrea después del destete. La energía de digestibilidad encontrada para yuca fue de aproximadamente 4200 Kcal superior a la del trigo, la cebada y la avena descortezada.

Período de crecimiento

Barbosa^{1,0} al sustituir los subproductos del trigo por harina de raíz de yuca en raciones para cerdos en crecimiento, concluye que la harina de raíz de yuca mezclada con harina de maíz puede sustituirlos totalmente.

Maust, Pond y Scott^{4 1} utilizaron cerdos en crecimiento, para determinar el valor alimenticio de dietas que contenían: harina de yuca y afrecho de arroz como principales fuentes de energía, comparada con una ración en la cual el maíz constituía la principal fuente de energía y para comparar el efecto de la suplementación con Zn en la ración con yuca y afrecho, sobre la incidencia de paraqueratosis y sobre la digestibilidad de la energía.

En la dieta control (maíz), los cerdos ganaron más peso y convirtieron los alimentos más eficientemente que los que consumieron la ración experimental. Esto confirmó los resultados obtenidos previamente por Maust, Warner, Pond y Mc Dowell^{4 3}. Los cerdos alimentados con la ración experimental, tuvieron durante los primeros 10 días, un comportamiento normal, después de este período, presentaron diarrea y pequeñas lesiones en la piel; el consumo declinó y el peso vivo disminuyó; al final de la tercera semana, se originó una paraqueratosis severa en todos los cerdos, menos en el lote control, aunque el contenido de zinc era bastante similar en ambas dietas.

La suplementación de la mitad de los cerdos con paraqueratosis (52 ppm de $ZnCO_3$) incrementó la ganancia de peso. Los autores concluyen que la mezcla de harina de yuca y afrecho de arroz (40% y 29%, respectivamente), cuando se suplementa con Zn, para combatir la paraqueratosis, tiene un valor aproximadamente igual al maíz como fuente de energía, para cerdos en crecimiento de acuerdo a los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de la energía bruta, estimados en la dieta completa.

Alvarez y Alvarado⁴, condujeron un experimento con el fin de evaluar las posibilidades de reemplazar parcial o totalmente al maíz por harina de yuca deshidratada (Cuadro 14.2).

Los tratamientos constituidos por raciones con 0 (control); 12; 24,5; 36,5 y 48% de harina de yuca deshidratada, fueron distribuidos según un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. El análisis estadístico de la ganancia diaria de peso, consumo de alimentos, conversión alimenticia, y costo del kilogramo de peso ganado por concepto de alimento, no reveló diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos.

Las raciones con 12% y 48% de yuca produjeron los mayores incrementos de peso. El costo por concepto de alimento, fue inferior en un 10,2 y 16,3% con las dietas que contenían 12 y 48% de yuca (25 y 100% de sustitución) respectivamente, en comparación con la ración control.

Como se puede observar, sustituyendo al maíz en 25%, 50%, 75% y 100% de la ración total por harina de yuca, se obtuvieron resultados satisfactorios. Los autores recomiendan la incorporación de yuca en la alimentación porcina, cuando se pueda adquirir a precios bastante inferiores a los del maíz.

CUADRO No. 14.2. Efecto de la sustitución del maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada en raciones para cerdos en crecimiento (Alvarez y Alvarado⁴).

CARACTERES ESTUDIADOS	RACIONES				
	MAIZ	YUCA			
		25%	50%	75%	100%
Ganancia diaria, g	703	720	689	651	717
Alimento consumido, Kg	89,393	86,423	86,570	89,180	87,910
Conversión de alimentos, Kg	3,080	2,870	3,020	3,300	2,950
Costo x Kg de ganancia, Bs	1,47	1,32	1,35	1,42	1,23

Período de engorde o terminación

Ya para 1927, Mondoñedo^{4 5}, había demostrado que la yuca fresca, pelada y cocida, era un sustituto parcial del maíz. El autor estima que tres partes de yuca descortezada (equivalente a dos partes de yuca entera) tienen aproximadamente el mismo valor nutritivo que una parte de maíz.

Leite^{3 3} comparando la yuca (fresca, molida y cocida) con araruta (*Maranta arundinacea*) como alimento en el engorde de cerdos, encontró que la primera fue superior a la segunda, en cuanto a valor nutritivo y preferencia por parte de los animales.

Alba¹, realizó un ensayo comparativo con raciones a base de yuca, maíz y banano, en las proporciones de 50 – 70 y a voluntad, respectivamente. Los que recibieron yuca consumieron más que los otros, pero los que recibieron maíz, presentaron la mayor conversión.

Chicco, Garbati, Mueller y Vecchionace^{1 9} sustituyeron el maíz por harina de yuca hasta un nivel de 58,5%. Al pasar del 40%, la ganancia de peso disminuía, pero la eficiencia del alimento a nivel de 48% y 58% siguió siendo la misma. No encontraron diferencia en cuanto a la digestibilidad de la materia orgánica y retención de nitrógeno entre los tratamientos. Estos resultados concuerdan con los de Mejía^{4 4} y Oyenuga^{5 7}. Mejía^{4 4} encontró que las raciones que contenían 40% de yuca eran muy eficientes.

Oyenuga^{5 7}, al tratar de determinar niveles óptimos de harina de yuca, observó que cuando el porcentaje de yuca en la dieta era mayor, menor era la disponibilidad de nitrógeno, calcio, y fósforo por lo que se considera probable que esto sea el motivo del menor peso.

Alvarez y Alvarado⁵, sustituyeron la harina de maíz por cuatro niveles de harina de yuca, usando un control y 9%, 18%, 27% y 36%. Los resultados que se muestran en el Cuadro 14.3 indican que las raciones utilizadas tuvieron un comportamiento similar y no se en-

contraron diferencias estadísticamente significativas al nivel del 5%, con respecto a ninguna de las características de producción consideradas.

CUADRO No. 14.3. Efecto de la sustitución de harina de maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada en raciones para cerdos en engorde (Alvarez y Alvarado⁵).

CARACTERES ESTUDIADOS	RACIONES				
	MAIZ		YUCA		
	36%	9%	18%	27%	36%
Ganancia diaria, g	870	910	919	880	835
Alimento consumido, Kg	142,330	135,170	152,830	145,500	134,700
Conversión alimentos, Kg	4,600	4,200	4,630	4,740	4,570
Costo p/Kg de ganancia, Bs	1,89	1,68	1,766	1,79	1,68

No obstante, los aumentos de peso fueron mayores con las raciones que contenían 9% y 18% de harina de yuca, y el costo por concepto de kilogramos de peso ganado fue menor con las raciones con 9% y 36% de yuca. En cuanto a la calidad de las canales (ver Cuadro 14.4) el análisis estadístico de los valores del espesor de la grasa dorsal y punto de fusión de la misma, no reveló diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

CUADRO No. 14.4. Efecto de la sustitución del maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada sobre la calidad de las canales porcinos (Alvarez y Alvarado⁵).

CARACTERISTICAS ESTUDIADAS	RACIONES				
	MAIZ		YUCA		
	36%	9%	18%	27%	36%
Peso final promedio, Kg	97,50	97,80	97,40	97,60	96,70
Peso de la canal, Kg	73,50	74,50	70,83	72,17	70,50
Rendimiento, %	76,61	76,02	73,95	75,24	74,13
Espesor de la grasa dorsal cm	4,13	3,80	3,87	3,57	3,73
Punto de fusión °C	37,33	37,83	37,42	37,17	37,92

A pesar de ello, los cerdos que recibieron raciones con harina de yuca, mostraron canales con menor cantidad de grasas, especialmente los que recibieron una ración de 27% de yuca.

En conclusión, la harina de raíz de yuca, produjo resultados satisfactorios, en comparación con la dieta control de maíz. Resultados similares fueron obtenidos por Kok y Ribeiro¹⁹.

Período de crecimiento-engorde en conjunto

Oyenuga y Opeke⁵⁶, son de la opinión de que la yuca es el alimento disponible más económico para la alimentación animal en Nigeria. Indicaron que la yuca hace la producción porcina, más halagadora en un país donde se nota la deficiencia en proteína animal.

En sus experimentos encontraron que tanto la yuca cruda como la cocida, son tan eficientes como el maíz. Al comparar el incremento de peso por Kg de materia seca consumida, para un período de 63 días los mejores resultados se lograron con la yuca cruda; pero en un período de 140 días, la yuca cocida se comportó igual al maíz, aunque el cocimiento elevó su costo. Los cerdos que consumieron yuca, acumularon más grasa que los controles, pero no hubo diferencias, en cuanto a calidad de la grasa, la cual fue alta con las tres raciones.

French²⁵, en un ensayo empleó tres niveles de harina de yuca, reemplazando el maíz en idénticas proporciones. Para balancear la deficiencia de proteína, aumentó la cantidad de harina de carne. No se observaron diferencias significativas entre los cerdos alimentados con la ración control a base de maíz y harinilla de trigo. Velloso, et al⁷⁹, en un ensayo de crecimiento y engorde, sustituyeron parcial y totalmente el maíz por la harina integral de yuca secada al sol y molida; y concluyeron que a medida que la proporción de yuca aumenta, la ganancia de peso y conversión empeoran. Oyenuga⁵⁵, dio una explicación a este hecho y Chicco et al¹⁹, corroboran en parte, estos resultados.

Peixoto⁶⁰, en un estudio comparativo entre yuca y maíz, concluyó que los animales alimentados con harina de yuca, adquirieron un peso de matadero, más lentamente (aproximadamente un 30% más bajo), pero esto permitió la obtención de canales con menos carne y más grasa de consistencia firme y con rendimientos más elevados (3,8%). El consumo de yuca fue inferior al del maíz.

Shimada, Peraza y Cabello⁶⁸, en dos experimentos, emplearon yuca secada al sol y molida. En el primer experimento (engorde) la inclusión de niveles de harina de yuca hasta 44% produjo ganancias similares a las obtenidas con la ración control (maíz-pasta de soya), sin embargo, cuando aumentaron la proporción de harina de yuca hasta 66% hubo una reducción significativa en la ganancia diaria promedio. Las conversiones siguieron la misma tendencia siendo la ración de 44% la más eficiente y la de 66% la menos eficiente.

CUADRO No. 14.5. Respuesta de cerdos en finalización, alimentados a base de harina de yuca (Shimada, Peraza y Cabello^{6,8}). Experimento No. 1.

Características estudiadas	Harina de yuca			
	0%	22%	44%	66%
Ganancia promedio, Kg	0,874	0,839	0,895	0,766
Consumo/Ganancia	3,89	4,00	3,72	4,28

En el Experimento No. 2 (crecimiento) encontraron que los cerdos crecieron más rápidamente con la ración baja que con la alta (% de harina de yuca), cuando no se adicionó aceite de maíz; al agregarle el aceite, los animales que consumieron la dieta alta en yuca, crecieron más rápidamente que los del nivel bajo, pero no se detectaron diferencias significativas entre los efectos principales y las interacciones. En el Cuadro 14.6 se resumen los resultados de este experimento.

CUADRO No. 14.6. Respuesta de cerdos en crecimiento alimentados a base de harina de yuca (Shimada, Peraza y Cabello^{6,8}). Experimento No. 2.

Características estudiadas	Harina de yuca			
	Alto %	Bajo %	Alto % más aceite	Bajo % de maíz
Ganancia promedio, Kg	0,663	0,759	0,719	0,640
Consumo/Ganancia	2,70	2,43	2,56	2,61

También estimaron los coeficientes de digestibilidad aparente de las raciones con 0%, 22%, 44% y 66% de harina de yuca. Los niveles de 22% y 44% presentaron coeficientes superiores a los demás.

Como conclusión sugieren que la harina de yuca puede utilizarse como componente energético de raciones balanceadas para cerdos en crecimiento y engorde en las zonas tropicales donde la producción de cereales es problemática.

En el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, se realizan varias investigaciones para determinar el valor alimenticio de la yuca en la alimentación porcina; allí se emplean: la harina integral de raíz de yuca, la yuca fresca y el ensilaje de yuca.

Maner³⁷ recopiló toda la información disponible, la cual se tratará de resumir. En cerdos en crecimiento y acabado, realizaron cinco experimentos: los tres primeros demostraron la eficiencia de la torta de soya o combinada con la torta de algodón, como suplemento proteico; debido a que la soya no es una leguminosa abundante, diseñaron un cuarto experimento para evaluar una gran variedad de fuentes potenciales de proteína, como suplemento para la yuca, con el fin de garantizar la aplicación de los resultados obtenidos. La composición de los distintos suplementos proteicos se muestran en el Cuadro 14.7.

CUADRO No. 14.7. Composición de los concentrados para suplementar dietas a base de raíz de yuca fresca para cerdos en crecimiento y acabado (Maner³⁷).

INGREDIENTES %	CONCENTRADOS					
	1	2	3	4	5	6
Maíz	11,20	26,80	11,20	33,00	25,00	29,60
Torta de soya	78,10	---	---	---	---	---
Harina de carne	---	70,50	---	44,30	21,30	---
Harina de sangre	---	---	---	20,00	20,00	---
Torta de algodón	---	---	78,10	---	30,00	30,00
Harina de huesos	8,00	---	8,00	---	1,00	1,00
Vitaminas y minerales	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Harina de pescado	---	---	---	---	---	36,70
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Análisis de proteína cruda %	43,00	39,44	37,75	48,50	44,69	40,25

En este experimento la raíz de yuca se suministró fresca y los suplementos proteicos a libre escogencia, en comederos individuales; en total fueron seis tratamientos con dos repeticiones. Los resultados se resumen en el Cuadro 14.8.

CUADRO No. 14.8. Comportamiento de cerdos en crecimiento y acabado, alimentados con suplementos proteicos de diferentes fuentes (Maner³⁷).

TRATAMIENTO	Ganancia diaria g	Consumo promedio Kg yuca fresca (*)	Consumo promedio diario Kg suplemento	Alimento Aumento (**)
Yuca fresca molida + torta				
de soya (TS)	723	4,000	0,800	3,25
Harina de carne (HC)	684	3,400	0,780	3,07
Torta de algodón (TA)	592	3,130	0,790	3,38
HC + Harina de huesos (HH)	728	3,880	0,940	3,32
HC + HH + TA	724	4,000	0,900	3,38
TA + Harina de pescado (HP)	679	4,080	0,790	3,47
Promedio	687	3,750	0,830	3,31

(*) Expresado en base a 65% de humedad y 35% de materia seca.

(**) Calculado en base a 10% de humedad.

Los cerdos alimentados con raíz de yuca fresca molida con un suplemento proteico de buena calidad presentaron un comportamiento similar y satisfactorio. Las ratas más lentas de crecimiento fueron obtenidas con los suplementos que contenían combinaciones de torta de soya, harina de carne y harina de sangre o, harina de carne y torta de algodón.

Se registraron aumentos significativamente menores cuando la torta de algodón se administró como única fuente de proteína. El consumo promedio de yuca fresca molida fue similar entre la mayoría de los grupos, excepto en aquellos que recibieron la harina de carne y torta de algodón. El consumo promedio diario del suplemento proteico fue de 0,830 Kg para todos los tratamientos y similar para todos los grupos.

Además de la raíz de yuca fresca, también utilizaron la harina de raíz de yuca deshidratada, con el fin de medir su valor como fuente de energía y como sustituto del maíz en raciones para crecimiento y engorde; en este experimento la harina de yuca sustituyó en 33,66% el maíz en la dieta basal. La composición de las dietas se muestra en el Cuadro 14.9.

CUADRO No. 14.9. Composición de las dietas experimentales conteniendo diferentes niveles de harina de raíz de yuca (Maner³⁷). Experimento No. 5.

INGREDIENTES	DIETAS %							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Yuca seca molida (*)		25,72	48,65	69,25	—	21,70	41,04	58,26
Maíz amarillo molido	81,31	51,43	24,33	—	69,00	43,38	20,52	—
Torta de soya	7,69	11,85	16,02	19,75	10,00	13,92	14,45	20,74
Torta de algodón	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Melaza de caña	—	—	—	—	10,00	10,00	10,00	10,00
Harina de huesos	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Premezcla de vitaminas y minerales	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(*) Secada en horno de aire forzado a 82°C.

Un resumen de los resultados del experimento se presenta en el Cuadro 14.10.

CUADRO No. 14.10. Influencia del nivel de harina de raíz de yuca en el comportamiento de cerdos en crecimiento-acabado (Maner³⁷).

Resultados tratamientos*	Promedio aumento diario Kg	Consumo diario alimento Kg	<u>Alimento</u> <u>Aumento</u>
1. Basal	0,772	2,68	3,47
2. 25,72% yuca	0,744	2,66	3,57
3. 48,65% yuca	0,743	2,79	3,76
4. 69,25% yuca	0,708	2,48	3,49
5. Basal + 15% melaza	0,888	3,38	3,84
6. 21,70% yuca + 10% melaza	0,827	2,95	3,56
7. 41,04% yuca + 10% melaza	0,777	3,00	3,85
8. 58,26% yuca + 10% melaza	0,767	2,73	3,54

(*) Seis cerdos por tratamiento; 111-días de experimento; promedio de peso inicial, 18,5 Kg, y promedio final, 104,8 Kg.

Como puede observarse la conversión alimenticia no fue muy diferente entre los tratamientos.

Cada aumento en el nivel de harina de yuca en la ración, resultó en una disminución del aumento promedio diario de peso, ya sea sin o con 10% de melaza.

Agregando 10% de melaza, el consumo promedio diario de alimento aumentó a 13,7% y resultó un 9,8% de aumento en la ganancia diaria, cuando se compararon los tratamientos con o sin melaza.

Es probable que la disminución del aumento diario de peso estuvo asociada con la fracción de yuca en la dieta, puesto que la calidad total de la proteína se mejoró en las dietas a base de yuca.

Alvarez y Alvarado³, emplearon una ración a base de harina de yuca, en comparación con otra de maíz, en la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde (Cuadro 14.11).

Las raciones de crecimiento y engorde suministrados al lote No. 1 fueron preparadas con maíz, afrechillo de trigo, harina de carne, harina de pescado, torta de ajonjolí, torta de algodón, melaza y una premezcla de antibióticos, vitaminas y minerales. En las raciones dadas al lote No. 7, la yuca sustituyó al maíz totalmente, ajustándose la harina de ajonjolí y la grasa animal, para mantener las raciones isoproteicas e isoenergéticas.

CUADRO No. 14.11. Efectos de la sustitución del maíz por harina de raíz de yuca en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. Para ocho animales (Alvarez y Alvarado³).

Resultados	Raciones a base de maíz	Raciones a base de yuca
Peso inicial, promedio, Kg	36,940	36,880
Peso final, promedio, Kg	95,130	89,250
Aumento promedio diario en el período total, por animal, g	766	689
Consumo promedio de alimento en el período total de animal/día, Kg	2,800	2,650
Conversión de alimentos en el período total, Kg	3,66:1	3,85:1
Calidad del canal (sin cabeza): rendimiento promedio por animal % (*)	70,70	70,87
Espesor promedio de la grasa dorsal cm	3,54	3,39

(*) En base a peso vivo en la granja.

El régimen a base de maíz permitió a los animales una velocidad de crecimiento 11% superior en comparación al régimen a base de yuca. La diferencia observada entre los dos lotes se explica por menor consumo de alimento por parte de los cerdos mantenidos con yuca, especialmente en la etapa comprendida entre 36 y 65 Kg de peso vivo.

En cambio, a partir de los 65 Kg la ganancia de peso diario y el consumo de alimentos adquirieron valores aproximados en ambos regímenes. Lo que coincidió con la eliminación del carácter pulverulento de la ración a base de yuca, que en la etapa de engorde contenía 5% más de melaza. La conversión de alimentos también disminuyó en 5,1%, siendo de 3,66:1 para el maíz y de 3,85:1 para la yuca (en crecimiento, 3,31:1 y 3,39:1 para el maíz y yuca; y en engorde 4,66:1 y 4,60:1 para el maíz y yuca respectivamente).

Los animales que consumieron la ración a base de yuca produjeron canales firmes y de mejor calidad, con un espesor promedio de la grasa dorsal de 3,39 cm frente a un promedio de 3,54 cm en los cerdos alimentados con la ración que contenía maíz. El rendimiento en canal fue de 70,70% y 70,87% para las raciones a base de maíz y yuca, respectivamente.

A la luz de estos resultados, la sustitución total del maíz por yuca en raciones para cerdos en crecimiento-engorde, se revela interesante a partir de los 65 Kg de peso vivo, alcanzando un valor de reemplazo de 100%.

Período de gestación

Con el fin de probar la yuca fresca en raciones para gestación, Maner^{3 7} realizó otro experimento, utilizando 30 hembras y tres tratamientos (Cuadro 14.12):

- 1) Cerdos en pastoreo, que consumían 1 Kg de una ración a base de maíz y torta de soya, con 16% de proteína.
- 2) Cerdos en pastoreo, que recibían 1,7 Kg de yuca fresca molida y 0,400 Kg de un suplemento proteico de 40%.
- 3) Cerdos en confinamiento, que recibían 3,1 Kg de yuca molida y 0,620 Kg de un suplemento proteico de 40%.

Se puede observar que las cerdas mantenidas en confinamiento y alimentadas con 3,1 Kg de yuca y 0,62 Kg de suplemento proteico aumentaron considerablemente más durante la gestación que en los otros tratamientos. Estas cerdas parieron menos lechones por camada, lo cual resultó en una disminución correspondiente, con el número promedio de lechones destetados por camada. Las cerdas alimentadas en pastoreo con yuca y suplemento parieron 10 lechones

CUADRO No. 14.12. Raciones que incluyen raíz de yuca fresca para hembras porcinas en gestación bajo régimen de pastoreo y confinamiento (Maner³⁷).

RESULTADOS	TRATAMIENTOS		
	1 Kg dieta control en pastoreo	1,7 Kg yuca fresca + 0,4 Kg sup. proteico en pastoreo	3,1 Kg yuca fresca + 0,62 Kg sup. proteico en confinamiento
Número de cerdas servidas	10	10	10
Número de cerdas paridas	9	7	7
Promedio peso cerda al servicio, Kg	165,8	163,6	152,8
Promedio peso cerda a los 30 días, Kg	172,6	173,0	170,6
Promedio peso cerda a los 60 días, Kg	181,4	180,8	183,0
Promedio peso cerda a los 90 días, Kg	182,1	185,1	190,2
Promedio peso cerda a los 105 días, Kg	185,7	188,5	190,5
Promedio aumento peso cerda gestación, Kg	19,9	24,9	37,7
Promedio peso cerda 24 horas postparto, Kg	164,3	163,9	173,9
Promedio peso cerda 21 días postparto Kg	171,0	176,9	182,1
Promedio peso cerda 35 días postparto Kg	177,5	171,6	182,3
Promedio aumento cerda, lactancia, Kg	13,2	7,7	8,4
Número total cerdos nacidos	97	84	54
Número total cerdos nacidos muertos	3	14	0
Número total cerdos nacidos vivos	94	70	54
Número promedio cerdos por camada	10,4	10,0	7,7
Número promedio cerdos a los 21 días	8,6	7,3	6,9
Número promedio cerdos a los 35 días	8,3	7,3	6,9
Promedio peso nacimiento, Kg	1,28	1,12	1,18
Promedio peso a los 21 días, Kg	4,24	3,61	3,84
Promedio peso a los 35 días, Kg	6,94	6,05	6,49

vivos por camada, mientras que las de la dieta control registraron 10,4 lechones.

Aunque la información no es suficiente, se demostró que la yuca fresca puede incluirse con buenos resultados como una fuente de energía para cerdas en gestación, mantenidas en pastoreo o en confinamiento.

Período de lactancia

Maner³⁷ cita un ensayo realizado con yuca seca como fuente de energía para cerdos en lactancia. Se utilizaron tres tratamientos.

Todos los lechones fueron destetados a los 35 días y se registraron los cambios en el peso de los lechones y de la cerda.

Los datos de comportamiento de las cerdas y los lechones aparecen en el Cuadro 14.14.

CUADRO No. 14.13. Composición de las dietas y suplemento utilizado para cerdas lactantes (Maner^{3 7}).

INGREDIENTES	Dieta control 16%	Dieta harina de yuca 16%	Suplemento proteico 40%
Harina de raíz de yuca	—	52,20	—
Maíz molido	81,35	—	—
Melaza de caña de azúcar	—	10,00	—
Torta de soya	15,00	27,40	87,10
Sal	0,50	0,50	1,61
Harina de huesos	2,50	2,40	9,68
Carbonato de calcio	0,15	—	—
Afsilin*	0,50	0,50	1,61
Total	100,00	100,00	100,00

(*) Premezcla comercial de vitaminas y minerales.

CUADRO No. 14.14. Comportamiento de cerdas lactantes alimentadas con dietas a base de raíces de yuca fresca y seca (Maner^{3 7}).

RESULTADOS	TRATAMIENTOS		
	1 16% Dieta control	2 16% yuca seca	3 40% suplemento proteico yuca seca
Número de cerdas	13	15	16
Promedio número de lechones nacidos, Kg	10,8	10,1	9,3
Promedio lechones a los 35 días, Kg	9,0	7,9	7,6
Mortalidad, %	16,4	22,4	18,1
Promedio peso al nacimiento, Kg	1,18	1,22	1,36
Promedio peso a los 35 días, Kg	6,03	6,80	7,63
Promedio consumo de dieta de preiniciación, Kg/cerdo	0,302	0,530	0,368
Promedio peso de cerdas a las 24 horas postparto, Kg	179,3	170,6	158,3
Promedio peso de las cerdas a los 21 días, Kg	187,9	177,2	165,8
Promedio peso de las cerdas a los 35 días, Kg	190,3	183,0	165,8
Promedio aumento de la cerda, Kg	11,0	12,6	7,5
Promedio consumo de yuca diario, Kg	—	—	6,5
Promedio consumo de suplemento diario, Kg	—	—	1,21
Promedio consumo total diario, Kg	4,82	5,24	3,24

Los pesos promedio al destete fueron más bajos para los lechones de dieta de yuca fresca. Estos resultados pueden esperarse debido a que las camadas fueron menos numerosas en el grupo alimentado con yuca fresca y probablemente las diferencias no tienen relación con el tratamiento.

ENSILAJE DE YUCA

Castillo^{1 3} experimentó con 50 cerdos durante las etapas de crecimiento y engorde, los cuales fueron divididos en tres tratamientos: maíz (control) y ensilado de yuca o batata. El 40% de la mezcla concentrada fue reemplazado por cualquiera de los dos ensilados.

Debido al bajo nivel de proteína en el ensilaje de yuca, a los cerdos alimentados, se les dio una mezcla concentrada con 27,26% de proteína, contra 16,96% para la mezcla control.

Los cerdos en los lotes de maíz tuvieron un promedio de ganancia diaria de 0,410 Kg, y los alimentados con yuca, de 0,460 Kg. La cantidad de materia seca requerida para producir 1 Kg de ganancia en cerdos alimentados con maíz fue de 3,06 Kg y con yuca de 2,62 Kg.

Se puede ver, que los cerdos alimentados con ensilaje de yuca, ganaron más rápidamente y requirieron menos alimento que aquellos alimentados con maíz. Maner^{3 7} preparó ensilajes de sólo raíz y de una combinación de raíz, tallo y hojas. Se prepararon tres tratamientos, los cuales se distribuyeron al azar a tres lotes de cerdos (5 por tratamiento); el tratamiento control fue yuca fresca molida, más suplemento proteico.

Los resultados se presentan en el Cuadro 14.15.

CUADRO No. 14.15. Ensilaje de yuca para cerdos en crecimiento-acabado (Maner^{3 7}).

TRATAMIENTOS*	Caracteres estudiados			
	Consumo promedio de yuca fresca Kg	Consumo promedio de suplemento Kg	Aumento promedio de peso diario g	<u>Alimento</u> Aumento (10% humedad aprox).
Suplemento proteico yuca fresca molida	4,04	1,00	750	3,43
Ensilaje de raíz de yuca	3,84	1,01	770	3,25
Ensilaje de raíz, tallo y hojas de yuca	3,05	1,06	640	3,52

(*) Cinco cerdos por tratamiento, 18,34 Kg promedio de peso inicial; 98,8 Kg promedio de peso final, duración del ensayo, 112 días.

El consumo diario de ensilaje de raíz fue similar al de yuca fresca molida; también los aumentos se mantuvieron iguales. En cambio la inclusión de los tallos y las hojas, debido a su naturaleza dura y fibrosa, redujo el consumo diario en aproximadamente un 25% y en un 14,7% el aumento promedio diario cuando se compararon con la yuca fresca.

De estos resultados se sugiere, que las raíces y las hojas sean ensiladas para alimentar cerdos, pero sin incluir los tallos.

HARINA DE FOLLAJE DE YUCA

Actualmente una de las fuentes de proteína que no se ha explotado, es el follaje de la yuca; esto produce entre 10 y 15 toneladas de materia seca por hectárea.

Montaldo⁴⁶ comparó el heno de las hojas de yuca y el heno de alfalfa con los siguientes resultados (Cuadro 14.16).

CUADRO No. 14.16. Comparación del heno de hojas de yuca y el heno de alfalfa (Montaldo⁴⁶).

Especie	Grasa %	Proteína %	Celulosa %	Carbohidratos %
Yuca	8,79	24,1	13,0	50,0
Alfalfa	2,90	16,3	30,5	48,0

En Singapur, Muller et al⁵³, compararon las hojas deshidratadas de la yuca, algunas gramíneas y la soya (Cuadro 14.17).

CUADRO No. 14.17. Valor proteico de la parte aérea deshidratada de la yuca, y de algunas gramíneas tropicales, comparadas con la soya (Muller et al⁵³).

Componentes	YUCA		Pasto elefante	Pasto guinea	Harina de soya
	Hojas	Hojas y tallos			
Proteína bruta	27,0	20,4	12,6	11,9	45,7

Es posible que el ácido cianhídrico haya limitado la utilización del follaje en la alimentación animal, pero esto se puede solucionar fácilmente. Lo que sí es importante recordar al formular raciones, es que

si su contenido de lisina es alto, es deficiente en metionina y triptófano (Eggum^{2 1}).

Choo y Hutagalung^{1 6} emplearon la harina de hojas de yuca en la alimentación de cerdos en dos experimentos. En el primero utilizaron cinco dietas isoproteicas (18% proteína cruda):

- 1) maíz + harina de soya + harina de pescado (basal);
- 2) basal + 10% de harina de hojas de yuca;
- 3) basal + 20% de harina de hojas de yuca;
- 4) basal + 10% de harina de hojas de yuca + 0,15% de tiosulfato de sodio;
- 5) basal + 20% de harina de hojas de yuca + 0,20% de metionina.

En los cerdos que recibieron las dietas 2 y 3, la ganancia fue significativamente menor y la eficiencia alimenticia fue baja, comparada con los que recibieron la dieta 1.

Las dietas con inclusión de tiosulfato de sodio y de metionina, dieron mejores resultados que las dietas que no los contenían.

En el Experimento 2 se utilizaron cinco dietas, isoproteicas (16% proteína cruda). Estas fueron:

- 1) basal;
- 2) basal + 20% harina de hojas de yuca;
- 3) basal + 20% harina de hojas de yuca + 5% melaza;
- 4) basal + 20% harina de hojas de yuca + 3% aceite de palma;
- 5) basal + 20% harina de hojas de yuca + 3% aceite de palma + 0,20% de metionina.

Los cerdos que consumieron las dietas 3 y 4, ganaron peso más lentamente y tuvieron una conversión alimenticia muy baja, en comparación con los de la dieta basal. Al adicionar aceite de palma y metionina (dieta 5) se logró un ligero incremento en la ganancia diaria y en la eficiencia alimenticia que con la dieta 4.

No se observaron signos de envenenamiento por cianuro. La depresión en la rata de crecimiento fue observada por varios autores. Se estima que puede estar relacionada con varios factores como digestibilidad, deficiente utilización de la proteína, y también por las deficiencias de aminoácidos. Niveles deficientes o marginales de ácidos grasos y posiblemente cierto grado de toxicidad debido al efecto acumulativo del ácido cianhídrico.

Estudios realizados en el CIAT^{1 5}, sugieren que la metionina es el aminoácido más limitante, cuando las dietas que contienen harina de yuca se suplementan con harina de torta de soya. Sin embargo, cuando se incluyó grasa y metionina, se registró una disminución de los pesos obtenidos. En cambio en "pelets" los resultados obtenidos son satisfactorios.

Todavía no se sabe si la inclusión de un 10% de grasa produce un cambio en el equilibrio de aminoácidos en la dieta o si los cambios se deben a la grasa misma, por los aminoácidos que suple, además de la energía. Este hecho toma más fuerza, cuando se comprobó que la adición de melaza a las dietas de cerdos no mejoró el incremento de peso de los animales.

Zoby⁸³ utilizó un subproducto de la extracción del “polvillo” en la alimentación de cerdos en sustitución del maíz, suplementadas con grasa y metionina e indica que se obtienen buenos resultados siempre y cuando se corrijan los niveles de proteína y metionina. Observó que el subproducto de yuca producía canales con grasa más firme.

RECOMENDACIONES

Por las investigaciones enumeradas anteriormente queda demostrado que la yuca se puede suministrar como la fuente principal de energía, durante las distintas etapas que componen el ciclo vital del cerdo. Este hecho es importante para las regiones tropicales, donde la producción de cereales es insuficiente.

Para utilizar la yuca en la alimentación porcina se deben tomar en consideración las siguientes recomendaciones:

- a. Debido a que su porcentaje de proteína es bajo, al igual que su contenido de grasa, calcio y fósforo, las dietas a base de yuca se deben suplementar con concentrados proteicos que corrijan esas deficiencias.
- b. Cuando se utilizan variedades de yuca amargas en forma fresca, es conveniente cocinarlas o molerlas y secarlas al sol en capas delgadas, con el fin de reducir el porcentaje de ácido cianhídrico.
- c. Se puede reemplazar por harina de yuca en las raciones para porcinos entre niveles de 40% y 50% del total de los cereales que la componen.
- d. Cuando la harina de yuca se suplementa con torta de soya, torta de ajonjolí (sésamo) y/o harina de pescado la adición con metionina es necesaria ya que constituye el aminoácido limitante.
- e. Las dietas a base de yuca dan mejores resultados cuando se suministran granuladas o “peletizadas”. El empleo de “pelets” eliminan la irritación de los órganos respiratorios y las infecciones oculares y son a la vez más digestibles.
- f. Se debe recordar a los criadores de cerdos que sus planteles deben estar anexos a una finca mediana, 50-100 hectáreas, para

que sean ellos los que produzcan la energía necesaria, con lo cual se aumentará el beneficio marginal, al reducirse los costos de producción.

LA YUCA EN RACIONES PARA RUMIANTES

Hay muy poca información disponible sobre la utilización de la yuca en la alimentación de los rumiantes. Sin embargo, en vista de la importancia que presenta en la composición de las raciones destinadas a la alimentación del ganado bovino adulto, en la preparación de alimentos para becerros, mezclada con leche desnatada y en vacas lecheras, asociada con materiales ricos en proteínas, se ha hecho esta revisión, con el fin de estudiar el material disponible y por intermedio de su análisis llegar a indicar las diferentes consideraciones sobre esta línea de investigación y el análisis y naturaleza de las limitantes que tienen que obviarse. La liberación de calorías, a partir del almidón de la yuca y del nitrógeno de la úrea se producen casi al mismo tiempo, lo que tiene gran interés para el máximo aprovechamiento de los compuestos del nitrógeno no proteico en la alimentación de los rumiantes.

Müller et al^{5,3}, dan valores sobre la composición química de la raíz de yuca comparada con la harina de maíz y una mezcla de yuca y soya. En la mezcla de yuca y soya con excepción del extracto etéreo que es bastante bajo y el contenido de metionina más cistina, todos los valores mejoran y son comparables a aquellos de la harina de maíz. Los mismos autores citan los valores calóricos de la yuca en base seca para diferentes especies animales de explotación económica en comparación con el maíz amarillo en grano. Para los vacunos, los nutrientes digestibles totales (N.D.T) de la yuca son equivalentes al 90%, mientras que para el maíz son de 91%. Para la oveja, los N.D.T. de la yuca son del orden del 85%, mientras que el maíz tiene 98%. A esto se agrega que el almidón de la yuca tiene una digestibilidad superior a la de los cereales.

Chicco et al^{1,7,18}, Shultz et al^{6,9}, y Shultz y Chicco^{7,0,71}, realizaron varias investigaciones sobre la utilización de la yuca en combinación con nitrógeno no proteico (úrea) en bovinos y ovinos. Este grupo de investigadores reportan no haber encontrado diferencias significativas con respecto a consumo voluntario, concentración de amoníaco en el rumen y digestibilidad de la proteína y diferencias significativas con respecto a proteína bacteriana, úrea sanguínea, concentración de ácidos grasos volátiles y la digestibilidad de la materia seca y la celulosa, así como también, diferencias en ganancia de peso corporal.

Alimentación de becerros: dentro del reducido número de ensayos, llevados a cabo con rumiantes, se destaca la factibilidad del uso de la harina de raíz de yuca como alternativa de la leche en la cría de

becerros. Valdivieso y De Alba^{7 8}, en un ensayo llevado a cabo con terneros de raza lechera y alimentados con una ración que contenía 10% y 35% de yuca, 15% de proteína cruda y 79% de N.D.T., no encontraron diferencias significativas de ganancia de peso desde el nacimiento hasta los 4 meses entre las dos raciones utilizadas. No obstante, las ganancias de peso, la eficiencia de utilización de la materia seca y la aceptabilidad por los animales, fueron mejores en la ración con 35% de harina de maíz. Estos mismos autores enfatizan sobre el aspecto económico de las raciones en los primeros cuatro meses de vida, en los cuales los animales hubieran estado en dieta láctea a una proporción del 10% de peso vivo hasta un máximo de ingestión diaria de 5 Kg. Más tarde, Peixoto^{5 8}, cita la inclusión de 10% de harina de yuca en raciones para becerros destetados precozmente. Posteriormente, Johnson et al^{2 9}, suministraron harina de raíz de yuca en raciones para becerros, comparando la harina de coronta o tusa (eje de la mazorca) y harina de grano de maíz, con una harina comercial. Los resultados mostraron iguales ganancias de peso para los becerros que consumieron harina de raíz de yuca y para los que consumieron leche entera.

Alimentación de vacas lecheras: en ensayos con vacas lecheras, Kok y Ribeiro^{3 1}, verificaron que una mezcla de 83 partes de harina de yuca y 17 partes de harina de algodón, favorece la producción de leche. Más tarde, Castle et al^{1 4}, investigaron el efecto de sustituir parte del concentrado por raíces de yuca en un ensayo de 16 semanas con vacas lecheras. Estos investigadores no observaron ninguna diferencia en el contenido de grasa de la leche por el agregado de raíces a la ración pero sí observaron un ligero aumento en el contenido de sólidos no grasos de la leche. Los resultados sugieren que las raíces de yuca aumentan el consumo de materia seca e incluso pueden sustituir con éxito algunos ingredientes del concentrado, tales como los nutrientes digestibles totales. En un ensayo posterior, Mathur et al^{4 0}, con vacas lecheras, sustituyeron el 50% y 100% de la avena de la ración por yuca e investigaron la producción de leche y grasa. Los datos sobre producción de leche semanal, porcentaje de grasa corregida, y ganancia de peso corporal de los animales en cada grupo experimental y los testigos, no mostraron diferencias significativas. Estos resultados indican que la porción cereal, de la ración concentrada puede ser sustituida por yuca, sin riesgo alguno de afectar la productividad y el estado nutritivo de los animales. Serres y Tillon^{6 7} informan de ensayos en los cuales se utilizó el ensilado de raíz de yuca en la alimentación de vacas en raciones de 5 Kg por vaca y por día.

Ceba de bovinos: se citan muy pocas investigaciones en las cuales se utiliza la yuca como componente de raciones para la ceba de bovinos. No obstante Serres^{6 6}, reporta investigaciones en las cuales

se utilizaron raíces y hojas de yuca, como componentes de raciones para cebsa intensiva de vacas. En estudios similares, Estima et al^{2 3}, compararon con bovinos la melaza o la harina de algodón con la harina de yuca como suplemento al follaje (cogollo) de caña de azúcar fresco y ensilado. Los resultados no muestran ganancias de peso significativas con ninguno de los tratamientos a excepción de la harina de algodón donde obtuvieron un promedio de 570 g/animal/día. Montilla et al^{4 8}, obtuvieron incrementos de peso diarios de 1,200 Kg contra 1,100 Kg cuando en raciones de cebsa se comparó harina de raíz de yuca con harina de maíz. En este ensayo se obtuvo un promedio de Bs. 123,3 de ganancia con la ración a base de yuca comparada con Bs. 12,3 de ganancia por novillo con la ración con maíz. En otro ensayo realizado con animales postdestete (8 a 9 meses) Reverón et al^{6 3} comparó un ensilado de planta de maíz integral con contenido de proteína 7,9% (base seca) como única ración con el mismo ensilado suplementado con un concentrado conteniendo 40% de harina de raíz de yuca. El grupo sin suplemento se mantuvo sin incremento de peso, mientras que el grupo suplementado obtuvo una ganancia promedio de 400 g/animal/día.

Mathison^{3 9}, comparando harina de yuca con harina de sorgo en raciones isoenergéticas e isoproteicas y con dos niveles de úrea (33% y 50% del nitrógeno del concentrado), como suplemento a follaje de caña de azúcar no encontró diferencias en el consumo voluntario de caña para ninguno de los tratamientos, así como tampoco para ganancia de peso. El análisis de canal determinó un rendimiento de 61,2% promedio por grupo.

En conclusión, se puede afirmar que en años recientes se ha despertado interés en el cultivo de la yuca y su utilización en la alimentación de rumiantes. La discusión de las pocas investigaciones realizadas indican que la yuca podrá sustituir a los cereales, sólo en aquellos casos que el precio de la mezcla de valor nutritivo equivalente de harina de raíz de yuca y de proteína, sea igual o inferior al del cereal o cereales por sustituirse.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Determinación de las mejores variedades de yuca para uso en la producción de harina integral de raíces para su empleo en la alimentación animal.
2. Estudio de la harina de raíces de yuca como sustituto de los cereales en raciones para aves, cerdos y rumiantes.
3. Estudio del aprovechamiento de los restos de cosecha de yuca en la alimentación de rumiantes y cerdos.

4. Uso de la harina de follaje de yuca como suplemento proteico en las raciones para aves, cerdos y rumiantes.
5. Estudio de combinaciones entre harina de raíz y de follaje de yuca y con otros ingredientes en la preparación de raciones para animales.
6. Suplementaciones más recomendables para raciones a base de harina de raíz de yuca y/o harina de follaje de yuca.
7. Métodos de procesamiento de la yuca (raíz y follaje) que augure un producto de buena calidad nutritiva, inocuo y económico.
8. Efecto de la preparación del alimento en forma de "pelets" o tacos sobre la eficiencia de la utilización de raciones a base de yuca (raíz y follaje).
9. Efecto de raciones a base de yuca (raíz y/o follaje) sobre calidad de los productos de origen animal para consumo humano.

BIBLIOGRAFIA

1. ALBA, J. de. Ensayos de engorde de cerdos con raciones a base de maíz, yuca y bananas. Turrialba, 1(4):176-184. 1951.
2. ALBA, M. G. V. A study of different varieties of cassava for hog feeding purposes. Philippine Agric. 25:782-795. 1937.
3. ALVAREZ, G. R., y ALVARADO, R. L. La yuca como fuente energética en la alimentación de los cerdos. I. Sustitución total del maíz por harina de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en raciones de crecimiento y engorde. Ganagrínco (Caracas) 8(32):32-38. 1973.
4. _____, y _____ . La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente energética en la alimentación de cerdos. II. Sustitución del maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada en raciones para cerdos en crecimiento. Maracay, Resumen de Jornadas Veterinarias, 1974. p. 1.
5. _____, y _____ . La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente energética en la alimentación de cerdos. III. Sustitución del maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada en raciones para engorde de cerdos. Maracay, Resumen de Jornadas Veterinarias, 1974. p. 2.
6. ARMAS, A. E., y CHICCO, C. F. Evaluación de la harina de yuca en raciones para pollos de engorde. Agronomía Tropical (Maracay) 23(6):593-599. 1973.
7. ASICO, P. N. A comparative study of gaplex meal and corn as a basal feed for growing and fattening pigs. Philippine Agric. 29:705-712. 1941.
8. AUMAITRE, A. Valeur alimentaire du manioc et differents cereales dans les régimenes de se sevrage précoce du porcelet: Utilization digestive de l' aliment et effect sur la croissance des animaux. Ann. Zoot. (Paris) 18(4):385-398. 1969.

9. AYRE-SMITH, R. A., The management of bacon pigs. East. African. Agric. Jour (Nairobi) 23(3):149-160. 1958.
10. BARBOSA, A. S. raspa de mandioca como substituto dos subproductos de trigo no crecimiento de suinos. Arq. Esc. Vet. Minas Gerais. (Belo Horizonte) 10:15-24. 1957.
11. BECKER, M. O uso de mandioca na alimentação animal. São Paulo, Dept. Prod. An. 1965. 15 p. (Mimeog.).
12. CALDERON, F., MANER, J. H. y GOMEZ, G. Efecto de la metionina en el mejoramiento de la calidad de la proteína y en la detoxificación del cianuro presente en dietas a base de harina de yuca y caseína. 4a. Reunión Latinoamericana de Produc. Animal. Guadalajara, 9:8. 1974.
13. CASTILLO, L. Camote and cassava tuber silage as replacement for corn as a basal feed for growing and fattening pigs. Philippine Agric. 47(9/10):460-474. 1964.
14. CASTLE, M. E., DRYSDALE, A. D. WAITE, R. y WATSON, J. W. The effect of the replacement of concentrates by roots on the intake and production of dairy cows. Jour. Dairy Res. 30:199. 1963.
15. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual. Cali, Colombia, 1970. pp. 25-34.
16. CHOO, T. L. K., y HUTAGALUNG, R. I. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilisima*) for swine. Malayan Agr. Res., 1:38-47. 1972.
17. CHICCO, C. F., et al. Yuca y maleza en la utilización de la urea en cerdos. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria. 6:7-17. 1971.
18. ———. GARBATI, S. T. MUELLER, B., y VECCHIONACE, H. I. La harina de yuca en el engorde de cerdos. Agronomía Tropical (Maracay) 12(6):599-603. 1972.
19. ———, C. F., DUQUE, C. M. SHULTZ, T. A. Evaluación de la yuca, pulpa de cítrico y melaza en el engorde de corderos. Agronomía Tropical (Maracay) 23:587-592. 1973.
20. ECHANDÍ, M. O. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. (Turrialba) 2:166-169. 1952.
21. EGGUM, B. O. The protein quality of cassava leaves. Brit. Jour. Nutr. (Cambridge) 24:161-768. 1970.
22. ENRIQUEZ, F. Q., y ROSS, E. Cassava root meal in grower and layer diets. Poultry Sci. 51:228-232. 1972.
23. ESTIMA, A. L., et al. Melaco, mandioca e farelo de algodão como suplemento para olho de cana fresco ou ensilado. Pesq. Agrop. Brasileira 2:411-420. 1967.
24. F.A.O. Anuario de Producción 1972. Roma, 1973. pp. 186-218.
25. FRENCH, M. E. Eficiencia de conversión de alimentos en cerdos en los trópicos. Agronomía Tropical (Maracay) 12:165-173. 1963.
26. GASPAR, D. R. Contribution aux possibilites de l' elevage porcin dans les mellieux ruraux de la province del Equateur. Bull. Agric. Congo Belga (Bruxelles). 47(3):517-584. 1956.
27. GUILLEN, R., QUINTERO, F. Costo de producción y mercadeo del producto fresco y elaborado. Revista Facultad de Agronomía, Maracay, Alc. 22. 1973. pp. 75-86.
28. HILL, F. W., ANDERSON D. L., RENNER, R. y CAREW, L. B. Studies of the metabolizable energy of grain and products for chickens. Poultry Sci. 39:579-583. 1960.

29. JOHNSON, P. T. C., ROSE, C. J. y MILLS, W. R. Cassava. *Rhodesian Jour. Agric. Res.* 6:5. 1968.
30. KLEIN, F. W. y BARLOWEN, C. Tapiokamehl in *Aufzuchfutter Arch. Gefluegelk.* 16:415. 1954.
31. KOK, E. A., y RIBEIRO, G. A. O farelo de raspas de mandioca em comparação com a guirera de milho na alimentação dos suínos. *Bol. Ind. An. (São Paulo)* 5(4):195-205. 1942.
32. ———, ———. A mandioca crua em comparação com a guirera de milho na engorda de porcos. *Bol. Indus. An. (São Paulo)* 6(1/2):24-25. 1973.
33. LEITE, A. C. Contribuição para o estudo de mandioca e araruta na alimentação dos porcos de engorda. *Bol. Ind. An. (São Paulo)* 2(2):3-26. 1939.
34. LEROY, A. M. y FRANCOIS, A. Les plantes féculentes tropicales dans alimentation des animaux. *Congrès du Manioc, Marseille* 24-26 sept. 1949. pp. 75-78.
35. M.A.C. Anuario Estadístico Agropecuario 1973. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, 1974. pp. 112-118.
36. MC MILLAN, A. N. y DUDLEY, F. J. Potato meal, tapioca meal and town waste in chicken rations. *Harper Adams. Utility Poultry Jour.* 24:191. 1941.
37. MANER, J. H. La yuca en la alimentación de cerdos. Seminario sobre producción de porcinos en América Latina. Sept. 18-21, 1972. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1972. 77 p.
38. ———, y SANTOS, E. Harina de yuca en alimentación de pollos de engorde. 3a. Reunión Latinoamericana de Producción Animal, Bogotá, 1971. p.91. (Resúmenes de trabajos).
39. MATHINSON, L. E., y REVERON, A. E. Uso de la harina integral de yuca en la alimentación de rumiantes. *Ciencias Veterinarias. (Maracay)* 1(2):83-88. 1972.
40. MATHUR, M. L., SAMPATH, S. R. y GHOSH, S. N. Studies on tapioca: Effect of 50 and 100 per cent replacement of oat by tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian Jour. Dairy Sci.* 22, 193-199. 1969.
41. MAUST, L. E., POND, W. G. y SCOTT, M. L. Energy value of cassava-rice bran diet with and without zinc for growing pigs. *Jour. An. Sci. (Manasha)* 35(5):953-957. 1972.
42. ———, SCOTT, M. L., y POND, W. G. The metabolizable energy of rice bran, cassava flour and blachey cowpeas for growing chickens. *Poultry Sci.* 51:1397-1401. 1972.
43. ———, WARNER, R. G. POND, W. G., y MCDOWELL, R. E. Rice-bran cassava meal as a carbohydrate feed for growing pigs. *Jour An. Sci. (Menasha)*, 29(1):140. 1969.
44. MEJIA, T.R.C. Valor comparativo entre la yuca y el maíz en la alimentación de cerdos. *Revista Facultad Nacional Agronomía (Medellín)* 20(55):95-113. 1960.
45. MONDONEDO, M. A comparative study of corn and cassava as feeds for hogs. II. Ground corn vs. raw chopped cassava. *Philippine Agric.* 15:523-531. 1927.
46. MONTALDO, A. Manual del cultivo de la yuca. Maracay, Universidad Central Facultad de Agronomía, 1968. 50 p.

47. ——— Importancia de la yuca en el mundo actual con especial referencia a Venezuela. In: Primer seminario nacional sobre yuca. Revista Facultad de Agronomía, Maracay, 1973. Alc. 22:17-40.
48. MONTILLA, J. J., MENDEZ, C. R., y WIEDENHOFER, H. Utilización de la harina de tubérculo de yuca (*Manihot esculenta*) en raciones iniciadoras para pollos de engorde. Archiv. Latinoamericanos Nutric. (Caracas) 19:381-388. 1969.
49. ———, ALVAREZ, B. R. y ALVARADO, R. L. La harina de yuca en sustitución de la harina de maíz en raciones de engorde para novillos. Rev. Pecuaria (Caracas) 35(331):8-9. 1970.
50. ———, GARCIA, I. A. y REVERON, A. E. Valor pigmentante de diversas harinas verdes agregadas a las raciones para pollos de engorde y su efecto sobre el incremento de peso. Ciencias Veterinarias (Maracay) 2(4):285-290. 1973.
51. ———, et al. Sustitución de la harina de maíz por harina de raíz de yuca en raciones para ponedoras. 3o. Congreso Latinoamericano de Avicultura, Sao Paulo, 1973. pp. 95-97.
52. ———, CASTILLO, P. P. y WIEDENHOFER, H. Efecto de la incorporación de harina de raíz de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. Agronomía Tropical (Maracay) 25:259-266. 1975.
53. MULLER, Z., CHOU, K. C., y NAH, K. C. La yuca como sustituto total de cereales en las raciones del ganado y de las aves de corral. Revista Mundial Zootecnia, (F.A.O.). (Roma) 12:19-24. 1974.
54. OLSON, D. W. SUNDE M. L. y BIRD, H. R. The metabolizable energy content and feeding value of mandioca meal in diets for chicks. Poultry Sci. 51:1397-1401. 1969.
55. OYENUGA, V. A. The composition and nutritive value of certain feeding stuffs in Nigeria. Emp. Jour. Exp. Agric. 23(90):81-95. 1955.
56. ———, y OPEKE, L. K. The value of cassava rations for pork and bacon production. West African. Jour. Biol. Chem. 1:3. 1957.
57. ———. Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. Brit. Jour Nutr. (Cambridge) 15(3):327-338. 1961.
58. PEIXOTO, A. H. Nutrição de ruminantes. Aula proferida no curso de pós-graduação de Nutrição animal e postagens. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura. "Luiz de Queiroz". 1967. 172 p.
59. PEIXOTO, R. R. Contribuição ao estudo da mandioca na alimentação dos animais. Dipan 11(119-120):23-40. 1958.
60. ———. Estudo comparativo entre farinha de mandioca com o milho, como alimento para porcos em crescimento e engorda. Pelotas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", 1965. 17 p.
61. PINHEIRO, L. C. Los cerdos. Traducido por CARLOS M. VEITES. Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur, 1973. 528 p.
62. PYNAERT, L. Le manioc. Bruxelles, Dir. Agric., 1951. 166 p.
63. REVERON, A. E., MONTILLA, J. J., y RODRIGUEZ, J. Uso de la harina integral de yuca en la alimentación de ruminantes. Ciencias Veterinarias (Maracay) 1(2):82-88. 1972.
64. ROCHA, C. L. Farinha integral de mandioca, sua fabricação e emprego na alimentação dos animais. Rev. Criadores (Sao Paulo) 21(6):17. 1950.
65. ROSS, E. y ENRIQUEZ, F. Q. The nutritive value of cassava leaf meal. Poultry Sci: 48:846-853. 1969.

66. SERRES, H. L' engraissement des zebus dans la région de Tananarive selon la technique du "boeuf de fosse" Rev. d'élevage et médecine vétérinaire des Pays Tropicaux. 22: 529-539. 1969.
67. SERRES, H. y TILLON, J. P. Manioc. Rev. d'élevage et médecine vétérinaire des Pays Tropicaux. 25:455. 1972.
68. SHIMADA, A., PERAZA, C. y CABELLO, F. Valor alimenticio de la harina de yuca (*Manihot utilissima* Bohl) para cerdos. Tec. Pec. en México. 15/16:31-35. 1971.
69. SHULTZ, T. A., CHICCO, C. F. SHULTZ, E. y CARNEVALI, A. A. Evaluación de diferentes fuentes de energía (yuca, arroz y melaza) sobre la utilización de altos niveles de úrea en bovinos. Agronomía Tropical (Maracay) 20:185-194. 1970.
70. SHULTZ, E., SHULTZ, T. A. y CHICCO, C. F. Efecto del tratamiento por calor y presión sobre la utilización de la úrea en rumiantes. Agronomía Tropical (Maracay) 20(6):421-432. 1970.
71. SHULTZ, T. A., SHULTZ, E. y CHICCO, C. F. Pressured cooked urea. Cassava meal for lambs consuming low quality hay. Jour. Anim. Sci. (Manasha). 35(4):865-870. 1972.
72. SOARES, P. R. Farelo integral de raspa de mandioca e farelinho de trigo na alimentação de pintos. Experimentiae 8(4):109-141. 1968.
73. SQUIBB, R. L. y WYLD, M. K. Effect of yuca meal in baby chick rations. Turrialba 1:298-299. 1954.
74. TEJADA, I. y BRAMBILA, S. Investigaciones acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. Técnica Agropecuaria en México no. 12-18:5-11. 1969.
75. THOMPSON, F. W. The use of cassava in the feeding of pigs in Achimoto College Farm. Farm and Forest (Ibadan) 2:84-86. 1946.
76. TOBAYOYONG, T. T. The value of cassava refuse meal in the rations for growing chicks. Philippine Agric. 24:509-518. 1935.
77. TORRES, J. R. Associação da raspa de mandioca e milho desintegrado no crescimento e engorda de suínos. Ceres (Vicosa) 10(59):392-401. 1958.
78. VALDIVIESO, A. y ALBA, J. de. Uso del maíz y la harina de yuca en mezclas simples para criar terneras de lechería. Turrialba 8(4):148-152. 1958.
79. VELLOSO, L. A., et al. Substituição parcial e total do milho pelo farelo de mandioca em racoes de suínos em crescimento e engorda. Bol. Ind. An. (São Paulo) 23 (número único):129-137; 342-358. 1965/1966.
80. VOGT, H. The use of tapioca meal in poultry rations. World's Poultry Sci. Jour. 22:113-125. 1966.
81. WEGNER, R. M. Zur Verbiligung ven Kuckenmast futtermischungen. Kraftfutter. 44:84-88. 1961.
82. YOSHIDA, M., HOSHII, H., KOSAKAY, K., y MORIMOTO, H. Nutritive value of various energy sources for poultry feed. 4. Estimation of available energy of cassava meal. Japan Poultry Sci. 3:29-34. 1966.
83. ZOBY, J. L. F. Raspa de mandioca com suplementação de gordura e metionina, na alimentação de suínos. Ceres (Vicosa) 18(97):195-209. 1971.

CAPITULO 15

ASPECTOS ECONOMICOS

PRODUCCION, SUPERFICIE Y RENDIMIENTO MEDIO A NIVEL AMERICANO

En América el principal productor de yuca es Brasil, con 31 millones de toneladas y un rendimiento medio de 15 Ton/Ha. Si se compara con la producción mundial que en el año de 1972 fue de 106 millones de toneladas, se observa que Brasil produce el 30% del total mundial.

Sigue en importancia Paraguay con 1,8 millones de toneladas y Colombia con 1,6 millones de toneladas. A continuación están Perú con 479.000 Ton, Ecuador con 415.000 Ton, Venezuela con 320.000 Ton, Argentina con 244.000 Ton, Bolivia con 240.000 Ton, Cuba con 195.000 Ton, República Dominicana con 195.000 Ton, y Haití con 135.000 Ton (FAO²).

Los Cuadros 15.1, 15.2 y 15.3 muestran la siguiente situación de la yuca en los países de la subregión del Pacto Andino.

- a. La producción total de yuca en la subregión creció a una tasa interanual aproximada de 4,6% durante los últimos 10 años.
- b. El mayor productor de la subregión es Colombia, el cual produjo más del 50% total de la producción en 1972.
- c. Mientras los rendimientos por superficie en Colombia mejoraron constantemente de 5,6 Ton/Ha a 10 Ton/Ha, los rendimientos venezolanos se contrajeron de 12,1 Ton/Ha a 8 Ton/Ha, durante el lapso considerado (1961-72).
- d. Los cultivos peruanos resultan ser los más rendidores, con cifras promedios de 13,3 Ton/Ha en 1971-1972.
- e. Los rendimientos medios de Venezuela resultan los más bajos de la subregión.

CUADRO No. 15.1. Superficie plantada de yuca en los países del área andina. Has x 10³.

PAISES	AÑOS			
	1961-1965	1970	1971	1972
Bolivia	13	18	18	20
Colombia	132	150	155	160
Ecuador	25	41	41	42
Perú	43	39	36	36
Venezuela	27	39	40	40
TOTAL	240	287	290	298

CUADRO No. 15.2. Producción de yuca de los países del área andina. Ton x 10³.

PAISES	AÑOS			
	1961-1965	1970	1971	1972
Bolivia	142	221	234	240
Colombia	746	1.250	1.395	1.600
Ecuador	217	410	413	415
Perú	436	498	482	479
Venezuela	324	317	323	320
TOTAL	1.865	2.696	2.847	3.054

CUADRO No. 15.3. Rendimiento medio por hectárea en los países del área andina. Ton/Ha.

PAISES	AÑOS			
	1961-1965	1970	1971	1972
Bolivia	11,1	12,5	13,0	12,0
Colombia	5,6	8,3	9,0	10,0
Ecuador	8,7	10,0	10,0	9,0
Perú	10,2	12,9	13,3	13,3
Venezuela	12,1	8,2	8,0	8,0
TOTAL	7,8	9,4	9,8	10,3

PRODUCCION, SUPERFICIE Y RENDIMIENTO MEDIO A NIVEL VENEZOLANO

SUPERFICIE

Como se puede observar en el Cuadro 15.4, la superficie nacional de Venezuela dedicada al cultivo de la yuca ha oscilado entre los 33,8 mil Has en 1973 y los 40,6 mil Has en 1972 para el período 1968-1974, siendo esta variación de 16% máxima (1973-74). Esta producción proviene básicamente de pequeñas explotaciones familiares, como lo demuestra una encuesta elaborada por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP¹) de Venezuela, en cuyos resultados la Región Nororiental informa 82% de las siembras comprendidas entre 0,5 y 3 Has y el 18% restante, lo comprenden siembras de 3 a 5 Has. Coincidentalmente, la encuesta se efectuó en una época (Abril 1973) en que ya se iniciaba el arranque de plantaciones de mayor extensión.

La Zona Barloventeña, tiene la explotación de los tipos de yuca dulces, en áreas que no van más allá de una Ha, los tipos de yuca amarga, para la elaboración del "casabe", en superficies comprendidas entre 1 y 6 Has.

En la Región del Zulia, el 74% de los cultivos están en superficies comprendidas entre 2 y 20 Has.

CUADRO No. 15.4. Yuca. Superficie nacional, variación con relación al año base (1968 = 100) incremento interanual (%). (Venezuela).

FUENTE: Anuario Estadístico Agropecuario, 1974. Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, 1975. Cálculos propios.

AÑOS	Superficie Has	Variación con relación año base 1968 = 100	Incremento Interanual (%)
1968	40.513	100,0	
1969	38.528	95,1	- 4,9
1970	38.857	95,9	0,8
1971	40.157	99,1	3,2
1972	40.609	100,2	1,1
1973	33.854	83,6	-16,6
1974	39.564	97,7	14,1

PRODUCCION

La producción anual de yuca no se ha incrementado en los últimos siete años como se puede observar en el Cuadro 15.5 siendo sus valores entre un mínimo de 272 mil Ton (1973) y un máximo de 340,9 mil Ton (1968) lo que determina una variación máxima de 20,2%, mayor que la variación de superficie estimadas para el rubro.

CUADRO No. 15.5. Producción anual de yuca, incremento con relación al año base (1968 = 100) e incremento interanual (%).

FUENTE: Anuario Estadístico Agropecuario, 1974. Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, 1975. Cálculo propio.

AÑOS	Producción toneladas	Variación con relación año base 1968 = 100	Incremento Interanual (%)
1968	340.880	100,0	
1969	309.487	90,8	-9,2
1970	317.147	93,0	2,3
1971	322.724	94,6	1,7
1972	318.170	93,3	- 1,5
1973	272.050	79,8	-13,5
1974	292.987	86,0	6,2

RENDIMIENTO ANUAL

El rendimiento medio anual es bastante estable, en alrededor de 8 Ton/Ha (Cuadro 15.6), lo que está incluso por debajo del rendimiento medio mundial (Cuadro 2.1) de 9,6 Ton/Ha y es un 33% a 40% inferior al promedio de países como Bolivia, Brasil y Paraguay, en que se le ha dado un extraordinario impulso a la producción de este cultivo.

Sin embargo, las estadísticas nacionales de Venezuela hacen ser escépticos ante estudios recientes en la Zona de Machiques, Estado de Zulia⁹ en que los resultados de una encuesta a nivel de 71 productores, arroja un promedio mayor de 40 Ton/Ha, oscilando entre un

mínimo de 20 Ton/Ha y un máximo de 60 Ton/Ha y se trata de áreas pequeñas de intenso uso.

CUADRO No. 15.6. Rendimiento medio anual, incremento con relación al año base (1968 = 100) incremento interanual (%).

FUENTE: Anuario Estadístico Agropecuario, 1974. Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, 1975. Cálculos propios.

AÑOS	Rendimiento medio Ton/Ha	Incremento con relación a año base (1968 = 100)	Incremento Interanual (%)
1968	8,4	100,0	
1969	8,0	95,2	-4,8
1970	8,2	97,6	2,5
1971	8,0	95,2	-2,5
1972	7,8	92,8	-2,5
1973	8,0	95,2	2,6
1974	7,4	88,1	-7,1

Igualmente (Tecoap⁸) al realizar un diagnóstico agrícola del Subsector Reforma Agraria en la Zona Sur del Lago de Maracaibo se encontró que el rendimiento local estimado en las estadísticas es de 6 Ton/Ha, mientras que el detectado para el subsector estudiado es de 10 Ton/Ha. Cabe señalar que estos casos llaman la atención con relación a la validez de las cifras de superficie producción y como consecuencia de rendimientos publicados oficialmente.

DISTRIBUCION REGIONAL DE LA PRODUCCION

La Región Nororiental de Venezuela ha sido la mayor productora de yuca, variando entre un 34% y 25% del total de la producción

nacional en el período de 1968-1974; siendo de los tres Estados que conforman la Región, el Estado Monagas el mayor suministrador de este rubro, por la tradición de su consumo, no sólo a nivel fresco, sino principalmente como "casabe" (Cuadro 15.7); otras zonas corresponden al Zulia y a los Andes.

CUADRO No. 15.7. Producción de yuca en la región Nororiente de Venezuela (Ministerio de Agricultura⁵).

FUENTE: Anuario Estadístico Agropecuario 1974. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, 1975. Cálculos propios.

Años	Toneladas	% del total nacional
1968	107.186	31,4
1969	105.542	34,0
1970	81.609	25,7
1971	83.376	25,9
1972	101.701	32,0
1973	82.617	30,4
1974	89.489	30,5

VALOR DE LA PRODUCCION A NIVEL VENEZOLANO

En el Cuadro 15.8 se estimaron y compararon los valores de la producción a precios corrientes de cada año (Columna 4, Cuadro 15.8) y su variación relativa, como también el valor a precios del año 1968 (=100) (Columna No. 2, Cuadro 15.8) y su variación relativa interanual pudiendo concluir que no existe variación significativa interanual a precios 1968, con excepción de 1972 - 73 y 1973 - 74 debido a una baja en la superficie y por consecuencia de la producción como se estableció anteriormente.

CUADRO No. 15.8. Valor de la producción de yuca a base de precios del año 1968 y a precios corrientes. Miles de Bs.

FUENTE: Anuario Estadístico 1974. Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, 1975. Cálculos propios.

Años	Valor producción precio base 1968	% Variación	Valor producción precio corriente	% Variación
1968	78.402	- 9,2	78.402	- 4,4
1969	71.265	2,4	68.171	-13,7
1970	72.955	1,7	62.995	15,8
1971	74.227	-1,4	85.973	-9,3
1972	73.199		79.987	2,0
1973	62.572	-14,5	81.615	16,8
1974	73.083	16,8	95.325*	

(*) Considerando el mismo precio que para 1973.

PRECIOS A NIVEL DE PRODUCTOR, MAYOR Y DETAL

Los precios recibidos por el productor en el período de 1968-1974, como puede verse en el Cuadro 15.9 (columna 2), han oscilado entre Bs. 21,0 y Bs. 30,0 los 100 Kg, y corresponde el mayor precio alcanzado por el productor al año 1973, y el menor nivel, al año 1969. Al tomar como bases el precio recibido al año 1968 = 100, de Bs. 23 los 100 Kg, se determina que el índice para el año 1961 fue de 91, mientras que en el año 1973 se elevó en 130 (Cuadro 15.9, columna 3), quedando un promedio de Bs. 25,9 los 100 Kg.

En los precios al por mayor (Cuadro 15.9, columna 4), hubo una variación entre Bs. 35,0 y Bs. 49,0 los 100 Kg; en el año 1970 alcanzó el más bajo nivel y en 1974 el más alto nivel, siendo el promedio durante la serie de 44,9 Bs. los 100 Kg. En 1968 se produjo el precio topo del período, y para el año 1970 el índice bajó a 73, mientras que en el año 1974 se colocó en 103 (Cuadro 15.9, columna 5).

Los precios al detal (Cuadro 15.9, columna 6) han fluctuado entre Bs. 0,63 el Kg en el año 1970, y Bs. 0,73 el Kg desde 1972 a 1974, siguiendo la misma tendencia de los precios al mayor, siendo su promedio para el período de siete años de Bs. 0,69 el Kg.

CUADRO No. 15.9. Precios recibidos por el productor al mayor y al detal, años 1968 - 1974. (Ministerio de Agricultura⁵).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Años	Productor Bs./100 Kg	Índice (*) 1968 = 100	Al mayor Bs. 100/Kg	Índice (*) 1968 = 100	Al detal Bs/Kg	Índice (*) 1968 = 100	Márgenes de precio Prod/mayor Bs/100 Kg	Márgenes de precio Mayor/detal Bs/100 Kg
1968	23,0	100	48,0	100	0,70	100	25,0	22,0
1969	21,0	91	40,0	83	0,64	91	19,0	24,0
1970	25,0	109	35,0	73	0,63	90	10,0	28,0
1971	25,0	109	47,0	98	0,69	99	22,0	22,0
1972	27,0	117	47,0	98	0,73	104	20,0	26,0
1973	30,0	130	48,0	100	0,73	104	18,0	25,0
1974	30,0	130	49,0	103	0,73	104	19,0	24,0
\bar{X}	25,9	113	44,9	93	0,69	99	19,0	24,1

(*) Índice simple. Estos precios son promedios ponderados.

En el período 1968-1974, los márgenes de precios entre el productor y el mayorista presentaron marcados altibajos; variaron desde Bs. 10 hasta Bs. 25,00, en los 100 Kg (Cuadro 15.9, columna 8), mientras que los márgenes entre el mayor y el detal siempre se mantuvieron altos y con menor variación, fluctuando entre Bs. 22,00 y Bs. 28,00 en los 100 Kg (Cuadro 15.9, columna 9).

La participación relativa en el precio de los distintos factores que intervienen en el proceso de comercialización están expuestos en el Cuadro 15.10.

CUADRO No. 15.10. Participación relativa de los diferentes niveles de comercialización en el precio pagado por el consumidor (Cálculos propios).

FUENTE: Cuadro 15.9.

Año	% al productor	% al mayorista	% al detalle	% total
1968	32,9	35,7	31,4	100
1969	32,8	29,7	37,5	100
1970	39,7	15,9	44,4	100
1971	36,2	31,9	31,9	100
1972	37,0	27,4	35,6	100
1973	41,0	24,7	34,2	100
1974	41,0	26,0	32,9	100
\bar{X}	37,5	27,5	34,9	100

OFERTA Y DEMANDA

LA OFERTA

La oferta interna de yuca en Venezuela, para los distintos usos que se le da a esta raíz en el país, es totalmente de origen nacional, o sea que es equivalente a la producción nacional (Cuadro 15.11, columna 2). Sobre su cuantía, se observa que en relación al año 1960, el año de mayor oferta del producto fue 1963, cuando se produjeron 342.388 Ton. Para el año 1965 se tuvo la oferta más baja, entre los años 1960 y 1972, con 301.423 Ton; la oferta promedio fue de 323.244 Ton/año, debido a una caída de la producción. Para el año 1972, la oferta también presentó un nivel bajo al producirse sólo 318.170 Ton. Durante el período en estudio, la oferta presentó la

CUADRO No. 15.11. Oferta y demanda de yuca (Ministerio de Obras Públicas⁶). (Toneladas).

Años 1	Oferta = Producción nacional 2	Intermedia (almidón) 3	DEMANDA			Total 7
			Alimentación animal 4	Producción de "casabe" 5	Consumo directo 6	
1960	340.248	6.450	131.988	40.518	161.292	340.248
1961	339.223	14.310	131.855	40.131	152.927	339.223
1962	322.805	22.434	123.921	39.741	136.709	322.805
1963	342.388	21.558	134.237	39.354	147.239	342.388
1964	311.697	16.439	119.066	38.964	137.228	311.697
1965	301.423	29.040	114.244	38.557	119.582	301.423
1966	320.000	24.912	124.053	38.187	132.848	320.000
1967	315.563	23.070	122.190	37.800	132.503	315.563
1968	340.882	40.818	132.027	40.800	127.237	340.882
1969	309.847	41.550	119.892	37.200	111.205	309.847
1970	317.197	39.558	122.719	38.100	116.820	317.197
1971	322.724	46.158	124.621	39.000	112.945	322.724
1972	318.170	46.110	122.468	38.100	111.492	318.170
\bar{X}	320.244	28.647	124.868	38.958	130.771	324.013

misma tendencia decreciente de la producción nacional (Cuadro 15.10, columna 2).

En cuanto a la estacionalidad de la oferta, la yuca, por su gran difusión en todo el país, se cosecha durante el año, pero la mayor concentración de la oferta se produce entre los meses de enero y abril; mientras que noviembre y diciembre es la época de menor abastecimiento, de acuerdo con el calendario agrícola publicado por el Ministerio de Agricultura y Cría, División de Estadística, de Venezuela.

LA DEMANDA

En el caso de la yuca, la demanda interna es igual a la oferta y también a la producción nacional (Cuadro 15.11, columna 7). No se toman en cuenta las pequeñas exportaciones hechas a las Antillas.

Los componentes de la demanda interna de yuca son cuatro: consumo humano directo, alimentación animal, insumo industrial (almidón); y producción de "casabe" (Cuadro 15.11, columnas 3, 4, y 5).

Al analizar el período 1960-1972, se observa cuál ha sido el comportamiento de la demanda en cuanto a sus componentes (Cuadro 15.12). El consumo directo varió su participación de 47,4% en el año 1960, a 37,3% en el año 1968 y a 35% en el año 1972; por su parte, la demanda de yuca para la elaboración del "casabe" se mantuvo

estable alrededor del 12%; igual sucede con la participación relativa de la yuca en la utilización para alimentación animal, la cual se ha mantenido en casi un 39%; como se menciona anteriormente se tomó como base de cálculo que el 50,7% de la producción se destina a esta finalidad y a la elaboración del "casabe". Por último, la parte de la demanda que presenta mayor variación, es la correspondiente a la producción de almidón, que de sólo 1,9% de la demanda interna total en el año 1960, se colocó en el año 1972 en un 14,5%.

CUADRO No. 15.12. Participación porcentual de los componentes de la yuca y su demanda (Ministerio de Obras Públicas⁶).

Años	Producción almidón	Alimentación animal	Producción casabe	Consumo directo	Total
1960	1,9	38,8	11,9	47,4	100
1961	4,2	38,9	11,8	45,1	100
1962	6,9	38,4	12,3	42,4	100
1963	6,3	39,2	11,5	43,0	100
1964	5,3	38,2	12,5	44,0	100
1965	9,6	37,9	12,8	39,8	100
1966	7,8	38,8	11,9	41,5	100
1967	7,3	38,7	12,0	42,0	100
1968	12,0	38,7	12,0	37,3	100
1969	13,4	38,7	12,0	35,9	100
1970	12,5	38,7	12,0	36,8	100
1971	14,3	38,6	12,1	35,0	100
1972	14,5	38,5	12,0	35,0	100

COSTOS DE PRODUCCION

En el Cuadro 15.13 se estiman los costos de producción por hectárea para una producción de 30 Ton/Ha. Esto determina un costo de 60 Bs /Ton, que al compararse con el precio industrial de 120 Bs /Ton, da un beneficio de 100%. Si este rendimiento bajara a 20 Ton/Ha, su costo unitario sería de 90 Bs /Ton y seguiría en un 50% el beneficio sobre los costos de producción.

El Cuadro 15.14, estima el costo de 620 Bs/Ton, para el rendimiento tradicional de 8 Ton/Ha, lo que se traduce en un costo unitario similar al de alta tecnología y un beneficio relativo (Bs/Ton) mucho más alto, ya que la producción de conuco se ha vendido tradicionalmente a 224 Bs/Ton (Cuadro 15.8) lo que representa un 200% de beneficio sobre los costos.

CUADRO No. 15.13. Costos de producción de la yuca en la región Nororiental de Venezuela (x Ha). Tecnología mejorada (Guillén y Barrios²).

Preparación de suelo			
2 pases rastra pesada (en cruz)			
1 pase de rastra liviana			
1 rayado con cultivadora	120		
Encalado 2 Ton a Bs. 60/Ton y aplicación Bs 6/Ton (después de pases rastra pesada)	<u>132</u>	252	
Plantación			
Esquejes 20 sacos a Bs. 3 (Saco de 50 varas)	60		
Tratamiento esquejes con Aldrín 1/2 lt/Ha (taladradores)	10		
Repicar esquejes, distribuir y plantar 12 jornales a Bs. 14	168		
Abono, 1/2 Ton 12-24-12	300		
Aplicación abono	12		
Reabono úrea 100 Kg	45		
Aplicación de úrea aérea	<u>50</u>	645	
Labores culturales			
Herbicida (Cotorán 1 1/2 Kg/Ha Bs.56 y aplicación Bs. 4)	60		
Limpia, macheteo en la línea 7 jornales a Bs. 14	98		
Control cachudo (<i>Erynnys ello</i>) 2 dosis endrín 1 1/2 lt/Ha	36		
2 aplicaciones aéreas Bs. 30 c/u	60		
Control bachacos (<i>Atta sp.</i>) Producto y aplicación	<u>50</u>	<u>304</u>	1.201
Cosecha			
30 Ton (600 sacos de 50 Kg a Bs. 1)		600	1.801

CUADRO No. 15.14. Costo de producción de yuca (x Ha). Tecnología rudimentaria, Región Central de Venezuela (Guillén y Quintero⁴).

Preparación de suelo

Plantación 100

Repicar esquejes, distribuir y plantar, 12 jornales a Bs. 12 144

Labores culturales

Cultivo mecánico, limpia a mano del hilo y nueva limpia al cierre, 18 jornales a Bs. 12 216 460

Cosecha

8 Ton (160 sacos de 50 Kg a Bs. 1 x saco) 160
620

Rendimiento (promedio nacional):

8 Ton/Ha

Costo por tonelada: $620 : 8 = \text{Bs } 77,50$

Precio por Kg: 7,75 céntimos

Kilogramos producidos por cada bolívar de inversión: 12,5 Kg.

Por lo general, cultivo asociado por leguminosas (Caraotas, frijoles, quinchonchos).

Se puede concluir que los aumentos de rendimiento por unidad de superficie no son compatibles con la producción de conuco, ya que ésta sirve al consumo fresco y a los "casaberos", en escalas muy reducidas de superficie en áreas marginales; siendo que la producción en grandes áreas tiene beneficios por la escala, pero no permite un mercadeo para consumo fresco sino básicamente para uso industrial y cosecha una vez al año y no escalonada; esto permite ingresos a niveles totales, no posibles a nivel de conuco.

LA PRODUCCION DE YUCA Y OTROS CARBOHIDRATOS

Las conclusiones del punto anterior sólo pueden justificarse si la competencia por el recurso suelo para producir productos substitutivos es justificada, tanto desde el punto de vista de volumen de producción como del valor de la misma. Si se compara la producción de

yuca, con técnica correcta, 30 Ton/Ha = 10 Ton/Ha de materia seca, con el rendimiento de maíz en similares condiciones, alcanzando 4 Ton/Ha = 2,5 Ton/Ha de materia seca, se puede concluir que se requieren de 3 a 4 Has de maíz o sorgo para alcanzar el volumen de materia seca de yuca, para la industria de alimentación animal. Si junto a esto, se considera que el maíz requiere de suelos de mejor calidad que la yuca y hoy en día su demanda está casi exclusivamente dedicada al consumo humano, se justifica aún más el uso de la yuca. Si se considera que el valor de 1 Ton/materia seca de yuca cuesta 360 Bs/Ton (120 Ton/materia húmeda x 3) contra 800 Bs/Ton el maíz, se concluye que en el caso Venezolano por cada tonelada de maíz se puede incorporar 2 Ton de yuca; o sea, rebajar los costos de producción de los alimentos concentrados de uso animal.

Esto no quiere decir que debe abandonarse la producción de maíz, sorgo, arroz para el uso de los alimentos animales, sólo se quiere destacar el papel que puede jugar la yuca en la alimentación animal, el que unido a la participación que tienen Brasil y Paraguay en sustituir parcialmente (hasta 20%) la harina de trigo en las mezclas de panificación, contribuye a abaratar los costos de un alimento básico, que contiene un alto ingrediente importado, como es el caso del trigo.

PROSPECCION DEL CULTIVO EN VENEZUELA

De acuerdo al documento editado por el Ministerio de Obras Públicas de Venezuela⁶, el consumo per cápita de yuca para el año 1966 fue de 31,93 Kg/año/habitante y aplicando todas las distintas hipótesis de prospección de la demanda de yuca para el año 1980, ésta no variará, oscilará entre 30,18 Kg/año/habitante y 32,0 Kg/año/habitante; siendo el aumento de demanda exclusivamente ocasionado por el incremento de población, es decir se llegará a las 450 mil Ton/año en 1980⁶. Si se observa el consumo por tramo de ingreso, se puede concluir que llega a más de 50 Kg/año/habitante en los sectores rural, alto y bajo, mientras que en el sector urbano no llega a los 20 Kg/año/habitante⁶.

Las cifras elaboradas por el Ministerio de Obras Públicas de Venezuela⁶, no estiman los aumentos de la demanda potencial de yuca en el uso agroindustrial, como se establece en la sección "de producción de yuca y otros carbohidratos". Si sólo se considera que para el año 1974 la importación de sorgo llegó a 402 mil Ton por un monto de 131 millones de bolívares, y que la meta sería substituirlo a medias por producción nacional de carbohidrato barato, aplicando las relaciones comentadas, en las secciones: "costos de producción" y "la producción de yuca y otros carbohidratos", se concluye que se requieren 603 mil Ton adicionales de yuca fresca, lo que representa 32 mil Has de yuca adicionales, o sea, una superficie similar a la que actualmente está bajo cultivo con el doble de rendimiento unitario.

PROBLEMAS POR INVESTIGAR

1. Administración y manejo de empresas agroindustriales de yuca en asentamientos campesinos.
2. Organización de empresas agroindustriales de producción vertical.
3. Estudio del mercado de la yuca en todos sus aspectos.
4. Determinar la fórmula más justa de compraventa de yuca.
5. Unidad mínima de producción y productividad mínima.
6. Determinación real del costo de producción del cultivo de la yuca en diferentes regiones americanas.
7. Costo de producción de yuca a través de su ciclo de cultivo y durante el proceso de elaboración.
8. Costo de producción de "casabe" por métodos rudimentarios y semitecnificados.
9. Costo de producción industrial de harinas integrales y panificables.
10. Costo de producción de alimentos concentrados cuya base fundamental sea harina de raíz de yuca y harina de follaje de yuca a nivel de fincas.

BIBLIOGRAFIA

1. CENIAP. Informe de la Sección Raíces y Tubérculos, Año 1974. Maracay, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1975. 14 p.
2. FAO. Anuario de Producción 1972. Roma 1973. pp. 186-218.
3. GUILLEN, R. D. y QUINTERO, F. Costos de producción, mercadeo del producto fresco y elaborado. In: Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Revista Facultad de Agronomía, Maracay, 1972. Alc. 22:75-86.
4. _____, y BARRIOS, J. R. La yuca en el oriente de Venezuela. Maracay, Instituto de Agronomía, 1974. 21 p. (Multigrafiado).
5. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y CRÍA. Anuario Estadístico Agropecuario 1974. Caracas, 1975. pp. 113-117.
6. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. Proyecciones de la demanda de productos agropecuarios de Venezuela. Caracas, Dirección General de Recursos Hidráulicos, 1974. 67 p.
7. MONTALDO, A. Importancia de la yuca en el mundo actual con especial referencia a Venezuela. In: Primer Seminario Nacional sobre Yuca. Revista Facultad de Agronomía, Maracay, 1972. Alc. 22:17-40.
8. TECOAP. Estudio a gran visión, "tipo de diagnóstico" Zona Sur del Lago de Maracaibo. Caracas, 1975. 360 p.
9. _____. Estudio de factibilidad técnico-económica de una planta deshidratadora de yuca y forraje para el Distrito Perijá. Maracaibo, 1975. 321 p. (Multigrafiado).

ANEXOS

ANEXO 1

ABREVIATURAS USADAS EN EL TEXTO

1. Longitud

$m\mu$	= milimicra	10^{-3} m
μ	= micra	10^{-6} m
mm	= milímetro	10^{-3} m
cm	= centímetro	10^{-2} m
m	= metro	1 m
Km	= kilómetro	10^3 m

2. Area

m^2	= metro cuadrado	1 m^2
Ha	= hectárea	$10^4 m^2$

3. Capacidad

ml	= mililitro	10^{-3} l
cl	= centilitro	10^{-2} l, también como cm^3 , ó cc.
l	= litro	1 l
Hl	= hectolitro	10^2 l
Kl	= kilolitro	10^3 l, también como m^3

4. Peso

$m\mu g$	= miliminogramo	10^{-9} g
μg	= microgramo	10^{-6} g
mg	= miligramo	10^{-3} g
g	= gramo	1 g
Kg	= kilogramo	10^3 g
Ton	= tonelada	10^6 g

5. Temperatura

°C = grados centígrados

6. Textura de suelos

a = arenoso
 A = arcilloso
 F = franco
 L = limoso

7. Plaguicidas

BHC = hexaclorobenceno
 DNBP = dinitrobutilfenol
 PCP = pentaclorofenol
 TCA = tricloroacetato

8. Otras abreviaciones

cal = calorías
 C.E. = conductancia eléctrica
 E.D. = energía digestible
 E.M. = energía metabolizable
 h = hora
 HCN = ácido cianhídrico
 Hp = caballo de fuerza
 i.a. = ingrediente activo
 Kcal = kilocalorías
 meq = milequivalente
 min = minuto
 mho = unidad de conductancia (mhos)
 mmhos = milimhos
 M.S. = materia seca
 msnm = metros sobre el nivel del mar
 P.M. = polvo mojabable
 ppm = partes por millón
 tfsa = método de determinación químico
 U.I. = unidades internacionales

ANEXO 2

GLOSARIO REFERENTE A YUCA

A

- ACHAGUA.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.
- AGAJE.** Bulto de 32 tortas de casabe con armadura de aros de bejuco y bajero de plátanos.
- AGALLAS CILINDRICAS.** Lesión causada en las hojas de yuca por el díptero *latrophobia brasiliensis*.
- AI.** Yuca en goajiro.
- AIPIN, AIPI.** Yuca en Brasil sólo para los cultivares dulces.
- ALCOHOL ETILICO.** Se prepara de raíces de yuca por fermentación, empleado en Brasil como combustible.
- ALMIDON.** Principal componente de la materia seca de la raíz de yuca.
- AMANAYE.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- AMOIUARE.** Bebida fermentada preparada con la yuca rallada colocada en canastos cubiertos con hojas de cachipo (*Heliconia* sp.) que, al usarla, es desleída en agua.
- ANAUQUAS.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas (Río Kulusen); cultivador de yuca.
- ANDAKI.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- APALAI.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- APINAYE.** Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- APORQUE.** Labor que consiste en levantar la tierra a ambos costados de la hilera de plantación para permitir a la planta de yuca un mejor desarrollo de las raíces reservantes.
- AREPA O BARRIGA DE VIEJA.** Pan de forma triangular elaborada con harina de yuca amasada con almibar de papelón, al que se añade clavos de olor y anís. Se doran en el budare y se envuelven en hojas de plátano.
- ARIPA.** Yuca en quichua.
- ARIPO.** Ver budare. Voz chaima del oriente venezolano.
- ARO.** Yuca en muzo.
- ARUACOS.** Pueblo aborígen americano de la región noroeste del Lago de Maracaibo.

ARR. Yuca en chimú.

ATOL. Bebida preparada con pulpa molida de plantas feculentas, cocida y endulzada.

ATSAHUACA. Pueblo aborigen americano de la región noroeste de Sudamérica; cultivador de yuca.

AUNQUEZO. Yuca en lengua del Putumayo-Cauquetá.

B

BACAIRI. Pueblo aborigen americano de Mato Grosso; cultivador de yuca.

BACHACO. Especie de hormiga, *Atta sexdens*, que ataca las plantaciones de yuca. Sauba en brasilero.

BACHACO AMARILLO. Hormiga arriera. *Acromyrmex* spp.

BACHAQUERO. Nido de bachacos.

BACTERIOSIS. Enfermedad causada por un bacterio *Pseudomonas manihotis* que afecta las plantas de yuca.

BARAMA. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

BARBACOAS o ERAS. Empalizadas o alambradas horizontales donde termina el secado del casabe al sol.

BARBECHO. Suelo labrado pero que no está ocupado por un cultivo.

BARI. Pueblo aborigen americano de la región suroeste del Lago de Maracaibo.

BARRENADOR DE LOS COGOLLOS. Insecto que ataca el extremo creciente de las plantas de yuca denominado *Lonchaea pendula*.

BARRES. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Río Negro.

BASTIMENTO. Provisiones que lleva el llanero venezolano para viajar, entre los que principalmente se incluye el casabe y el tasajo o charqui.

BEIJUS. Preparado sólido del almidón.

BEIJU HUMEDO. Tapioca.

BERRI. Casabe en achagua.

BESO DE MOZA. Forma de preparar la yuca en el noreste brasilero.

BOBURES. Pueblo aborigen americano de la región sureste del Lago de Maracaibo (antigua Provincia de Puruara).

BOLO DE YUCA. Alimento preparado con la harina de yuca amasada en bolos y secada al fogón.

BORO. Pueblo aborigen americano de Guayana; cultivador de yuca.

BORORO. Pueblo aborigen americano de la región de Mato Grosso; cultivador de yuca.

BUDARE. Disco de metal o de barro, plano o ligeramente cóncavo que va sobre el fogón y en el cual se cuece el casabe.

BUÑUELO. Bollitos de masa de pulpa de yuca, fritos en manteca y que se consumen con un melado de papelón.

BURECHE. Licor fermentado preparado a base de casabe en la región del Alto Orinoco.

C

CACHIPO. Nombre vulgar de *Heliconia* sp.

CACHUDO. Nombre vulgar del lepidóptero esfíngido *Erynnis ello*, que ataca a la yuca.

CALLINAGO. Pueblo aborigen americano de la región del Caribe; cultivador de yuca.

- CAMELLON** o **CABALLON**. Levantamiento de tierra que quedan entre dos surcos de plantación.
- CAMUARE**. Nombre vulgar de la palma *Desmoncus multijugus* que se utiliza para hacer cebucanes.
- CANGRE**. Usase en Colombia para estaca.
- CAPINO**. Casabe preparado de yucas dulces.
- CAPINO** o **CASUPO**. Tortas de casabe hechas de picos para alimentar cerdos.
- CAPINO**. Carato que con casabe preparaban los caribes que habitaban la región de Anzoátegui. Todavía hoy se consume por los campesinos. Recién hecho es inocuo y de sabor dulce, pero posteriormente debido a la fermentación alcohólica, es embriagante.
- CARACAS**. Pueblo aborígen americano de la Costa Centro Este de Venezuela; cultivador de yuca.
- CARAJA**. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- CARATO**. Licor fermentado hecho de masa de maíz cocido con agua y aliños.
- CASABE**. Pan de yuca preparado hoy, lo mismo que lo hacían los aborígenes americanos, al tiempo del descubrimiento. La raíz tuberosa de yuca o mandioca se ralla, se le extrae el líquido —yare— por presión, y la harina resultante, una vez cernida en el manare, se elabora y se cuece en budares, dejándola aglomerarse hasta formar tortas grandes y delgadas. La composición química del casabe es aproximadamente la siguiente: agua 12%; grasa 0,2%; proteína 2%; celulosa 3-10%; clúcidos 75-82%.
- CASABE ATORON**. Producto que atora mucho por no haberse secado bien o porque la yuca no estaba madura.
- CASABERA**. Mujer encargada de cocer las tortas de casabe.
- CASABI**. Véase casabe.
- CASHIRI**. Bebida alcohólica que se obtiene de mojar el casabe y dejándole fermentar o bien por fermentación del carato.
- CASIREPO** o **CATARA**. Extraída de la sipipa del yare, este se puede calentar y espesar hasta obtener el cassareep o casirepo.
- CATARA**. Líquido que sobrenada después de la decantación del almidón.
- CATARA**. Yare cocido en ollas de barro hasta darle punto o consistencia de jarabe. Se le agrega ají (*Capsicum* sp.) y bachacos (hormigas del género *Atta*) que la sazona y la conserva. Se usa en el Alto Orinoco. Teuaka en maipure; katora en chaima y katsera en arecuma, son otros nombres para catara.
- CATEBIA**. Producto del rallado de la yuca amarga. Exprimido y cernido se emplea para hacer casabe. En Guayana se le llama CATIBIA, como en Cuba.
- CAXCAMOTE**. Yuca en Guatemala.
- CAYAPO**. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
- CAZABE**. Véase casabe.
- CAZABI**. Véase casabe.
- CEBUCAN**. También escrito como SEBUCAN. Es una manga o tubo hecho de camuare o de cañas que puede ser estirado y estrechado en proporción, en que se exprime la yuca rallada para preparar casabe. Mide, cuando no está en función, 2-3 m de largo por 10-14 cm de diámetro.
- CEBUCANEAR**. Prensar y escurrir en el cebucán la yuca rallada.
- CIANOGENESIS**. Propiedad de las plantas que contienen linamarina de liberar, cuando están en contacto con agua y en presencia de calor, de un ácido orgánico débil o de la enzima linasa, ácido cianhídrico.

- COCORRON o ALMIDONCITO. Dulce preparado con almidón de yuca, anís y papelón.
- CONUCO. Asociación de cultivos en un cercado por lo general reducido.
- COUAC. Harina húmeda de raíz de yuca con sal y secada en el budare hasta darle forma de grumos. Se distingue el couac amarillo y el blanco. El primero es el más apreciado.
- CUACAMOTE. Yuca en México.
- CUAUHCAMOTLI. Yuca en náhuatl.
- CUICAS. Pueblo aborígen americano de la región andina venezolana; cultivador de yuca.
- CUMANAGOTO. Pueblo aborígen americano de la costa centro este de Venezuela; cultivador de yuca.
- CUNA-CUEVA. Pueblo aborígen americano de la región noroeste de Sud-América; cultivador de yuca.

CH

- CHAIMA. Pueblo aborígen americano de la costa centro este de Venezuela; cultivador de yuca.
- CHAPACURA. Pueblo aborígen americano de Mato Grosso y Este Bolivia; cultivador de yuca.
- CHICHA. Bebida fermentada preparada originalmente de maíz, también para esto emplean el casabe.
- CHIMILAS. Pueblo aborígen americano de Panamá; Sierra Nevada, Colombia; cultivador de yuca.
- CHIMUS. Pueblo aborígen americano de la Costa del Perú; cultivador de yuca.
- CHINCHES DE ENCAJE. Hemípteros del género *Leptopharsa* que atacan las hojas de yuca.
- CHUCHA. En Táchira, Venezuela, se aplica a la yuca de mala calidad.
- CHUÑO. Nombre del almidón en Perú y Bolivia.

D

- DUP.PO. Yuca dulce en cachama.
- DEXTRINA. Producto derivado del almidón de yuca.
- DUPWO. Yuca dulce en mamo.

E

- ENBUTAC. Yuca en tamalameque.
- ENRIADO. Tratamiento de las yucas bajo agua por 4 a 8 días con el objeto de provocar una fermentación y una pérdida del HCN.
- ENTAHA. Yuca en malibú.
- EQUI. Casabe en caribe de Guyana.
- EQUIMUN. Yuca en caribe de Guyana.
- ERAS. Véase barbacoas.
- ESQUEJE. Véase estaca.
- ESTACA. Sección del tallo lignificado de la planta de yuca que se utiliza para la multiplicación vegetativa. Debe tener 15-25 cm de largo y estar en buen estado fisiológico, el que se comprueba al exhudar latex en el corte.
- ESTACION SECA. Período del año, en las regiones tropicales, en que la precipitación pluvial es mínima. Impropiamente llamado verano.

ESTACION DE LLUVIAS. Período del año en las regiones tropicales en que llueve con más abundancia y cuando se plantan los cultivos de secano. Impropiamente llamado invierno.

ESTAMINODIO. Anormalidad que ocurre frecuentemente en las flores femeninas de yuca, que presentan algunos estambres rudimentarios.

EU. Yuca en paraujano.

EUPHORBIACEAE. Familia botánica a la que pertenece la yuca o mandioca.

F

FARIÑA. Harina gruesa que se extrae de la yuca. Su consumo es común en Brasil, de allí ha pasado a Argentina.

FECULA. Véase almidón.

G

GARI. Harina granulada y fermentada preparada de raíz de yuca.

GLUCOSA. Producto derivado del almidón de yuca.

GOMA. Producto preparado en Brasil del almidón crudo.

GUACAMOTE. Yuca en México.

GUACAMOTLI. Yuca en México.

GUATE PAJARITO o TIÑA. *Phthirusa pyrifolia*, planta semiparásita que ataca la yuca.

GOAJIROS. Pueblo aborigen americano de la región de la Península de Guajira al Noroeste de Sudamérica; cultivador de yuca.

GUAYMIES. Pueblo aborigen americano de la región de Panamá; cultivador de yuca.

GUAYUPES. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

H

HAIMA. Chica de yuca entre los goajiros.

HARINA DE FOLLAJE DE YUCA. Se prepara moliendo todo el follaje, tallos, ramas y hojas, en cosechas periódicas. Contiene hasta un 20% de proteína.

HARINA DE RAIZ DE YUCA. Se prepara moliendo las raíces y secándolas. Contiene 33% de materia seca total y 4-6% de proteína.

HARINA DE AGUA. Harina que se extrae de las aguas del lavado del almidón.

HARINA DE AGUA. Las raíces se ponen a enriar en un tanque o un río por 4-8 días. A veces se agrega una porción de yuca algo descompuesta para acelerar una fermentación. Las raíces son posteriormente molidas y sometidas a igual proceso que para hacer harina seca.

HARINA SECA. Se prepara en igual forma que el casabe, pero el producto no se deja aglomerar.

HARINA DE TALLOS. Se prepara moliendo los tallos para relleno en las raciones para animales.

HOGON. Yuca en jirajara.

HUACAMOTE. Yuca en México.

I

IKADE. Yuca en catío.

ITA. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.

J

JAUJAO. Casabe superior, muy blanco y delicado.

JECHO. Se usa frecuentemente por los campesinos para indicar que la raíz de yuca está formada o que un fruto está maduro.

JICAQUE. Pueblo aborígen americano de Centro América y Panamá; cultivador de yuca.

JURUA-PURUS. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.

K

KACITE. Yuca dulce en cumanagero.

KAMARAKOTO. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

KARINYA. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

KATORA. Véase catara.

KATSERA. Véase catara.

KERE. Yuca amarga en cachama.

KICARAPO. Yuca amarga en cumanagero.

KIEDE. Yuca amarga en burama.

KITSERE, KITSERA. Yuca amarga en macusi.

KIU-TOKMOSH. Yuca en timote.

KLEDE. Yuca amarga en makiritare.

KOKONTE. Trozos de yuca seca.

KUCHO, KUCHU. Yuca en cayapa.

KUDERE. Yuca amarga en mamo.

KUIKURU. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.

KUSIRA. Yuca amarga en karamakoto.

L

LATEX. Líquido de aspecto lechoso que exhuden los tallos de la yuca y otras Euphorbiaceae.

LECHE DE YUCA. Agua con almidón en suspensión.

LINAMARINA. Glucósido cianogénico que contiene la yuca y que por degradación enzimática genera ácido cianhídrico.

LO, LOM, LON. Yuca en paez y dialectos.

LOCONO. Pueblo aborígen americano de las Guayanas; cultivador de yuca.

LOTAUSTRALINA. Glucósido cianogénico que contiene la yuca y que por degradación enzimática genera ácido cianhídrico.

M

MACAIXEIRA. Yuca en Brasil.

MACUSI. Pueblo aborígen americano de las Guayanas; cultivador de yuca.

MACHIGUENGA. Pueblo aborígen americano del Este de Perú; cultivador de yuca.

MANARE. Hernero o cernidor de harina de yuca, hecho de fibras entretrejidas de caña.

MANDAROVA. Véase cachudo.

MANDIBA. En tupí, la planta.

MANDIO. Yuca en guaraní del Estuario del Río de la Plata.

MANDIOC. Yuca en guaraní del Brasil.

MANDIOCA. En tupí, raíz tuberosa.

MANDIOCA. Nombre de *Manihot esculenta* en: Argentina, Uruguay, Paraguay, Brasil.

MANDIOCA BRAVA. Véase yuca amarga.

MANDIOCALES. Véase yucales.

MANIHOT ESCULENTA. Nombre científico de la yuca o mandioca.

MAIPURES. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

MAKIRITARE. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

MANARE. Cedazo para separar las partes enteras de la harina de yuca.

MAÑOCO. Harina tostada de yuca.

MAPIRE. Cesto de hojas de palmera en que se coloca la catebía para prensarla.

MARA. Cesto de bejuco en que se coloca la yuca rallada para que escurra el yare o catara.

MASCOI. Pueblo aborígen americano del Sur de Brasil; cultivador de yuca.

MOJO. Pueblo aborígen americano del Este de Bolivia y Mato Grosso; cultivador de yuca.

MOSQUITO. Pueblo aborígen americano del Noreste de Sud América, Panamá, Colombia; cultivador de yuca.

MUNDURUCU. Pueblo aborígen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.

MUZOS. Pueblo aborígen americano del Alto Magdalena; cultivador de yuca.

N

NAIBOA. Nombre autóctono de la yuca. Emparedado de casabe preparado con papelón y queso, al que en algunas regiones llaman “jau-jau”.

Casabe aliñado que se prepara echando sobre la torta en cocimiento una mezcla de papelón raspado o melaza con clavos de olor y anís, sobre ella se extiende una segunda cara y luego se voltea para su cocimiento total.

NAMBICUARA. Pueblo aborígen americano de Mato Grosso; cultivador de yuca.

NASCAS. Pueblo aborígen americano de la Costa del Perú; cultivador de yuca.

NASE-TASI o NASETASI. Yuca en yurumangui.

O

OMAGUA. Pueblo aborígen americano del Sur de Colombia; cultivador de yuca.

ONOTOS. Pueblo aborígen americano de la región noroeste del Lago de Maracaibo; cultivador de yuca.

OPA. Yuca amarga en bakairí.

OTOMAC. Pueblo aborígen americano del Alto Orinoco; cultivador de yuca.

P

PABELLON. Palto nacional venezolano que contiene: carne, arroz, caraotas negras y yuca.

PACAGUARA. Pueblo aborigen americano del oeste de Brasil; cultivador de yuca.

PAEZ. Pueblo aborigen americano de Colombia; cultivador de yuca.

PAPELON. Azúcar de caña no refinada.

PATANGORO. Pueblo aborigen americano de Colombia; cultivador de yuca.

PAYA. Pueblo aborigen americano de Panamá; cultivador de yuca.

PAYA. Bebida preparada por los tamanacos, a base de casabe fermentado bajo hojas húmedas para permitir una acción más activa de las levaduras.

PAYAUARU. Igual procedimiento que para preparar paya, pero el casabe se tuesta previamente.

PELETS o TACOS. Harina de yuca aglomerada en pequeños cilindros, a veces adicionada de melazas, sales minerales y vitaminas.

PÉRITE. Casabe en karútana y katapolitani.

PICO. Parte no triturada de la catebía.

PÓ Yuca dulce en yupa.

PU, PÓO. Yuca en molitón.

PORSIACASO. Saco o morral donde el llanero lleva la comida, compuesta principalmente de: casabe, papelón, café, queso, arepa, plátano, caruto, carne seca, etc.

Q

QUEPOS. Pueblo aborigen americano de Centro América; cultivador de yuca.

QUISCAMOTE. Yuca en México.

R

RALLO. Instrumento áspero de latón contra el que se frota la raíz de yuca para desmenuzarla.

RAMA. Véase estaca.

RASPA. Véase trozos.

RAYADO MARRON DE LA RAIZ. Afección de las raíces tuberosas de yuca que se manifiesta por una coloración azul verdosa y posteriormente marrón provocada posiblemente por enzimas y que se manifiesta 24-28 horas después de la cosecha.

RODAJAS. Véase trozos.

ROZA. Acción de cortar la vegetación de un suelo virgen, o fuera de cultivo y quemarla.

RUCUYOS. Pueblo aborigen americano de las Guayanas; cultivador de yuca.

RUMO. Yuca en quichua.

S

SABANA. Voz, taína, para designar una llanura dilatada cubierta de pastos y con pocos árboles, de clima caluroso.

SAES. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.

SALES DE YARE. Yare cocido hasta ser transformado en jarabe con agregación de almidón de la propia yuca y sal.

SANCOCHO. Hervido que contiene: carne o pescado, raíces como: batata, yuca, ñame, ocumo, taro, apio; además de auyama, topocho verde, jojoto, etc.

SAUVAS. Véase bachacos.

SEBUCAN. Véase cebucán.

- SHIPIBO.** Pueblo aborigen americano del Este del Perú; cultivador de yuca.
SIEDE. Yuca amarga en makiritare.
SIPIPA. Harina fina obtenida de la decantación del yare.

T

- TACATA.** Bebida preparada de yuca molida.
TACOS. Véase pelets.
TAINO. Pueblo aborigen americano de la región del Caribe; cultivador de yuca.
TAISE. Yuca dulce en bakairi.
TALLA. Especie de horquilla que se coloca junto a la entrada del fogón del budare para terminar la cocción del casabe.
TAMANACOS. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.
TAPIOCA. Dextrina preparada a base de almidón de yuca. La tapioca también se obtiene por calentamiento de la sipipa.
TAPIRAPE. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
TENDEDORA. Véase casabèra.
TENETEHARA. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
TIMBARA. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.
TIMOTES. Pueblo aborigen americano de la región andina de Venezuela; cultivador de yuca.
TIPITI. Véase cebucán.
TOBATI. Pueblo aborigen americano de Paraguay; cultivador de yuca.
TON GOM. Yuca en ayomán.
TOPIA. Cada una de las tres piedras que forman un fogón para hacer casabe u otro propósito.
TUCANO. Pueblo aborigen americano de Colombia; cultivador de yuca.
TUCUNA. Pueblo aborigen americano del Oeste de Brasil; cultivador de yuca.
TUCUPÍ. Véase catara.
TUCUTUTÚ o **TRAPICHE CULERO.** Prensa que se emplea en el secado de la catebía.
TUPINAMBA. Pueblo aborigen americano del Este de Brasil; cultivador de yuca.

W

- WAIWAI.** Pueblo aborigen del Norte de Brasil; cultivador de yuca.
WAPISHANA. Pueblo aborigen del Norte de Brasil; cultivador de yuca.
WARAO. Pueblo aborigen de la Boca del Orinoco; cultivador de yuca.
WITOTO. Pueblo aborigen americano del Sur de Colombia; cultivador de yuca
WUI. Yuca amarga en apalai.

Y

- YABARANAS.** Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Orinoco; cultivador de yuca.
YAMAMADI. Pueblo aborigen americano de la Cuenca del Amazonas; cultivador de yuca.

- YANDAMA. Pueblo aborigen del Sur de Venezuela; cultivador de yuca.
- YARAQUE. Bebida fermentada preparada con el casabe quemado, por los habitantes del Alto Orinoco. También denominada yakari o payauáru.
- YARE. Líquido que se extrae de la yuca rallada y que contiene gran cantidad de ácido cianhídrico.
- YUCA. En taíno la raíz tuberosa de *Manihot esculenta*.
- YUCA. Nombre de *Manihot esculenta* en Venezuela, Colombia, Panamá, Ecuador, Perú, Bolivia, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo, Costa Rica, Salvador, Honduras, Nicaragua. Cuando se hacen sonar las articulaciones de los dedos es "sacar yucas" (Venezuela). También es juego de chicos en Ecuador.
- YUCA AGRIA. Véase yuca amarga.
- YUCA AMARGA. Raíz de yuca con alto contenido en principios cianogénéticos.
- YUCA BRAVA. Véase yuca amarga.
- YUCA DULCE. Raíz de yuca con bajo contenido en principios cianogénéticos.
- YUCA MANSO. Véase yuca dulce.
- YUCAL. Campo cultivado de yuca.
- YUCUBIA. En taíno la planta de *Manihot esculenta*.
- YUCUTA. Mañoco desleído en agua.
- YUPAS. Pueblo aborigen americano de la región noroeste del Lago de Maracaibo; cultivador de yuca.
- YURUMAQUIES. Pueblo aborigen americano de Colombia; cultivador de yuca.

Z

- ZENU. Pueblo aborigen americano de Panamá; cultivador de yuca.

INDICE DE MATERIAS

A

- Aberraciones cromosomales, 185
Abonos químicos, Véase Fertilizantes
Abonos verdes, 119, 120, 130
Acanthoderes nigricans, 229
Acaros, 160, 231, 232
Acción de los elementos NPK, 109
Aceite de maíz, 305, 313
Aceite de palma, 324
Acetona, 63, 281
Acidez del suelo, Véase pH
Acido ascórbico, 52, 54, 62, 244, 245, 261, 264, 273
Acido aspártico, 60, 61
Acido cianhídrico, 30, 48, 49, 54, 62, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 88, 110, 276, 282, 301, 302, 323, 324, 325
Acido clorogénico, 256
Acido glutámico, 60, 61
Acido indolacético, 141
Acido indolbutírico, 141
Acido naftalenoacético, 140, 141
Acido propiónico, 293
Acido sulfúrico, 197
Acido sulfuroso, 254
Acidos grasos, 467
Acromymex sp., 160, 227
Achagua, 262
Adhesivo, 281
Aflotoxina, 278
Afrechillo de trigo, 318
Afrecho de arroz, 310
Afrecho de yuca, 272
Africa, 13, 15, 16, 19, 20, 22, 190, 200, 206, 211, 234, 242, 262, 274
Afsilin, 321
Agallas cilíndricas, Véase *Iatrophobia brasiliensis*
Agave sisalana, 99
Agba, 3
Agbeli, 4
Agouti paca, 234
Ahasverus advena, 255
Ajonjolí, Véase *Sesamum indicum*
Ai aoehi, 3
Aipi, 2, 7
Aipim, 2
Alaclor, 156
Alagoas, 118
Alanina, 60, 61
Alcohol, 281
Aldrex, 230
Aldrín, 160, 226, 227
Aleurites moluccana, 99
Alfalfa, Véase *Medicago sativa*
Alfisoles, 102, 110
Algodón, Véase *Gossypium hirsutum*
Alimentación animal, 67, 278, 279, 281, 284, 299, 300, 307, 308, 309, 313, 328, 343, 344
Almacén, 241
Almacenamiento, 217, 240, 242, 243, 244, 245, 251, 252, 253, 254, 257
Almacenamiento de agua en el suelo, 84, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95
Almacenamiento de estacas, 142
Almacenamiento frigorífico, 253
Almidón, 6, 9, 10, 11, 35, 36, 37, 49, 54, 55, 71, 88, 106, 107, 116, 117, 126, 147, 161, 162, 184, 185, 189, 197, 241, 242, 244, 275, 276, 278, 280, 281, 284, 293, 294, 306, 309, 326, 343, 344
Almidón alimenticio, 281
Almidón industrial, 281
Almidón modificado, 281
Alphitobius sp., 255
Alta fertilidad (suelos), 101
Alto Perú, 9
Alto Xingú, 275
Altura de plantas, 88, 198
Alugach, 2
Aluminio, 103, 104, 117
Al-valli kilangu, 2
Allium cepa, 99
Amanaye, 262, 274
Amaranthus sp., 153
Amazonia, 6, 7, 11, 30
Amberpome, 3
América, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 20, 22, 120, 190, 204, 211, 223, 233
Ametrín, 154
Amibén, 152, 159
Amilopectina, 54, 256, 280
Amilosa, 54, 280

- Aminoácidos, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 69, 70, 279, 324, 325
 Aminobutano, 258
 Amoniaco, 116, 117, 326
 Amouare, 276
 Anaco, 121
Ananas comosa, 9, 11
Anastrepha manihotti, 186
 Anatomía y desarrollo de la flor, 177, 183
 Anauquas, 7
 Andaki, 7
 Androestéril, 177, 178, 183, 184, 194
 Androfertil, 177, 178, 183
 Angola, 7, 10, 13, 16, 21, 78, 79, 234
 Anhídrico carbónico, Véase Dióxido de carbono
Annona cherimolia, 8
Annona reticulata, 99
Annona squamosa, 99
 Antesis, 181
 Antibióticos, 318
 Antílope, 234
 Antillas, 5, 9, 204, 224, 262, 276
Antherigonia excisa, 229
Antidesma bunius, 99
 Anzoátegui, 276
 Apalai, 2, 262, 272
Apanteles americanus, 223
Apanteles flaviventris, 223
Aphelenchus sp., 223
 Apinaye, 262
 Aporque, 150, 151, 152, 160
Aprostocerus sp., 227
 Apure, 5
Arachis hypogaea, 8, 11, 61, 99, 128, 129, 218, 279, 305
 Arado, 240
 Aradura, 132
Araecarus fasciculatus, 255
 Arakán, 10
 Arbol de goma Ceará, 30
 Arbol de pintura, 30
 Arcilla, 105, 112, 114
 Area foliar, 154, 189, 211
 Arena, 112, 114
 Argentina, 2, 13, 16, 19, 28, 29, 79, 109, 122, 135, 147, 162, 213, 217, 220, 221, 227, 229
 Arginina, 55, 59, 60, 61
 Aripa, 2
 Aripo, Véase bundare
 Arizona, 28
 Aro, 2
 Arpipoca, 7
 Arquitectura histológica, 34
 Arr, 2, 8
 Aruacos, 5, 12
Artocarpus altilis, 99
 Arraigamiento, 135, 146
 Arroz, Véase *Oryza sativa*
 Asbii, 3
Asciodes sp., 187
 Ascomicete, 219
 Asia, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 200, 206
 Asociación de cultivos, 106, 127, 128, 147, 171
 Aspectos económicos, 234
 Assam, 10
 Asunción, 9
 Atratón, 152
 Atrazín, 152, 154, 159
Atta sexdens 135, 160, 161, 187, 191, 202, 227, 345
 Aunquezo, 2
 Autofecundación, 193, 196, 203
 Autopolinización, 183
 Avena, Véase *Avena sativa*
Avena sativa, 309, 327
Averrhoa bilimbi, 99
Averrhoa carambola, 99
 Aves, 54, 55, 56, 69
Axonopus compressus, 153
 Azúcar, 54, 63, 71, 190, 244, 306
 Azufre, 160, 217, 226, 230
 Azufre coloidal, 70
- B**
- B. H. C., 160, 226, 229, 230
 Bacairi, 262
 Bacalao seco, 60, 61
 Bachaco, Véase *Atta sexdens*
 Bachaco rojo, Véase *Atta sexdens*
 Bacterias, 241
 Bactericidas, 243
 Bacteriosis, 103, 133, 184, 196, 202, 213
 Bafafanapaka, 3
 Bahía, 7, 30, 103, 147, 150, 151
 Bakairi, 2
 Balance calórico, 287
 Balance hidrológico, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95
 Balandong, 3
 Banan'gou, 3
 Banankou, 4
 Banco de germoplasma, 31, 46, 169, 202, 203, 204, 206
 Bandkahe, 3
 Banggala, 3
 Barama, 262, 274
 Barbacoa, 261, 271
 Barbecho, 107, 108, 128, 129, 130
 Barquisimeto, 6
 Barrenador de los cogollos, Véase *Lonchaea pendula*
 Barrenador de los brotes, Véase *Lonchaea pendula*
 Barrés, 7
 Basudin, 230
 Bataba gangai, 3
 Batara kétié, 4
 Bede, 3
 Beijú, 8, 277
 Beijú húmedo, Véase tapioca

Belem, 155
Belvosia williamsi, 223
Bemisia sp., 211
 Benin, 13, 21, 127
 Benomil, 258
 Bekira, 2
 Beso de moza, 277
 Beurmah, 3
 Bibiligota, 3
 Biología floral, 177, 202, 203
 Birmania, 10
Bixa orellana, 99
 Bobures, 5
 Bocio, 69
 Bodin, 3
Boehmeria nivea, 99
 Boesi-ingi-kasabu, 29
 Bolas de yuca, 260, 274
 Bolet, 3
 Bolivia, 1, 13, 16, 79, 102, 202
 Bolo de macaxeira, 277
 Bonaire, 204
 Boro, 119
 Boros, 274, 275
 Borona, 277
 Bororos, 275
 Botánica, 28
Botrytis sp., 186
 Bovinos, 68, 326, 327
 Brasil, 2, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 28, 29, 30, 56, 78, 79, 102, 109, 118, 135, 144, 146, 147, 150, 151, 155, 163, 182, 191, -201, 202, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 220, 221, 224, 227, 229, 230, 234, 242, 262, 272, 281
 Brazilian arrow-root, 4
Brassica nigra, 99
 Broca dos brotos, Véase *Lonchaea pendula*
 Bromuro de metilo, 254
 Brotación, 36, 37, 46, 141, 217
 Brotes, 137, 140, 142, 143, 152, 214, 226, 227, 229, 261, 262
 Budare, 12, 261, 262, 269, 270, 271, 272, 275
 Búfalo, 234
 Burama, 2
 Bureche, 276
 Burundi, 13, 21, 78
Bustrychoplites cornutus, 255

C

Cabo Verde, 53
 Cachama, 2
 Cachaza, 277
 Cachudo de la hoja, Véase *Erynnis ello*
 Cagua, 153, 154
Cajanus indicus, 107, 117
 Cal dolomítica, 103
Calathea allouia, 99
 Calcio, 51, 52, 53, 54, 58, 66, 68, 86, 103, 104, 105, 106, 109, 112, 114, 118, 123, 261, 264, 273, 278, 294, 306, 311, 325

Calcuta, 10
 Cali, 6, 145, 155
 Calidad culinaria, 190, 256
 Caligno, 262
 Calor latente de evaporación, 287, 290, 292
 Calorías, 19, 20, 21, 23, 261, 263, 326
 Camerún, 10, 13, 21, 206
 Camellones, 143, 152, 218
 Campinas, 214
 Campos de multiplicación, 133
 Canadá, 16, 119
Cananga odorata, 99
 Cancros, 219
 Cangres, Véase estacas
Canna edulis, 8, 99
 Capacidad de combinación, 205
 Capacidad de operación de la maquinaria, 131, 132
 Capacidad de saturación del suelo, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95
 Capino, Véase carato
 Caprinos, 308
Capsicum sp., 8, 276
 Carabobo, 114
 Caracas, 5
 Caraja, 262
 Carao, 5
 Carbaryl, 222
 Carato, 260
 Carbohidratos, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 190, 261, 263, 271, 273, 278, 279, 306, 308
 Carbonato de calcio, 103, 112, 321
 Caribe, Mar, 16, 19
Carica papaya, 99
 Carima, 277
 Caroteno, 304
Carpophilus spp., 255
 Casabe, 5, 6, 9, 10, 69, 126, 147, 189, 240, 242, 253, 260, 261, 262, 265, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 282, 343, 344, 348
 Caseína, 279
 Casirepo, Véase catara
 Cassada, 4
 Cassava, 4
 Cassave, 4
 Cassavi, 7
Cassia occidentalis, 99
 Castillo de Oro, 9
 Castración de flores, 184
 Catalasa, 244, 245, 256
 Catara, 260, 276, 277
 Catebía, 260, 267, 270
Cathartus quadricollis, 255
 Catío, 2
 Caucho, 28, 30
 Caucho ceará, Véase *Manihot glaziovii*
 Caucho de Pará, Véase *Hevea brasiliensis*
 Caxcamote, 2
 Cayapa, 2
 Cayapó, 275
 Cazabi, 10
 Ceará, Véase *Manihot glaziovii*
 Cebucán, 6, 260, 267, 269, 274, 275

- Célula madre del grano de polen, 181
 Celulosa, 281, 306, 309, 326
Cenchrus brownei, 153
 Cenizas, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 261, 263, 271, 273, 278, 304
 Centrifugación del almidón, 294
 Centro América, 6, 9, 11, 12, 16, 19, 28, 29, 52, 204, 301, 304
 Centro brasilero-paraguayo de origen, 11
 Ceras protectoras, 258
Cercospora caribae, 187, 214, 215
Cercospora henningsii, 187, 191, 214, 215
Cercospora viscosae, 187, 215, 216
 Cerdos, 55, 56, 68, 69, 234, 306, 307, 308, 310, 311, 312, 313, 314, 316, 318, 319, 321, 322, 324, 325
 Cereales, 19, 20, 22, 23, 55, 59, 278, 303, 306, 314, 325, 326, 327
 Cianohemoglobina, 62, 68
 Cibucán. Véase cebucán
 Cifras de operación de una fábrica tipo, 296
 Cilindro central, Véase pulpa
 Cistina, 55, 59, 60, 61, 70, 326
 Citología, 181
 Cítricas, 126, 224
Citrus aurantifolia, 99
Citrus grandis, 99
Citrus limon, 99
Citrus medica, 99
Citrus paradisi, 99
Citrus reticulata, 99
Citrus sinensis, 99
 Clasificación del almidón, 295
 Clasificación ecológica, 86, 99
 Clasificación de suelos, 108
 Clima, 87
 Cimograma, 81, 82, 83
Clitoria ternatea, 99
 Clon, 194, 198
 Clordano, 227
 Clorofila, 119
 Clorosis, 118, 119
 Cloroxurón, 155, 159
 Cloruro de potasio, 112, 118, 122
 Cobalto, 119
 Cobertura del suelo, 109, 126
 Cobre, 68, 118
Coelogenis fulvus, 233
Coelosternus sp., 187, 191
Coffea arabica, 130
 Cojedes, 104
Coleus tuberosus, 99
Colocasia esculenta, 99
 Colombia, 1, 5, 6, 12, 13, 15, 55, 78, 102, 122, 128, 145, 147, 152, 155, 163, 170, 203, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 224, 227, 229, 230, 243, 258
 Color de las hojas, 32
 Color de la pulpa, 186, 199
 Color del tallo, 32
 Colquicina, 196, 197
Colletotrichum sp., 217
 Combustible, 290, 296
 Competidores bióticos, 211
 Composición química, 48, 50, 51, 52, 53, 57
 Conejo, 234
 Congo, 10, 13, 21, 78, 211
Corinonmus constrictus, 255
 Conservación de raíces, Véase almacenamiento
 Control biológico, 222
 Control de malezas, 151, 152, 154, 155
 Control de plagas y enfermedades, 133, 159, 188
 Conuco, 137, 344
 Coro, variedad, 9
 Coro, Venezuela, 5
 Corteza de las raíces, 34, 35, 49, 50, 63, 64, 65, 66, 67, 88, 189, 218, 256, 301
 Corteza del tallo, 32, 64, 65, 67
Corynothrips stenopterus, 224
 Corrientes, 109, 147, 163
 Cosecha, 38, 146, 161, 162, 164, 166, 169, 180, 190, 202, 240, 241, 242, 243, 245, 254, 256, 345, 346
 Cosecha mecanizada, 169, 170, 171, 240
 Conservación y combate de erosión, 106
 Costa Atlántica (Colombia), 6
 Costa de Marfil, 10, 13, 21, 243
 Costa Rica, 1, 102, 204
 Costo del combustible en secado del follaje, 290, 292
 Costo del combustible en secado de raíces, 290
 Costo de la cosecha mecanizada, 171
 Costo de la labor, 131, 132
 Costo del material de propagación, 143
 Costos de operación de una fábrica de harina, 298
 Costos de la plantación mecanizada, 171
 Costos de producción, 344, 345, 346, 348
 Costos del secado artificial, 290
 Cotorán, Véase fluometurón
 Couac, 260, 271, 272
Criconemoides sp., 187, 233
 Cromosomas, 181, 182, 183, 195, 196, 197
 Croquetas, 277
Crotalaria juncea, 117, 130
 Cruzamiento, 186, 191, 192, 193, 196, 197, 201
 Cruzamiento convergente, 196
 Cruzamiento dialélico, 203, 205
 Cruzamiento interespecífico, 182, 183, 191, 195, 205
 Cruzamientos intervarietales, 205
 Cruzamientos múltiples, 205
 Cruzamientos polivarietales, 194
 Cruzamientos recíprocos, 195
Cryptolestes sp., 255
 Cuaahcamotli, 2
 Cuba, 2, 10, 13, 16, 79, 227
Cucumis anguria, 99
Cucumis melo, 99, 129
Cucurbita maxima, 99, 126
Cucurbita moschata, 99
Cucurbita pepo, 99, 126
 Cuicas, 5

Cultivo, 11, 126, 244
 Cultivo de conuco, 126, 127, 131, 137, 244
 Cultivo industrial, 127
 Cultivos de diversificación, 99
 Cumanagotos, 2, 5
 Cursan-Tau, 2
Cuscuta sp., 234
 Cuzco, 8
Cynodon dactylon, 107
Cynodon plectostachium, 68
Cyperus rotundus, 153, 158

CH

Chad, 13, 21, 79
 Chaguaramas, 82, 83
 Chame, 5
 Chapacura, 262, 272
Chenopodium quinua, 3, 11
 Cherú, 5
 Chibé, 277
 Chicha, 5
 Chile, 10, 16, 19
Chilomima clarkae, 229
Chilozela bifilalis, 229
 Chimbote, 8
 Chimilas, 6
 Chimú, 2
 Chimus, 9
 China, 16, 19, 79
 Chinche de encaje, Véase *Leptopharsa* sp.
 Chkna aru, 2
Chloris virgata, 99
Choanephora cucurbitarum, 241
Chrysophyllum caimito, 99
 Chuño, 261
 Chuquisaca, 9

D

D. N. B. P., 152, 159
 Daños fisiológicos, 241
 Daños por frío, 253, 257
 Daños de insectos y roedores, 242
 Daños de mamíferos, 233
 Daños mecánicos, 240
 Daños de patógenos, 241
 Daños de plantas parásitas, 234
 Daños de plantas semiparásitas, 234
Dasyprocta variegata, 233
Daucus carota, 99
 Deficiencia de agua (en suelo), 96, 97, 98
 Defoliación en la estación seca, 32, 186
 Dehidrogenasas, 244, 245
 Delahazo, 3
 Demanda, 343
 Densidad del follaje, 88
 Densidad de plantación, 147, 171, 188
Dermestes spp., 255
 Desarrollo del sistema foliar, 198
 Desarrollo de tallos y hojas, 36, 37, 46
 Deshidratación, 240, 289

Deshumidificación del almidón, 294
Desmoncus multijugus, 260
 Detoxificación, 70
 Dextrina, 54, 281
 Dextrosa, 54
 Diacanán, 9
 Diagnósis foliar, 110
 Dialelos, 184
 Diastasas, 24
 Dibromuro de metilo, 254
 Dicloruro de etileno, 254
 Difenamid, 154, 155, 159
 Digestibilidad, 55
 Digestibilidad verdadera, 59, 60, 61
Digitaria sanguinalis, 153
 Dimeteoto, 224
Dinoderus sp., 255
 Dion-a-cukis, 4
Dioscorea spp., 8, 9, 20, 22, 128, 129, 305
Dioscorea alata, 99
Dioscorea cayenensis, 99
Dioscorea composita, 99
Dioscorea esculenta, 99
Dioscorea floribunda, 99
Dioscorea trifida, 99
Diospyros ebenaster, 99
 Dióxido de carbono, 57, 76, 77, 84, 243, 257
Diplodia manihotis, 187, 217
 Diploides, 181, 196
 Diquat, 152, 159
 Dirección de crecimiento de la raíz, 189, 198
 Diseño de plantación, 143, 144
 Distancias de plantación, 38, 133
 Distribución regional de la producción, 338
 Dithane M-22, 216, 217
 Dithane M-45, 216
 Dithane Z-78, 216
Ditylenchus dipsaci, 187, 233
 Diurón, 152, 154, 155, 156, 157
 Diversificación de la producción, 99
 Djambalan, 3
 Dominancia apical, 145
 Drenaje, 161, 218
 Drenaje interno, 99, 101, 102
 Dup. po, 2
 Dupwo, 2
 Durango, 29
 Dybar, Véase, E. P. T. C.
 Dymid, Véase difenamid

E

E. P. T. C., 159
 Ebaé, 3
Echinochloa sp., 153
 Ecología, 86, 150
 Ecuador, 1, 6, 8, 13, 15, 78, 82, 83, 102, 122, 203, 216, 217
 Eficiencia alimentaria, 54, 68, 301, 302, 304, 305, 309, 324
 Eficiencia calórica, 288, 290, 292
 Eficiencia de utilización, 54

Elefante, 234
 Elementos libres de nitrógeno, 304, 306
 Elementos menores, 119
Eleusine indica, 153
 Embara, 2
 Embrión, 183
 En bal, 3
 Enbutac, 2
 Encalado, 131, 345
 Endocría, 186, 205, 207
 Endrín, 160, 212, 220
 Energía digerible, 56
 Energía eléctrica, 296
 Energía metabolizable, 56, 301
 Energía química, 76
 Energía radiante, 19, 23, 56, 76, 285, 286
 Energía solar, Véase energía radiante
 Enfermedades, 192, 203, 206, 235
 Enfermedades de las estacas, 200, 213
 Enfermedades de las estacas y de las raíces reservantes, 217
 Enfermedades del follaje, 214
 Enfermedades fungosas, 200, 202, 214
 Enfermedades virosas, 200, 211
 Engrosamiento de las raíces reservantes, 36, 37, 46, 122, 189
 Enriado, 261
 Ensilado de follaje de yuca, 309
 Ensilado de raíces de batata, 322
 Ensilado de raíces de yuca, 309, 315, 322, 323, 327
 Entaha, 2
 Entisoles, 102
 Enzima, 62, 66, 67, 70, 71, 242, 256, 300
 Enzima Q, 256
Eotetranychus planki (ahora pasado a: *Mononychellus macgregori*), 160, 187, 229, 231
Ephestia cautella, 255
 Época de cosecha, 56
 Época de plantación, 45, 148
Eragrostis chloromelas, 99
Eriobotrya japonica, 99
 Erosión de suelos, 106, 107
 Erosión genética, 201
Erynnys ello, 160, 161, 187, 202, 221, 222, 223, 345
Erythroxylon coca, 8
 Escorias Thomas, 117, 122
 Especie cultivada, 30
 Especies cauchíferas, 30
 Especies silvestres, 45, 201
 Esquejes, Véase estacas
 Establecimiento de una fábrica de raíz de yuca, 295
 Estacas, 34, 76, 116, 119, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 144, 145, 146, 148, 152, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 162, 167, 170, 171, 185, 192, 196, 197, 200, 213, 217, 218, 241, 345
 Estación de lluvias, 45, 86, 128, 146, 147, 148, 151, 154, 162, 256
 Estación de nortes, 86
 Estación seca, 86, 151, 162, 198, 230, 256

Estados Unidos, 16, 19, 20, 28, 221, 227, 233, 242, 286
 Esterilidad, 182, 183, 188, 192
 Esterilidad masculina, 182, 183, 196
 Estiércol, 66, 107, 119, 120
 Estomas, 77, 197
 Estrecho de Magallanes, 7
 Estriado marrón, 191, 206, 211
 Estudios palinológicos, 11
Eucaliptus spp., 99
Euphorbiaceae, 1
Eulechriops manihot, 229
 Europa, 16, 19
 Evapotranspiración, 84, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95
 Exceso de agua en el suelo, 96, 97, 98, 99, 101
 Exigencias hídricas, 150
 Extracto etéreo, Véase grasa

F

Facilidad de penetración del cultivo, 169
 Factores ambientales, 76
 Factores depresores del crecimiento, 56
Fagopyrum esculentum, 99
 Fases de desarrollo de la planta, 36, 41, 42, 43
 Feloderma, 35, 40
 Felógeno, 35, 199
 Fenac, 152
 Fenilalanina, 55, 58, 59, 60, 61, 62
 Fermentación, 10, 262
 Fertilidad, 182, 192, 196
 Fertilidad del suelo, 49, 106, 107, 126
 Fertilización de suelos, 46, 102, 109, 188
 Fertilizantes químicos, 109, 114, 119, 122, 123, 148, 167, 345
 Fibra (cruda), 114, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 62, 88, 161, 162, 190, 271, 273, 278, 304
Ficus elastica, 99
 Fierro, 52, 68, 102, 117, 261, 264, 273
 Fijación de fosfatos, 109
 Fijii, 14
 Filipinas, 10, 78, 79, 130, 134, 169, 206
 Floema, 35
 Flores, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 193, 194, 197
 Florescencia, 84
 Fluometurón, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 161
Foeniculum vulgare, 99
 Follaje de yuca, 48, 55, 57, 59, 67, 68, 71, 106, 122, 133, 135, 155, 171, 189, 216, 284, 287, 292
 Forma de aplicar los fertilizantes, 119
 Forma de cosecha, 162
 Forma de raíz, 36, 186, 199
 Formación del sistema radicular, 36, 37, 46
Fortunella spp., 99
 Fosfato de amonio, 116
 Fosfato de calcio, 104, 117
 Fosforilasa, 256, 300

Fosforilización, 117
 Fósforo, 51, 52, 53, 58, 66, 86, 103, 104,
 105, 106, 107, 109, 110, 112, 114, 115,
 116, 117, 119, 121, 122, 123, 261, 264,
 273, 278, 306, 311, 325
 Fotoperiodismo, 77, 84, 186
 Fotosíntesis, 56, 76, 84, 118
Fragaria x ananassa, 99
Frankliniella sp., 224
 Frecuencia de desmalezaduras, 156
 Fructosa, 54
 Fruto, 180, 181, 195, 197
 Fuentes de resistencia a enfermedades, 190
 Fungicidas, 243
Fusarium javanicum, 241
Fusarium solani var. *eumartii*, 241

G

Gabón, 13, 21, 78
 Gach alu, 2
 Gadoeng haoe, 3
 Gadoeng kajoe, 3
 Geletrón, 230
 Gari, 189, 229, 260, 262, 263, 264, 274
 Garoeng kaoc, 3
Garcinia mangostana, 99
 Gastos de cosecha, 163
 Gastos de cultivo, 160
 Gastos de plantación, 148
 Gastrópodos, 235
 Genes, 182, 193, 195
 Genes individuales, 191
 Genes menores, 184
 Genética y Mejoramiento, 172
 Genones, 205
 Germoplasma, 196, 200, 201, 206
 Ghana, 13, 16, 21, 147
 Glándula tiroidea, 70
Gloesporium sp., 217
Glomerella cingulata, 187, 217, 218
 Glicina, 59, 60, 61
 Glucosa, 281, 282, 284
 Glucósidos, 30, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 70,
 71, 275
 Glutamato monosódico, 248
Glycine max, 59, 99, 117, 128, 279, 282,
 305, 323, 326
 Gniambi, 4
Gnathocerus cornutus, 255
 Goajiros, 6
 Gomas, 281, 284
Gossypium hirsutum, 8, 61, 99
 Goulu maman-koui, 4
 Gowi farasi, 3
 Gramíneas, 323
 Grandes Antillas, 9
 Granos de almidón, 280
 Granos de destilería, 307
 Grasa (vegetal), 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55,
 56, 57, 58, 88, 261, 263, 271, 273, 278,
 279, 304, 306, 324, 325, 326
 Grasa (animal) 301, 302, 307, 313, 318,
 319, 327

Grosor del tallo, 31
 Grupos de suelos, 123
 Guacamote, 2
 Guacamotli, 2
 Guadalupe, 9
 Guana, 272, 274
 Guaraní, 2
 Guarayu, 272
 Guatemala, 3, 11, 214
 Guayanas, 7, 28, 29, 204, 272, 276
 Guayana Francesa, 7
 Guayas, 82, 83
 Guaymies, 9
 Guayupes, 5
 Guazú mandioca, 29
 Guinea, 13, 16, 21, 79
 Guinea ecuatorial, 13, 21
 Gusano de la hoja, Véase *Erynnys ello*
 Gusatión, 226

H

Hábito de crecimiento, 186
 Haimá, 276
 Haití, 13, 79
 Haploide, 181, 195
 Harina de ajonjolí, 299, 301, 302, 303, 304
 Harina de alfalfa, 304, 305
 Harina de algodón, 301, 303, 306, 308, 327
 Harina de carne, 302, 306, 313, 315, 316,
 318
 Harina de coco, 306
 Harina de coronata (eje mazorca), 327
 Harina de gramíneas, 58, 189
 Harina de huesos, 103, 117, 315, 316, 317,
 321
 Harina de leguminosas, 58, 307
 Harina de maíz (grano), 68, 281, 301, 302,
 303, 304, 308, 309, 311, 312, 318, 326,
 327
 Harina de maní, 307, 308
 Harina de oleaginosas, 61, 62, 302
 Harina de palma, 307, 308
 Harina de pescado, 302, 306, 315, 316, 318,
 324, 325
 Harina de yuca, 306, 308, 315
 Harina de sorgo, 308
 Harina de soya, 59, 68, 69, 301, 302, 303,
 313, 324
 Harina de trigo, 282, 247
 Harina de yuca, follaje, 57, 62, 281, 304,
 305, 306, 323, 328
 Harina de yuca, hoja, 58, 60, 62, 69, 127,
 281, 304, 305, 324
 Harina de yuca, raíz, 7, 10, 35, 54, 56, 68,
 69, 71, 88, 116, 161, 189, 190, 240, 241,
 242, 253, 260, 274, 278, 279, 281, 282,
 284, 292, 296, 297, 298, 299, 300, 301,
 302, 303, 304, 307, 308, 309, 310, 311,
 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319,
 320, 321, 325, 327, 328
 Harina de yuca, raíz, enriquecida, 279
 Harina de yuca, raíz, fermentada, 262, 279

Harina de yuca, raíz, fortificada, 279, 282
 Harina de yuca, raíz, granulada, 262, 278
 Harina de yuca, raíz, integral, 278, 279, 293, 309
 Harina de yuca, raíz, de mesa, 276, 277
 Harina de yuca, raíz, panificable, 192, 272, 279
 Harina de yuca, raíz, de trozos, 277
 Harina de yuca, tallos, 281
 Harinilla de trigo, 313
Helianthus annuus, 99
Heliconia, sp., 276
Helicotylenchus erythrinae, 187, 233
 Hemalu allu, 2
Hemicriconemoides sp., 233
Hemicyliophora sp., 233
 Hemoglobina, 68
 Heno de alfalfa, 323
 Heno de hojas y follaje de yuca, 57, 309, 323
 Herbicidas, 147, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 172, 188, 345
 Herencia de caracteres, 184, 185
 Herencia cuantitativa, 184, 203
 Herencia maternal, 184
 Herencia multigénica, 184
 Herencia de reacción a enfermedades, 187
 Herencia de reacción a nematodos, 187
 Herencia de reacción a plagas, 187
 Heterocigota, 192, 193
Heterodera sp., 233
 Heterosis, 186, 207
Hevea brasiliensis, 11, 30, 62, 128, 272
Hibiscus cannabinus, 99, 129
Hibiscus esculentum, 128
 Híbrido de tres líneas, 196
 Hierro, Véase Fierro
 Hispaniola, La, 7, 9, 10
 Histidina, 55, 59, 60, 61
 Hoewi dangdeur, 3
 Hoewi djendral, 3
 Hojas de yuca, 57, 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 84, 88, 133, 140, 141, 189, 190, 214, 216, 217, 219, 221, 226, 227, 229, 231, 323
 Hongos, 217, 218, 241, 254
 Honduras, 1, 214
Hoplolaimus sp., 233
Hordeum vulgare, 8, 309
 Hormiga, Véase *Acromyrnex octospinosus*
 Hormiga arriera, Véase *Atta sexdens*
 Hormiga coqui, Véase *Atta sexdens*
 Hormonas, 142
 Hortalizas, 128, 129
 Huacamote, 1
 Huicca, 7
 Humedad relativa del aire, 8, 9, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 217, 218, 242, 244, 245, 257
 Humedad del suelo, 84, 101, 108, 256

I

Iatrophobia brasiliensis, 187, 227, 228
 Ikade, 2

Ilex paraguayensis, 11
 Iluminación, 77, 80, 84
 Ima gata, 3
 Imperio Central Africano, 14, 21
 Inceptisoles, 102
 India, 10, 16, 79, 162, 172, 185, 190, 204, 242, 243, 256
 Indias, Las (Américas), Véase América
 Índices agroclimáticos, 87, 97
 Indochina, 10, 53
 Indonesia, 10, 15, 78, 163, 206, 234
 Inducción de mutaciones, 204
 Infiltración del suelo, 99
 Ingggris, 3
 Injerto, 197
 Insectos, 254
 Insecticidas, 220
 Inserción de la raíz, 198
 Intoxicación, 49, 68, 69, 70, 322
Ipomoea sp., 153
Ipomoea batatas, 8, 9, 10, 20, 22, 305
 Isla de Pascua, 10
 Islas Vírgenes, 121
 Isoleucina, 55, 58, 59, 60, 61, 62
 Ita, 262, 272, 275
 Ixcade, 2
 Iucca, 9

J

Jabalí, 234
 Jamaica, 214, 233
Janipha manihot, Véase *Manihot esculenta*
 Japón, 16, 19
Jatropha sp., 11
Jatropha dulcis, Véase *Manihot esculenta*
Jatropha janipha, Véase *Manihot esculenta*
Jatropha manihot, Véase *Manihot esculenta*
Jatropha stipulata, Véase *Manihot esculenta*
Jurua-purus, 262, 272

K

Kacite, 2
 Kalaupinan myouk, 2
 Kamarakoto, 2, 262
 Kamóte ti moro, 3
 Kamóteng-kahoi, 3
 Kamóteng-káhol, 3
 Kamoting-káhoi, 3
 Kandora kajoe, 3
 Kaoaimi, 2
 Kappa Kilangu, 2
 Kapoet kahoe, 3
 Kara pendalum, 2
 Karathane 200, 217
 Karinya, 262
 Karmex DL, Véase diurón
Karschomia sp., 230
 Kasabi, 3

Kasapen, 3
 Kasate, 3
 Kasawe, 3
 Kasbj, 3
 Kasbing, 3
 Kasewawa, 3
 Kashiri, 8
 Kasoebi, 3
 Kaspini, 3
 Kaspá, 3
 Kaspé Katéla boedin, 3
 Kasibi, 3
 Katéla djendral, 3
 Katéla kaspé, 3
 Katéla mantri, 3
 Katéla marikan, 3
 Katéla menjog, 3
 Katéla pooeng, 3
 Katéla prasman, 3
 Katéla sabekong, 3
 Katéla sarmoelah, 3
 Katéla tapah, 3
 Katéla tjengkol, 3
 Kath alu, 2
 Katoebi, 3
 Katora, Véase catara
 Katsera, Véase catara
 Kedala kajoe, 3
 Kelthane, 230, 334
 Kenia, 13, 21, 78, 205, 300, 490
 Kere, 2
 Kesawi, 3
 Ketila, 3
 Keutila, 3
 Kicarapo, 2
 Kiede, 2
 Kikohak, 3
 Kitsire-kisera, 2
 Klede, 2
 Koesbin, 3
 Kokonte, 277
 Kuala Lumpur, 286
 Kucho, 2
 Kuchu, 2
 Kichu-valli Kilangu, 2
 Kudere, 2
 Kuikuru, 340
 Kusira, 2
 Kute, 2

L

Labores culturales, 130, 131, 345, 346
Lactuca sativa, 99
 Lago Alaotra, 36
 Lago de Maracaibo, 5, 12
 Lago de Nicaragua, 9
 Lago de Valencia, 12
 Laguna de Tacarigua, 12
 Lame adjoé, 3
 Lame kajoe, 3
 Langosta, Véase *Schistocerca paranensis*
 Lapa, 233
 Lara, 110, 112, 114, 120, 162

Largo de las estacas, 137
 Larvas taladradoras, 159, 160
Lasioderma serricorne, 255
Lasiodiplodia theobromae, 241
 Laterización, 110
 Lavado y descascarado, 293
Lawsonia inermis, 99
 Legone adjoé, 3
 Leguminosas forrajeras, 129
 Leguminosas de grano, 129
Leptopharsa sp., 187, 227, 228
Leptopharsa illudens, 187, 227
Leptopharsa longula, 187, 227
Leptopharsa manihotae, 187, 227
 Leucina, 55, 58, 59, 60, 61
 Levaduras, 282
 Liberia, 13, 21
 Liebre, 234
 Limo, 112, 114
 Limpias y escardas, 149, 150, 152, 160, 345
 Linamarina, 30, 62, 63, 66, 275
 Linamarinasa, 66, 67, 71
 Líneas endocriadas, 193
Linum usitatissimum, 62, 68
 Linurón, 152, 154, 155, 156, 157
 Lisina, 55, 58, 59, 60, 61, 279, 302, 303, 324
Litchi chinensis, 99
 Lixiviación de abonos nitrogenados, 119
 Lo, 2
 Lóbulo foliar, 184, 186, 189, 196, 198
 Loea ai, 3
 Locomo, 262
 Lom, 2
 Lon, 2
 Lonacol-cobre, 216
Lonchaea pendula, 223, 224, 225
 Longitud de los entrenudos, 32
 Lorox, Véase linurón
 Lotaustralina, 62, 63
Luffa cylindrica, 99
 Luz, 76, 77
Lycopersicon esculentum, 99, 218

LL

Llanos de Venezuela, 5, 6
 Lluvia, 108, 241

M

Macadamia spp., 99
 Macaichera, 8
 Macaxeira, 2, 277
 Macaxera, 7
 Macchu-Picchu, 8
 Macusi, 2, 262, 272, 275
 Macheteo, 345
 Madagascar, 10, 13, 21, 36, 53, 79, 120,
 162, 205, 211
 Madera prensada, 281
 Madras, 10
 Madurez, 133, 161, 162, 186, 241
 Madurez de las estacas, 140
 Magnesio, 52, 53, 66, 103, 106, 118

- Maida-darakht, 2
 Maipures, 276
 Maíz, Véase *Zea mays*
 Makiritare, 2, 262, 272
 Malamboña, 2
 Malasia, 10, 78, 135, 145
 Malation, 226
 Malezas, 107, 126, 147, 151, 152, 153, 155, 156, 172
 Mali, 13, 16, 21, 79
 Malibú, 2
 Mamíferos, 235
Mammea americana, 224
 Mamo, 2
 Manaos, 8
 Mandarahi, 3
 Mandarasi, 3
 Mandiba, 2
 Mandiibabuara, 7
 Mandiibparati, 7
 Mandihoca, 7
 Mandijupeba, 7
 Mandio-huazú, 29
 Mandio-quazú, 29
 Mandioc, 2
 Mandioca, 2
Mandioca aipi, Véase *Manihot esculenta*
Mandioca brava, 29
Mandioca dulce, Véase *Manihot esculenta*
Mandioca edulis, Véase *Manihot esculenta*
Mandioca do matto, 29
Mandioca utilisima, Véase *Manihot esculenta*
Mandioca do veado, 29
 Manduba, 7
 Maneb, Véase Dithane M-22
 Manejo de empresas agroindustriales, 348
 Mang kaeo, 3
 Manganeso, 118, 123
 Mangahaso, 3
 Manggala, 3
Mangifera indica, 99, 224, 306
 Mangkale, 3
 Maní, Véase *Arachis hypogaea*
 Maniba, 29
 Manicoba, 30, 277
Manihot, 2, 12, 28, 217
Manihot acuminatissima, 201
Manihot aesculifolia, 28, 29, 204
Manihot affinis, 201
Manihot aipi, Véase *Manihot esculenta*
Manihot alutacea, 201
Manihot angustiloba, 204
Manihot anisophylla, 203
Manihot anomala, 201, 202, 203
Manihot attenuata, 201
Manihot auriculata, 204
Manihot babiensis, Véase *Manihot caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot brachyandra, 201
Manihot brachyloba, 201, 202, 203, 204
Manihot caerulescens, subsp. *caerulescens*, 301
Manihot carthaginensis, 180, 203, 204, 220
Manihot catingae, 191, 195, 201
Manihot caudata, 204
Manihot caerensis, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot aocropiaefolia, 201
Manihot chlorosticta, 204
Manihot coerulea, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot condensata, 202
Manihot corymbiflora, 201
Manihot crotalariaeformis, 201
Manihot cuneata, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot davisiae, 204
Manihot dichotoma, 30, 191, 195
Manihot diffusa, Véase *Manihot esculenta*
Manihot digitiformis, Véase *Manihot esculenta*
Manihot discolor, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot divergens, 201
Manihot dulcis, Véase *Manihot esculenta*
Manihot edule, Véase *Manihot esculenta*
Manihot edulis, Véase *Manihot esculenta*
Manihot enneaphylla, Véase *Manihot grahami*
Manihot epruinosa, 201
Manihot esculenta 1, 11, 28, 29, 30, 31, 45, 68, 109, 180, 181, 185, 186, 190, 191, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 211, 221
Manihot falcata, 201
Manihot ferruginea, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot filamentosa, 204
Manihot flabellifolia, Véase *Manihot esculenta*
Manihot flemingiana, 201
Manihot flexuosa, Véase *Manihot esculenta*
Manihot fruticulosa, 201
Manihot glaziovii, 30, 99, 181, 182, 184, 185, 191, 195, 196, 197, 201, 212
Manihot gracilis, 201
Manihot grahami, 28, 29, 201, 203
Manihot grandiflora, Véase *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*
Manihot gualanensis, Véase *Manihot aesculifolia*
Manihot guaranítica, 202, 203
Manihot handroana, 201
Manihot harmesiana, Véase *M. caerulescens* var. *caerulescens*
Manihot hassleriana, 203
Manihot homitrichandra, Véase *Manihot pilosa*
Manihot heptaphylla, 30, 301
Manihot hunzikoriana, 203
Manihot inflata, 201
Manihot intermedia, Véase *Manihot aesculifolia*
Manihot irwinii, 201
Manihot jacobinensis, 201
Manihot janiphoides, 201
Manihot jolyana, 201

- Manihot labrovana*, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot leptophylla, 202, 203
Manihot leptopoda, 28, 29, 30, 201
Manihot lobata, Véase *Manihot grahami*
Manihot longepetiolata, 201
Manihot loureirii, Véase *Manihot esculenta*
Manihot lyrata, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot maguireana, 204
Manihot majorana, 201
Manihot manihot, Véase *Manihot esculenta*
Manihot maracasensis, 201
Manihot melanobasis, Véase *Manihot esculenta*
Manihot microdendron, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot mirabilis, 203
Manihot mossamedensis, 201
Manihot nana, 201
Manihot oaxacana, 204
Manihot olfersiana, Véase *Manihot aesculifolia*
Manihot oligantha, 201
Manihot orbicularis, 201
Manihot palmata, Véase *Manihot leptopoda*
Manihot pavieifolia, 201
Manihot pedicellaris, Véase *Manihot pilosa*
Manihot peltata, 201
Manihot pentaphylla, 201
Manihot peruviana, 8, 201
Manihot piauhyensis, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot pilosa, 28, 29, 301
Manihot pohlii, 201
Manihot populifolia, 201
Manihot pringlei, 204
Manihot procumbens, 201, 203
Manihot pruinosa, 201
Manihot pseudoglaziovii, 201
Manihot purpureo-costata, 201
Manihot pusilla, 201
Manihot quinquefolia, 201
Manihot quinqueloba, 201
Manihot quinquepartita, 201
Manihot reniformis, 201
Manihot reptans, 201
Manihot rhomboidea, 204
Manihot rotundata, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot rubricaulis, 28, 29, 204
Manihot sagittato-partita, 201
Manihot salicifolia, 201
Manihot sparsifolia, 201
Manihot speciosa, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot sprucei, Véase *Manihot esculenta*
Manihot stipularis, 201
Manihot stricta, 201
Manihot subspicata, 204
Manihot surinamensis, 204
Manihot tenella, 201
Manihot toledi, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot tomentosa, 201
Manihot trifoliata, Véase *M. caerulescens*
 subsp. *caerulescens*
Manihot tripartita, 201
Manihot triphylla, 201
Manihot tristis, 201, 204
Manihot tristis subsp. *saxicola*, 28, 29, 55, 195
Manihot tubuliflora, Véase *Manihot pilosa*
Manihot tweediana, Véase *Manihot grahami*
Manihot tyri, Véase *Manihot esculenta*
Manihot utilissima, Véase *Manihot esculenta*
Manihot variifolia, 203
Manihot violacea, 201
Manihot walkerae, 204
Manihot warmingii, 201
Manihot weddelliana, 201
Manihot xavantinensis, 201
Manihot zehntneri, 28, 30, 201
 Maniiva, 7
 Manioc, 4
 Manioka, 4
 Maniokoera, 8
 Maniquera, 277
 Manizales, 152
 Manupendalum, 2
 Manzanito, 37, 110, 112, 114
 Mañoco, 260, 272, 273
 Mapa ecológico, 123
 Mapires, 6
 Máquinas cosechadoras, 240
 Máquinas lavadoras, 284, 285
 Máquinas plantadoras, 144, 152
 Máquinas trozadoras de raíces, 285, 294
 Maquinaria de preparación de suelos, 131
 Mar del Sur, 7
 Mara, 260
 Mara-chini, 2
 Mara-valli-kilangu, 2
 Maracay, 86, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 154, 231, 240
 Marajó, Isla, 11
Maranta arundinacea, 99, 311
 Martinica, 53
 Masato, 8
 Materia orgánica, 104, 109, 111, 115, 119, 120, 129, 130
 Materia seca, 50, 56, 61, 63, 76, 109, 110, 118, 134, 147, 154, 161, 162, 189, 199, 202, 244, 261, 263, 310, 313, 322, 326, 327, 347
 Material de propagación, 133, 135, 137, 142, 143, 148, 172, 188, 213, 214, 218, 220
 Mauricio, Isla, 10
 Mayaca, 3
 Mayas, 11
 Mecanización, 198
 Mecanización de la cosecha, 166, 169, 172
 Mecanización de la plantación, 166
Medicago sativa, 68, 99, 306, 323
 Meiosis, 181, 182, 183, 196
 Mejoramiento genético, 55, 188, 190, 193, 195, 196, 198, 202, 203, 204, 205, 206, 211

- Mejoramiento para resistencia a virus, 181
 Melaza de caña de azúcar, 292, 302, 304, 306, 317, 318, 319, 321, 324, 325
Meloidogyne sp., 187, 202, 233
 Ménjok, 3
 Mercado, 348
 Meseta boliviana, 12
 Metafase I, 196
 Metobromurón, 154, 155, 157
 Meteorización, 110
 Metilacetona, 63
 Metionina, 54, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 68, 69, 279, 301, 302, 303, 305, 324, 325, 326
 Métodos de mejoramiento, 191, 192, 193
 Métos de procesamiento, 284
 México, 2, 9, 10, 11, 12, 16, 19, 28, 29, 30, 169, 204, 217, 224
 Microsporogénesis, 182, 183, 196
 Minas Gerais, 105, 155
 Minerales, 52, 53, 71, 190, 264, 281, 306, 307, 308, 315, 317, 318
 Mingau de caridad, 277
 Mirex, 160, 227
 Misiones, 135
 Modificaciones ambientales, 184
 Moho, 254
 Mojo, 262, 274
 Molienda de raíces, 292
 Molina, La, 144
 Molinos, 284, 292
 Moluscos, 12
 Monagas, 120
 Mono, 230
 Monogástricos, 62
Mononychellus tanajoa, 230
Mononychus sp., 160, 187, 230
 Monoscrotófos, 222, 224
Monstera deliciosa, 99
Morus alba, 99
 Mosaico, 81, 187, 204, 206, 201, 212, 213
Mosquinha dos mandiocais, Véase *Lonchaea pendula*
 Morfología y anatomía, la planta, 31
 Morfología y anatomía, el tallo, 31
 Morfología y anatomía, las hojas, 32
 Morfología y anatomía, las raíces, 34
 Morichal, 133, 134
 Mosaico africano, 190, 205
 Moutsiantso, 3
 Moyobamba, 8
 Mozambique, 13, 79
 Mundurucu, 262, 272, 275
Mucor mucedo, 241
 Munzo, 2
Musa acuminata, 99
Musa x paradisiaca, 6, 8, 9, 99, 126, 129, 306, 307, 311
Musa textilis, 99
Murraya koenigii, 99
 Mutaciones, 185, 187, 192, 205
 Muzos, 6
Myristica fragans, 99
- N**
- Nahibi, 3
 Nambicuara, 274
 Nanan, 3
 Nascas, 9
 Nasetasi, 2
 Nasibi imaragota, 3
Nasturtium officinale, 99
 Neburón, 152
Necrobia rufipes, 255
 Nepal, 10
 Neurosis atáxica, 69
 Niacina, 52, 54, 62, 261, 264, 273
 Nicaragua, 1, 10
Nicotiana tabacum, 99, 218
 Niger, 13, 21, 79
 Nigeria, 10, 14, 15, 21, 57, 79, 128, 129, 163, 167, 170, 205, 206, 211, 231, 313
 Nimboh, 3
 Nitrato, 54, 104, 114, 115
 Nitrato de amonio, 116, 117, 122
 Nitrato de potasio, 116, 118
 Nitrito, 54
 Nitrógeno, 54, 55, 57, 59, 60, 61, 66, 105, 106, 107, 109, 110, 112, 114, 116, 117, 119, 121, 123, 243, 311, 326
 Nitrógeno no proteico, 326
 Nivel de ramificación, 31, 198
 Noamama, 2
Noctuidos diversos, 255
 Nombres africanos, 3
 Nombres americanos, 1
 Nombres asiáticos, 2
 Nombre de Dios, 9
Nopalea cochenillifera, 99
 Norea, 152
 Nota, 3
 Nubaga, 9
 Nudo, 140
 Nueva Caledonia, 14
 Nueva Granada, 5
 Nueva Segovia, 6
 Nueva Zelanda, 16, 19
 Número de estacas por punto de plantación, 140
 Nutrientos digestibles totales, 326, 327
- O**
- Objetivos del mejoramiento, 188
 Ocaña, 6
Ocinum bacilicum, 99
 Oebe kajée, 3
 Oebi benggala, 3
 Oebi djindral, 3
 Oebi gao, 3
 Oebi inggrís, 3
 Oebi kajoe, 3
 Oebi parantjih, 3
 Oewi ai, 3

Oewi geoe, 3
 Oewi kadjoe, 3
 Oefi ai, 3
 Oferta, 342
 Oferta y demanda, 342, 343
Oidium sp., 216
Oligota sp., 230
 Omagua, 275
 Onotos, 5
 Opa, 2
 Ordenes de suelos, 102
 Ordrán, 155
 Orientación de las estacas, 144
 Origen, 11
Oryza sativa 20, 22, 55, 129, 300, 305, 308, 347
Oryzaephilus mercator, 255
Oryzaephilus surinamensis, 255
 Otomac, 262
 Otras formas de propagación, 140
 Ovinos, 55, 56, 68, 307, 326
Oxalis tuberosa, 8, 11
 Oxido de calcio, 112
 Oxido de magnesio, 112
 Oxicloruro de cobre, 216
 Oxígeno, 243, 257
 Oxisoles, 102, 103, 118

P

P. C. P. 152, 159
 pH, 86, 101, 102, 103, 105, 106, 109, 111, 112, 114, 115, 117, 123, 130, 256
 Pacaguara, 272
 Pacífico, 3, 16, 19
Pachyrrhizus erosus, 99
 Padpédi, 2
 Paez, 2
 Palenques, 6
Palorus ratzeburgi, 255
 Pan, 282, 284
 Panamá, 1, 5, 9
 Pangala, 3
 Panggi-kahui, 2
Panicum maximum, 59
 Papa, Véase *Solanum tuberosum*
 Paracas, 8, 9
 Parafina, 217
 Paraguay, 2, 13, 15, 16, 28, 29, 79, 102, 122, 203, 213, 227, 229
 Paraíba, 30
 Paraquat, 156
 Paraqueratosis, 69, 310
 Paratión, 160, 226, 230
 Partenocarpia, 184, 185
 Pastas, 282
 Pasto Johnson, Véase *Sorghum halepensis*
 Patangoro, 275
 Patógenos, 190, 194, 241
 Patorán, Véase metobromurón
 Patrón de aminoácidos, 58
 Paya, 276
 Payaúara, 276
Pecari angulatus, 233
 Peces, 12
 Pecíolo, 32
 Peka reta, 3
 Peletización, 292
 Pelets, 189, 241, 253, 278, 279, 281, 284, 293, 325, 329
 Película externa de las raíces, 184, 186
Peltamigratus sp., 233
Pennisetum purpureum, 59
 Pérdidas de almacenamiento, 240
 Período de cosecha, 161, 162
 Pernambuco, 30
 Peroxidadas, 244, 245, 256
Persea americana, 99
 Perú, 1, 8, 9, 11, 15, 16, 78, 79, 102, 122, 134, 144, 202, 214, 217, 218, 224, 227, 229, 230
 Persistencia de las hojas, 45
 Perro, 234
 Pescado, 69, 279, 282
 Pestes, 255
Phaseolus lunatus, 68
Phaseolus vulgaris, 8, 99, 218
Phthirusa pyrifolia, 234
Phyllosticta sp., 187, 191, 216
Phytophthora drechsleri, 218
 Pie de moleque, 277
 Pigmentación, 305
Pimenta dioica, 99
 Piqui, 7
 Pisco, 8
 Plagas, 159, 194, 203, 206, 235
 Plagas de insectos y ácaros, 220, 254
 Plagas de nematodos, 233
 Plantación, 119, 143, 146, 148, 149, 151, 152, 155, 159, 160, 166, 218, 345, 346
 Plantadora mecánica, 130
 Plantas parásitas y semiparásitas, 235
 Platabanda, 143
 Plátano, Véase *Musa paradisiaca*
Plodia interpunctella, 255
 Po, 3
 Poda, 160
 Poder de retención de cationes, 120
 Poehoeng, 3
 Pohong, 3
 Pokok chat, 30
 Polen, 11, 179, 182, 183, 192, 194, 197
 Policruzamientos, 194
 Polinización, 193, 194
 Polinización abierta, 193, 196
 Polinización controlada, 193, 194
 Polinización cruzada, 183
 Polinización interespecífica, 195
 Poliploides, 196, 197
 Polvillo, 260, 275, 325
 Polvillo agrio, 277
 Pollos, 54, 56
 Porción no comestible, 52
Portulaca oleracea, 153
 Posición de la estaca, 136, 145, 146, 156
 Posición geomorfológica, 108

Posición sistemática, 28
 Potasio, 48, 52, 53, 66, 86, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 112, 114, 116, 118, 119, 121, 122, 123
 Prácticas agronómicas, 188
 Prácticas culturales, 107, 133, 151
Pratylenchus sp., 233
 Precios a nivel productor, 340
 Precios recibidos por productor, 340
 Precios de venta al detal, 340, 341
 Precios de venta al mayor, 340, 341
 Precipitación pluvial, 36, 37, 38, 80, 81, 82, 84, 87, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 103, 112, 129, 151
 Precocidad, 206
 Preparación de la tierra, 130, 131, 188, 345, 346
 Principios cianogénicos, 30, 185, 276
 Procesamiento del almidón, 293
 Procesamiento de harinas, 284
 Procesamiento de pelets, 284
 Procesamiento de productos industriales, 171, 190, 284
 Producción, 334, 335, 337, 343
 Producción de frutos, 84
 Productos de la yuca, 260
 Profundidad de enraizamiento, 36, 45, 87, 186
 Profundidad de plantación, 146, 171
 Programa genético, 185
 Programa de mejoramiento, 201
 Prometrín, 152, 155, 159
 Propagación, 133, 134, 137, 160, 182, 192, 193, 217
 Propagador de neblina, 140
 Proteína, 12, 29, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 69, 71, 127, 160, 190, 206, 261, 263, 271, 273, 275, 278, 279, 280, 281, 282, 298, 299, 304, 305, 306, 308, 309, 313, 315, 318, 322, 323, 325, 326, 327
 Prueba de cruzamiento, 205
Prunus amygdalus, 62
Prunus armeniaca, 62
Prunus persica, 62
Pseudomonas manihotis, 187, 203
Psidium guajava, 99
Pueraria phaseoloides, 99
 Puerco-espín, 234
 Puerto Rico, 1, 217, 218, 220, 224, 233
 Pulpa, 32, 34, 35, 49, 50, 64, 66, 67, 88, 260, 263
 Pulu-penang myouk, 2
Pyralis manihotalis, 255

Q

Quepos, 9
 Quichua, 2
 Quimeras, 187
 Quindío, 6
 Quiscamote, 2

R

Raciones para aves, 300, 301, 302, 303, 328, 329
 Raciones para cerdos, 305, 307, 328, 329
 Raciones isonergéticas, 301, 318
 Raciones isoproteicas, 301, 304, 308, 318, 324
 Raciones para rumiantes, 326, 328, 329
 Radiación, 257, 285, 286
 Raíces y tubérculos, 306
 Raíces fibrosas, 101, 131
 Raíces reservantes, 29, 34, 35, 38, 41, 42, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 58, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 77, 88, 96, 101, 102, 107, 110, 114, 116, 118, 121, 122, 131, 133, 135, 136, 150, 154, 155, 156, 160, 166, 169, 170, 171, 172, 182, 184, 189, 190, 197, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 253, 256, 257, 261, 262, 263, 264, 271, 275, 276, 277, 279, 284, 285, 290, 293, 295, 296, 308, 326
 Raíces tuberosas, Véase raíces reservantes
 Rallado y molido para la elaboración del almidón, 294
 Rallo, 6
 Ramificación primaria, 31
 Rancho peludo, 1
Raphanus sativus, 99
 Raspa, Véase trozos
 Rastreo, 132, 345
 Ratas, 234, 303
 Ratones, 234
 Rayado marrón de la raíz, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 253, 255, 256
 Rayos gama, 185, 257
 Razas cromosomales, 305
 Reabonamiento, 149, 160
 Reacción a plagas y enfermedades, 187, 191, 202
 Reacción al rayado marrón, 199
 Recepción y pesaje, 293
 Recife, 281
 Refrigeración, 240, 243, 251, 257
 Región andina, 11
 Regione, Véase diquat
 Regiones libres de heladas, 18
 Registro de introducciones, 88
 Reguladores de crecimiento, 140, 141, 171
 Relación nutritiva, 309
 Rendimiento en follaje, 57
 Rendimiento en materia seca, 38, 133, 161, 188, 199
 Rendimiento máximo por hectárea, 15
 Rendimiento medio en raíces, 19, 20, 80, 84, 163, 334, 335, 337, 338, 346
 Rendimiento en raíces, 36, 38, 41, 43, 76, 79, 80, 81, 86, 87, 96, 97, 106, 107, 110, 114, 118, 120, 128, 133, 134, 135, 144, 145, 146, 147, 150, 161, 162, 163, 171, 185, 186, 188, 195, 204, 205, 206, 211, 212, 216
 Reposo de desarrollo, 37

Reptiles acuáticos, 12
 Reproducción vegetativa Véase propagación
 República Dominicana, 1, 9, 13, 16, 79, 204, 214, 221, 233, 257
 Requerimiento de material de propagación, 143
 Requisitos previos al establecimiento de una fábrica de harina de yuca, 295
 Requisitos de suelos, 101
 Resistencia al almacenamiento, 242
 Resistencia a bajas temperaturas, 81, 189
 Resistencia a enfermedades, 188, 190
 Resistencia debida a hipersensibilidad, 191
 Resistencia al exceso de humedad, 189
 Resistencia a heladas, 202
 Resistencia al mosaico africano, 184, 190, 191, 195, 196
 Resistencia a plagas, 188, 190, 205
 Resistencia poligénica, 190
 Resistencia de *Pseudomonas manihotis*, 191
 Resistencia a la sequía, 189, 195, 205
 Resistencia a la tendidura, 189
 Resistencia a virus, 30, 205, 212
 Respiración, 241
 Respiración celular, 67
 Restos de cosecha de yuca, 328
 Retrocruzamientos, 181, 182, 195
 Reunión, Isla, 10
Rhizoctonia sp., 187, 218
Rhizoperta dominica, 255
Rhizopus nigricans, 218, 241
 Rhodanasa, 70
 Riboblavina, 52, 54, 62, 261, 264, 273
 Riego, 38, 129, 148, 150, 151, 152, 161, 188
 Río Alto Xingú, 275
 Río Amazonas, 5, 11, 12, 272, 274, 275, 276
 Río Cauca, 6
 Río Caquetá, 6, 12
 Río Casiquiare, 12
 Río Grande, Brasil, 118
 Río Jurúa, 12
 Río Kulusen, 7
 Río Madeira, 12
 Río Magdalena, 6
 Río Marañón, 8, 12
 Río Napo, 12
 Río Negro, 6, 7, 12
 Río Purús, 12
 Río Orinoco, 5, 6, 12, 262, 276
 Río de la Plata, 7
 Río Putumayo, 6, 12
 Río Ucayali, 12
 Rodajas, Véase trozos
 Roedores, 150
 Rogo, 4
Rosellinia sp., 187, 218
 Rotación cultural, 106, 126, 127, 129, 130, 131, 151, 171, 188, 217, 218, 220
Rotylenchus reniformis, 187
 Roza, 131
 Roti alu, 2
 Ruanda, 14, 21, 78

Rucuyos, 7, 262
 Rumiantes, 326
 Rumu, 2

S

Sabana, 111, 123, 133, 134
 Sabana de Londres, 37, 110
 Sabana del Socorro, 114
 Sabhran ba andha, 3
 Sabhran ba tenggang, 3
 Sabrand sawi, 3
 Sacarosa, 54, 141
Saccharum officinarum, 99, 129
 Sacha mandioca, 29
 Saes, 5
Saissetia sp., 229
 Sal común, 292, 321
 Salvador El, 1, 11
 Samán Mocho, 38, 245, 256
 Samoa, 14
 Sampeu, 3
 San Carlos, 120
Sansevieria trifasciata, 99
 Santa Catalina, 136
 Santo Domingo, Véase República Dominicana
 Santo Domingo de Los Colorados, 216
 Sao Paulo, 109, 146
 Saúvas, Véase *Atta sexdens*
 Savari-kattai, 2
 Sawe, 3
 Sawi, 3
Scirtothrips manihoti, 160, 224
Sclerocarpus coffeaeocolus 153
Sclerotium rolfsii, 218
Scutellonema sp., 187, 233
Schistocerca paranensis, 229
 Sebuacán, Véase cebuacán
 Secado artificial, 287, 290
 Secado de raíces al sol, 285, 286, 287, 299
 Secadores estáticos, 288
 Secadores de fondo fluidificado, 288
 Secadores de fondo movedido, 288
 Secadores neumáticos, 288
 Secadores rotativos, 288, 289
 Secadores sistema D'Andrea, 290
 Secano, 101, 128, 151, 152
Secchium edule, 99
 Selección, 205
 Selección clonal, 192, 202, 203, 204
 Selección masal, 186
 Semilla (verdadera), 172, 182, 183, 191, 193, 194, 196, 197, 200
 Sémola de yuca, 279
 Senegal, 10, 14, 21, 79
 Séptima aproximación, 102
 Sequía, 49, 66, 80, 204
 Serampur, 10
 Serie Carimagua, 104
 Serina, 60, 61
Sesamum indicum, 61, 99
Setaria geniculata, 153

- Sevín, 226
 Sha-Shinghen, 2
 Shafatalu, 2
 Shipibo, 275
 Siede, 2
 Sierra Leona, 14, 21, 206
 Sierra de Mérida, 5
 Sierra Nevada, 6
 Sikkim, 10
Silba pendula, 187
 Simla-alu, 2
 Simul-alu, 2
 Simul-torul, 2
 Síndrome nutricional atáxico, 69
 Singapur, 323
 Singkong, 3
 Sinonimia y nombres vulgares, 1
 Sipipa, 260, 275
 Sistema de cultivo, 106
 Sistema de plantación, 152, 171
 Sistema de producción, 126
 Sistema radicular, 150
Sitophilus oryzae, 255
 Sodio, 52, 53
Solanum muricatum, 8
Solanum tuberosum, 7, 8, 9, 11, 19, 20, 22, 99, 218, 261
 Soluciones nutritivas, 121
Somatium sp., 230
 Sopas, 190
Sorghum halepense, 68, 153
Sorghum vulgare, 20, 22, 62, 68, 107, 189, 278, 298, 305, 308, 347
 Sorgo, Véase *Sorghum vulgare*
 Soso, 4
 Soya, Véase *Glycine max*
Spondias purpurea, 99
 Sri Lanka, 10, 78
Stegobium paniceum, 255
Stethorus sp., 230
 Subsolador, 131, 132, 165, 240
 Sudán, 14, 21
 Suelo, 84, 85, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 99, 101, 102, 103, 107, 108, 111, 114, 119, 120, 126, 127, 130, 150, 151, 152, 162, 163, 170, 171, 172, 189, 196, 217, 222, 327
 Suelo arcillo-arenoso, 150, 151
 Suelo arcillo-limoso, 131
 Suelo arcilloso, 284
 Suelo areno-francoso, 111, 113
 Suelo arenoso, 30, 106, 110, 123, 147, 163
 Suelo como reservorio de agua, 108
 Suelo franco, 146
 Suelo franco arcillo limoso, 131
 Suelo franco arcilloso, 170
 Suelo franco arenoso, 164
 Suelo pedregoso, 131
 Suelos desérticos, 101
 Suelos fértiles, 102
 Suelos y fertilizantes, 101, 148
 Suelos forestales, 126
 Suelos húmedos, 150, 218
 Suelos lateríticos, 120
 Suelos de sabana, 130
 Sulfato de amonio, 116, 117, 122
 Sulfato de potasio, 118, 122
 Superbrotamiento, 187, 191, 202, 203, 213
 Superelongación, 219
 Superficie de cultivo, 334, 335, 336
 Superficie foliar, 76
 Superficie de secado al sol, 287
 Superfosfato, 107, 112, 117, 122
 Sur América, 10, 11, 12, 16, 19, 29, 233
 Surinam, 55, 204, 240, 265, 266
- T**
- T. C. A., 152, 158
 Ta malo'oe, 3
 Tabacán, 9
 Tacata, 277
 Tacos, Véase pelets
 Tailandia, 16, 79, 169
 Taíno, 1, 262
 Taise, 2
 Taladrador, 202, 203, 220, 221
 Tallos, 133, 163, 217, 219, 220, 281, 323
 Tamalameque, 2
 Tamaño de la hoja, 32
 Tamaño de la estaca, 144
 Tamaño de la raíz, 197
Tamarindus indica, 99
 Tamaulipas, 11
 Tamizado, 294
 Tan-u, 2
 Tanzania, 10, 14, 15, 21, 78, 205, 211
 Tapecima, 7
 Tapioca, 4, 190, 260, 273, 275, 277
 Tapirape, 272, 274
 Taruba, 277
 Tarire-Sixaola, Valle, 9
 Tasibe, 3
 Taxonomía de suelos, 101
 Taxonomía de la yuca, 28
 Técnicas del cruzamiento, 197
 Tehuacán, 11
 Tela balandha, 3
 Tela pohoeng, 3
Telenomus dilopphonotae, 223
Telenomus monolicornis, 223
Teleocoma crassipes, 229
 Temperatura, 19, 36, 37, 38, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 103, 112, 151, 181, 189, 200, 216, 218, 242, 243, 244, 245, 253, 254, 257, 285, 288, 289, 293
 Tendidura, 84
Tenebroides mauritanicus, 255
 Tenetehara, 272, 274, 275
 Tenggag, 3
 Tenorán, Véase cloroxurón
Tephrosia, 130
 Tequie, 30
Terminalia catappa, 99

Tetracloruro de carbono, 254
Tetramychnus sp., 160, 187, 191, 202, 230, 231
 Tetraploide, 196
Tetrastichus fasciatus, 227
 Teuaca, Véase catara
 Textura de suelos, 102, 146
 Thabalchi, 2
Thaenoclerus buqueti, 255
 Themban myouk, 2
Theobroma cacao, 130
 Thrips, 187, 224, 226
 Tiabendazol, 258
 Tiamina, 52, 54, 62, 261, 264, 273
 Tierra, Véase suelo
 Tierra firme, 5, 6
 Tigre, El, 120
 Timoerio, 3
 Timotes, 5
 Tiocianato, 69
 Tiosulfato de sodio, 324
 Tipití, Véase cebucán
 Tipos de estacas, 133
 Tipos de fábrica de harina de yuca, 295
 Tipos de suelos, 56
 Tirosina, 59, 60, 61, 62, 256
 Tobati, 262, 274
 Tocuyo, El, 6
 Togo, 14, 21, 127
 Tolerancia a acidez, 104
 Tonga, 14
 Torta de ajonjolí, 318, 325
 Torta de algodón, 315, 316, 317, 318
 Torta de ricino, 103
 Torta de soya, 315, 316, 317, 319, 321, 325
 Torta de tártago, Véase torta de ricino
 Total nutrimentos digeribles, 56
 Toxicidad por HCN, 62, 63, 66, 71, 195, 202, 282, 324
 Toxicidad a los insecticidas, 160
 Tratamiento a las estacas, 141
 Tratamiento al producto almacenado, físicos, 257
 Tratamiento al producto almacenado, atmósfera controlada, 257
 Tratamiento al producto almacenado, químicos, 258
 Treonina, 55, 58, 59, 60, 61
 Triazinas, 155, 156
Tribilium castaneum, 255
Trichogramma spp., 255
Trifasia trifolia, 99
Trifolium repens, 68
 Trifularín, 154
 Trigo, Véase *Triticum aestivum*
 Trinidad, 5, 204, 224, 227, 233
 Triploide, 196
 Triptófano, 55, 58, 59, 60, 61, 279, 324
Triticum aestivum 7, 189, 278, 309, 347
Tropaeolum tuberosum, 8
 Trópicos, 81, 217, 218, 286
 Trozos, 240, 242, 253, 277, 278, 279, 284, 288, 293
 Trujillo, Perú, 8

Trujillo, Venezuela, 6
 Tubaga, 9
 Tucano, 262, 272, 275
 Tucuna, 262, 272
 Tucupí, Véase catara
 Tunglu-bok, 2
 Tupi, 2
 Tupinamba, 262, 272, 275

U

Uganda, 14, 22, 169, 205, 230
Ullucus tuberosus, 8
 Ultisoles, 102, 110, 113, 118
 Urea, 112, 114, 116, 117, 122, 149, 161, 292, 326, 345
Uromyces janiphae, 187, 217
 Uruguay, 2, 16, 19, 29

V

Vacunos, 55, 56, 304, 308
 Valina, 55, 58, 59, 60, 61, 62
 Valor alimenticio, 310, 315
 Valor calórico, 56
 Valor energético, 52, 55, 56, 62, 69
 Valor nutritivo, 48
 Valor de la producción, 339, 340
 Valoración agronómica, 198
 Valle del Cauca, 5
 Variabilidad genética, 192, 200
 Vaselina, 217
 Vectores del polen, 186
 Venado, 233
 Venezuela, 1, 5, 6, 12, 13, 15, 53, 63, 64, 78, 82, 83, 86, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 102, 104, 110, 114, 120, 121, 122, 135, 143, 153, 154, 162, 163, 169, 199, 204, 212, 213, 214, 216, 217, 220, 224, 227, 229, 234, 240, 256, 257, 261, 265, 272, 278, 303, 345, 346
Vicia sativa, 84
 Viento, 84
 Vietnam 53, 79
Vigna sinensis, 117, 130
 Vigor, 195
 Virus, 211, 241
 Vitaminas, 52, 62, 69, 190, 241, 264, 279, 281, 315, 317, 318
 Vitamina A, 52, 273
 Vitamina B-12, 70
 Vitamina C, Véase ácido ascórbico

W

Waffles, 189
 Waiwai, 262, 274
 Wapishana, 262, 272
 Warao, 262

Watata kajoe, 3
 Wei kepaka, 3
 Witoto, 262
 Wui, 2

X

Xanthomonas manihotis, 184, 187, 191, 213
Xanthosoma sagittifolium, 20, 22, 99, 128, 129, 305
 Xingú, 272, 274
Xiphinema sp., 187, 233

Y

Yabarana, 262
 Yakari, Véase payaúara
 Yamamadi, 262
 Yanoama, 262
 Yaracuy, 5
 Yaraque, Véase payaúara
 Yare, 8, 9, 260, 275, 276
 Yodo, 70
 Ypatex, 9
 Yuca en Africa, 10
 Yuca en América, 5

Yuca en Asia y El Pacífico, 10
 Yuca cocida, 189, 309, 311, 313
 Yuca cruda, 189, 309, 313
 Yuca deshidratada, Véase yuca seca
 Yuca falsa, 197
 Yuca fresca, 257, 311, 316, 319, 320, 322, 323, 325
 Yuca en el mundo actual y futuro, 19
 Yuca y la población mundial, 16
 Yuca seca, 253, 254, 277, 317
 Yucubia, 1
 Yupa, 2
 Yurumanqui, 1

Z

Zaire, 14, 15, 16, 22, 78, 163, 169, 307
 Zambia 14, 22, 79
 Zanzibar, 211
Zea mays 8, 10, 11, 19, 20, 22, 55, 56, 69, 99, 126, 127, 128, 129, 189, 194, 278, 300, 301, 302, 303, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 313, 317, 319, 321, 322, 325, 326, 347
 Zenú, 262
 Zinc, 68, 118
Zingiber officinale, 99

INDICE DE AUTORES

A

ABRAHAM, A. 181, 193, 195, 196
ACOSTA, J. de, 9
ACOSTA, M., 5
ACUÑA, C. de, 5
ADRIAENS, E.L., 54
AGBOOLA, A. A., 162
AGUADO, P. de, 5
ALBA, J. de, 311, 327
ALBA, M. G., 66, 307
ALBERTO, J. 234
ALBURQUERQUE, M. de, 155, 156, 276, 277
ALONTE, F., 66
ALVARADO, L. F., 152
ALVARADO, R. L., 307, 310, 311, 312, 318
ALVAREZ, G. R., 307, 310, 311, 312, 318
ALVIM, P. de T., XI
AMARAL, J. F. do, 217
AMMERMAN, C. B., 470
ANDAGOYA, P. de, 5
ANDERSON, D. L., 56, 69
ANGLADETTE, A., 77, 78
ANGLERIA, P. M. de, 9
APPAN, S. G., 28, 29, 30, 31, 275
ARANGO, L. L., 6
ARELLANO, A., 5, 6
ARMAS, A. E., 302
ARRAUDEAU, M., 130, 181, 183, 184, 194, 205
ASICO, P. N., 307
ASSIS, F. P., 68
ATEN, A., 166
ATKINSON, R. W., 10
AUBLET, F., 7
AUMAITRE, A., 309
AVERRE, C. W., 242, 243
AYALA, A., 233
AYRE-SMITH, R. Q., 307
AZUAJE, S., 110, 114, 116

B

BALAKRISHNAN, R., 162
BALENCIE, H., 10

BARBOSA, A. A., 309
BARLOWEN, C., 300
BARRAU, J., 10
BARRIOS, E. Q., 51, 58
BARRIOS, J. R., 114, 154, 229, 231, 345
BAYAN, P. V., 66
BECKER, M., 66, 68, 308
BENZONI, G., 9
BERTONI, A. de W., 221
BERTRAND, A. R., 102
BETHUNE, C., 7, 10
BINGHAM, H., 8
BIRD, H. R., 56
BIRD, H. L., 69, 301, 303
BISSET, F. H., 63, 69, 301, 303
BLETTLER, C., 77
BOITEAU, P., 181
BOLHUIS, G. G., 77, 80, 195
BONDAR, G., 229
BOOTH, R. H., 212, 214, 216, 217, 218, 241
BRADLEY, W. G., 224
BRAMAO, D. L., 102
BRANDILLA, S., 69, 302
BRATHWAITE, C. W. R., 233
BRESANI, R., 51, 58
BRICEÑO, R. H., 170
BRUCE, W. C., 181
BRUIJN, G. M. de, 63, 64, 65, 66, 67, 140
BUITRAGO, J., 69
BULGHERONI, O., 142
BURELA, A., 202
BURKILL, I. H., 10
BUSSON, F., 58, 59
BUTLER, G. W., 63

C

CABELLO, F., 313, 314
CABELLO, M., 8
CALDERON, F., 303
CAMPOS, H., 104, 105
CAMPOS, H. dos R., 150
CANDOLLE, A. de, 10, 11
CAPINPIN, J. M., 181
CAREW, L. B., 56, 69

CARNEIRO, F. A. de, 218
 CARNEVALLI, A., 326
 CARVAJAL, G. de, 7
 CASAS, B. de las, 9
 CASAS, I., 63, 64
 CASTAÑO, J. J., 214, 218
 CASTELLANOS, J. de, 6
 CASTILLO, L., 302, 322
 CASTLE, M. E., 327
 CATAMBAY, A. B., 169
 CAVENESS, F. E., 233
 CENOZ, H. M., 86, 144, 147, 160, 163, 203
 CEREGHELLI, A., 271
 CIEZA DE LEON, P., 6, 7, 8
 CIFERRI, R., 214
 CLARKE, R. T., 107, 108
 COBO, B., 9
 COCK, J. H., 137, 140, 278
 CODAZZI, A., XII
 COELHO, J. F., 155
 COLLENS, A. E., 65
 COLON, H., 9
 CONCEICAO, A. J. da, 103, 136, 147
 CONN, E. E., 62
 CORREA, H., 155
 COSBY, E. L., 70
 COSTA, A. S., 212
 COSTA, J. M. da, 230
 COURTS, G., 10, 32, 36, 110, 184, 195, 197
 COURSEY, D. G., 241
 COWGILL, U. M., 11
 CREVAUX, J., 7
 CRUXENT, J., 12
 CRUZ, N. D. da, 182, 184
 CUBERO, J., 221
 CUERVO, A. B., 6
 CZHRINCIW, N., 244, 256

CH

CHADRA, Y. R., 54, 234
 CHAN SEAK KHEN, 135, 145
 CHANDRARATNA, N. F., 177, 184
 CHEVAUGEON, J., 214, 241
 CHEVASSUS-AGNES, S., 261, 263, 264, 275
 CHICCO, C. F., 302, 311, 313, 326
 CHICCO, G., 153, 154
 CHITHANRANJAN NAIR, N., 256
 CHOO, T. L. K., 69, 324
 CHOU, K. C., 50, 56, 58, 59, 308, 323, 326
 CHUPP, C., 214, 216

D

DARLINGTON, C. D., 181
 DELCASSO, G., 127
 DELGADO, E., 214
 DELGADO, M., 217, 221, 224, 230, 233
 DELGADO, T. E., 202
 DESLANDES, J. A., 233, 234

DIAZ, C., 216, 217
 DIAZ, G. de, 126, 217
 DIXON, W. B., 233
 DOKU, W. V., 49, 54, 184, 253
 DOLL, J. D., 147, 155, 156
 DOMÍNGUEZ, J. A., 135
 DORESTES, E., 229
 DOUGHTY, L. R., 184, 191
 DRYDALE, A. D., 327
 DUDLEY, E. J., 300
 DUFOURNET, E., 106
 DULONG, R., 135, 143, 162, 183
 DUQUE, C. M., 326
 DYOTT, G. M., 7

E

ECHANDI, M. O., 304
 ECHEVERRIA, H., 166, 169, 171, 240
 EGGUM, B. O., 59, 60, 61, 324
 ENRIQUEZ, F. Q., 69, 301, 303, 304
 ENYI, B. A. C., 147
 ESTIMA, A. L., 328
 ESTRADA, N., 55, 203
 EWELL, E. E., 54

F

FAIRLIE, R., 134
 FAVIER, J. C., 261, 263, 264, 275
 FEDERMANN, N., 5
 FERNANDES, C. S., 118
 FERNANDEZ, F., 229
 FERNANDEZ, L., 9
 FILHO, J. R., 118
 FLAWS, L. J., 281
 FLORES, M., 52, 62
 FONSECA, J. P. da, 221
 FORSYTHE, W., 87
 FRANCOIS, A. M., 309
 FREIRE, E. S., 110
 FRENCH, M. E., 313
 FRIEDE, J., 7
 FRITZ, J., 110, 120

G

GALAND, F. G., 134
 GALLEGOS, F. L., 221, 224, 227, 229, 230
 GALLO, J. T., 69
 GALLON, G., 261, 263, 264, 275
 GALVAO, E., 11
 GANGULY, B., 211
 GARBATI, S. T., 311
 GARCIA, J., 86, 87, 97, 150, 151
 GASPAS, D. R., 307
 GAUSSEN, H., 82
 GHOSH, S. N., 66, 327
 GOARIN, P., 106
 GODFREY-SAM-AGGREY, W., 206

GODOY, C., 169
 GOMEZ, G., 68, 69, 303
 GONCALVES, R. D., 213, 217, 218
 GONZALEZ, J., 212, 213, 216, 217
 GRACE, M., 284, 296
 GRANADOS, F., 102, 108, 109
 GRANER, E. A., 169, 181, 184, 197
 GROOT, A. P. de, 59
 GUAGLIUMI, P., 220
 GUANZON, G. A. 134
 GUARAGNA, R. N., 68
 GUEDEZ, H., 153, 154
 GUILLEN, R. D., 303, 345, 346
 GUIMARAES, C. D., 103
 GUIRAN, G. de, 233
 GURNAH, A. M., 147

H

HAHN, S. K., 184, 192, 206, 231, 233
 HARNEY, P. M., 141
 HENAIN, A. E., 86, 144, 147, 160, 163,
 193, 203, 220
 HERRERA, F. L., 8
 HILL, F. W., 56, 69
 HINWICH, W. A., 70
 HOESTRA, H., 233
 HOGGER, C. H., 233
 HOLLEMAN, L. W. J., 166
 HOSHII, H., 301
 HOWLAND, A. K., 184, 192, 196, 206, 233
 HSU, K. S., 182, 185
 HUERTAS, A. S., 134
 HUMBOLDT, A., 6
 HUMPHRIES, J. R. C., 243, 254, 255
 HURTADO, J., 152
 HUTAGALUG, R. L., 69, 324

I

IGUE, T., 191
 INDIRA, P., 34
 INGRAM, J., 243, 254, 255

J

JAFFE, W., 244, 256
 JAHN, A., 5
 JALALUDIN, S., 69
 JENNING, D. L., 182, 184, 191, 195, 200,
 205, 211, 212
 JIMENEZ, I., 69
 JIMENEZ, M., 8
 JOHNSON, P. T. C., 29, 327
 JOHNSON, R. M., 54, 57
 JONES, W. O., 10, 80, 86
 JOS, J. S., 183, 196
 JOSEPH, K. T., 76, 119
 JUMELLE, H., 10

K

KALIL, E. B., 68
 KASASIAN, L., 152
 KEDAR, M., 256
 KLEIN, F. W., 300
 KLOPENBURG, T. G. A., 140
 KOCH, L., 66
 KOCH, W., 217, 218
 KOENS, A. J., 234
 KOSAKAY, K., 301
 KOK, E. A., 308, 313, 327
 KOSHY, T. K., 195
 KRISHNAN, R., 181
 KROCHMAL, A., 118, 121, 135, 166, 169,
 221
 KUMAR, L. S. E., 10
 KUPPUSWAMY, S., 254
 KURIAN, T., 34

L

LANG, S., 70
 LANJOUW, J., 29
 LARSON, G., 170
 LEATHER, R. I., 214
 LEBEDEF, S., 281
 LEFORT, L., 10
 LEGARDA, L., 87
 LEITE, A. C., 311
 LEMOS, P., 102
 LEONARD, M. D., 220
 LEROY, A., 309
 LERY, J. de, 7
 LONGMAN, K. A., 145
 LOOMIS, R. S., 286
 LOPEZ, J., 86, 87
 LORIA, W., 136
 LOZANO, J. C., 133, 212, 214, 216, 217,
 218
 LUC, M., 233
 LUYKEN, R., 59

M

MAC DONALD, G. J., 285
 MACDOWELL, R. E., 56, 69, 310
 MCGOVERN, W. M., 8
 MC MILLAN, A. N., 300
 MACHADO, A., 136, 145
 MAGOON, M. L., 181, 183, 195, 196, 203
 MAINGAY, A. C., 10
 MAKANJOUA, S., 170
 MANER, J. H., 50, 53, 55, 68, 69, 302,
 303, 315, 316 317, 319, 320, 321, 322
 MANURUNG, F., 285, 286, 288, 289, 296
 MAPSON, L. W., 256
 MARAVALHAS, N., 280
 MARCANO, J., 260
 MARICONI, F. A. M., 221
 MARTIN, F. W., 185, 200
 MARTIN, G. C., 233

MASSAL, E., 10
 MATHEW, P. M., 193, 196
 MATHISON, L. E., 328
 MATHUR, M. L., 68, 327
 MATHUR, P. B., 258
 MAUST, L. E., 56, 69, 310
 MEDINA, P., 68
 MEJIA, T. R., C., 311
 MELOTTI, L., 68
 MENDEZ, C. R., 56, 301, 328
 MENDIOLA, N. B., 10, 185
 MENDOZA, G., 135
 MERCADO, T. A., 185
 MERRILL, E. D., 11
 METRAUX, A., 275
 MICHE, J. C., 243, 257
 MIEGE, J., 10, 183
 MILLS, W. R., 327
 MILNER, M., 57
 MITCHELL, D. L., 254
 MOGILNER, I., 77
 MONDONEDO, M., 66, 311
 MONTALDO, A., XIII, 31, 34, 37, 48, 49,
 53, 55, 57, 86, 97, 110, 114, 116, 141,
 144, 145, 150, 151, 160, 162, 163, 169,
 190, 193, 200, 221, 222, 227, 229, 245,
 256, 309, 323
 MONTE, O., 227
 MONTILLA, J. J., 54, 301, 302, 304, 305,
 328
 MORALES-PADRON, F., 6
 MORIMOTO, H., 301
 MUELLER, B., 311
 MUELLER-ARGOVIC, J., 29
 MULLER, A. S., 214, 216
 MULLER, Z., 52, 56, 58, 59, 308, 323, 326
 MUÑOZ, G. A., 63, 64
 MUÑOZ, J. A., 135
 MURTHY, H. B. N., 256, 258

N

NAH, K. C., 50, 56, 58, 59, 308, 323, 326
 NAIR, S. G., 183, 196
 NAIR, T. V. R., 65
 NAKANJOULA, G. A., 167, 170
 NANAYAKKARA, K. D. S. S., 184
 NARTLEY, F., 63
 NEGRETE, F. M., 224, 226
 NERY, J. P., 191
 NESTEL, B. L., XV., 206
 NETO, L. P., 68
 NICHOLS, R. F. W., 191, 195
 NORDENSKIOLD, E., 8, 11
 NORMANHA, E. S., 102, 109, 144, 191,
 202, 214, 218, 221, 224, 229, 242
 NWOSU, N. A., 128
 NYIIRA, Z. M., 230

O

OBIGBESAN, G. O., 162
 OKE, O. L., 57, 58, 70

OKIGBO, B. N., 205
 OLSON, D. W., 56, 69, 301, 303
 ONOCHIE, B. E., 167, 170
 OPEKE, L. K., 313
 ORIOLLI, G. A., 77, 109
 OSORES, A., 214, 217, 221, 224, 233
 OSUNTOKUN, B. O., 69
 OVIEDO Y BAÑOS, J., de, 5
 OVIEDO Y VALDES, G. F. de, 5, 9
 OYENUGA, V. A., 50, 308, 309, 311, 313

P

PACHECO, J. A. de C., 242, 280
 PALMER, E. R., 281
 PANICKER, P. K. S., 193, 196
 PARZYCKI, P., 230, 233
 PARADELA, FILHO, O., 216, 217, 218
 PATERNINA, D., 55
 PATIÑO, V. M., 6
 PATTINSON, I., 254
 PAX, F., 29
 PEACOCK, F. C., 233
 PEIXOTO, R. R., 66, 311, 313, 327
 PEÑA, R., 221, 224
 PERALTA, M. M. de, 9
 PERAZA, C., 314
 PEREIRA, A. S., 102, 109, 144, 191, 214,
 221, 224, 229, 242
 PEREZ, J. M., 110, 114, 116
 PEREZ-TRIANA, S., 6
 PHILIPPI, R. A., 10
 PHILLIPS, T. P., XVI, 20, 21
 PIEDRAHITA, W., 147, 155, 156
 PINHEIRO, L., 308
 PISO, G., 7
 POHL, J. E., 29
 POHL, R., 68
 POISSON, A., 30
 POND, W. G., 56, 69, 310
 PROSEN, A. F., 220
 PUSHPARAJAH, E., 128
 PYNAAERT, L., 306

Q

QUINTERO, F., 303, 346

R

RAHM, G., 233
 RAMA RAO, G., 256
 RAMAHADIMEY, G., 110
 RAMIREZ, C. T., 233
 RAMOS, A., 227, 229
 RAYCHAUDHURI, S. P., 211
 RAYMOND, W. D., 54, 57
 RENNER, R., 56, 69
 REVERON, A. E., 328
 REVETTI, L. M., 257
 RIBEIRO, G. A., 308, 313, 327
 RIOS, M., 55

RIVIERE, C., 10
 ROA, G., 278
 ROBBS, C. F., 221
 ROBERTS, D. A., 214
 ROCHA, G. L. da, 68, 307, 308, 309
 RODRIGUES, G., 68
 RODRIGUEZ, J., 328
 RODRIGUEZ, N. F., 135
 RODRIGUEZ, P. M., 135
 ROGERS, D. J., 12, 28, 29, 30, 31, 57, 203, 275
 ROSA, J. N. de la, 6
 ROSAS, C., 144
 ROSE, C. J., 327
 ROSENTHAL, F. R. T., 280
 ROSS, E., 69, 301, 303, 304
 ROSSETO, C., 220, 224, 227, 229, 230
 ROUSE, I., 12

S

SAFFORD, W. E., 8
 SAINT AMAND, R. D., 120
 SALAZAR, T., 258
 SAMPAIO, C. V., 136, 147
 SAMPATH, S. R., 66, 327
 SAMUELS, G., 118, 121
 SANCHEZ, C. A., 135
 SANDERMAN, C., 8
 SANOJA, M., XVI
 SANTOS, E., 302
 SAPIN, P., 197
 SAPPER, K., 11
 SARMIENTO DE GAMBOA, P., 7
 SAUER, C. O., 12
 SAUNDERS, J. P., 70
 SCAIFE, A., 10
 SCHIMPER, A. F. W., 81
 SCHNEE, L., 337
 SCHULTE, E. E., 167, 170
 SCHWERIN, K. H., 12, 193, 262, 272, 274, 275, 276
 SCHWIMMER, S., 256
 SCOTT, M. L., 56
 SCOTT, W. N., 68, 310
 SENA, Z. F., 150
 SENARATNA, J. E., 177
 SEQUEIRA, L., 214
 SERRES, H., 327
 SHARMA, B. C., 211
 SHIMADA, A., 313, 314
 SHORROCKS, V. N., 119
 SHULTZ, E., 326
 SHULTZ, T. A., 326
 SIBIE, D., 140
 SIFUENTES, J. A., 221, 224
 SILVA, J. R. da, 110, 136, 142, 146, 155, 218
 SILVA, R. S. da, 57
 SILVESTRE, P., 127
 SINCH, K. D., 161, 163
 SINHA, S. K., 65
 SLOANE, H., 9
 SMITH, C. E., 11

SMITH, L. F., 233
 SOARES, P. K., 301
 SOHMER, S. H., 182
 SOLORZANO, P., 104, 105
 SPEGAZZINI, C., 217
 SPRUCE, R., 7
 SQUIBB, R. L., 300
 SUBRANANYAM, H., 258
 SUMMER, J. B., 70
 SUNDARARAJ, J. S., 162
 SUNDE, M. L., 56, 69, 301, 303
 SWAIN, T., 256
 SWAMINATHAN, M., 256
 SYKES, J. T., 141
 SZENT-IVANY, J. J. H., 229

T

TABAYOYONG, T. T., 300
 TAN, K. H., 102
 TAN SEE YEOK, 128
 TARENKO, V. I., 66
 TAVARES, F. D., 103
 TEJADA, I., 69, 302
 TELLO, J., 9
 TERAN, J. B., 229
 TERRA, G. S. A., 57, 62
 TERRY, E. R., 184, 192, 196, 206, 233
 THAMES, W. H., 233
 THOMPSON, F. W., 307
 THOMPSON, R. L., 169
 TILLON, J. P., 327
 TOLEDO, A. P. de, 177
 TOMALIN, A. W., 256
 TORRES, J. R., 308
 TOURNEAU, D. J., le, 256

U

UFELDRE, A., de, 9
 ULE, E., 29, 30
 URICH, F. W., 224

V

VALDIVIESO, A., 327
 VALERIO, J., 182, 185
 VALLEJOS, M. E., 220
 VAN STRATUM, P. G. C., 59
 VAN VEEN, A. G., 57
 VARGAS, C., 9
 VARGAS, I., XVI
 VASUDEVAN, K. N., 185, 196
 VAVILOV, N. I., 11
 VAZQUEZ, A., 8
 VECCHIONACE, H. I., 311
 VEGA, A., 9
 VELLOSO, L. A., 66, 313
 VIEGAS, A. P., 214, 216, 217
 VIJAYA-BAI, K., 181
 VOGT, H., 54, 55, 300

- W**
- WAGLEY, C., 275
 WAITE, R., 327
 WARNER, R. G., 56, 69, 310
 WASHKO, W. W., 66
 WATSON, J. W., 327
 WEGNER, R. M., 300
 WESTON, J. A., 6
 WHOLEY, D. W., 133, 137, 140, 169, 214
 WIEDENHOFER, H., 56, 301, 302, 328
 WILLE, J. E., 221, 224, 227, 233
 WILLEY, H. W., 54
 WILLIAMS, A. O., 69, 286
 WILLIAMS, C. N., 76, 119
 WILSON, J., 69
 WOLCOTT, G. N., 224
 WOLF, D. D., 66
 WOOD, R. K. S., 256
 WRIGLEY, G., 169
- WU LEUNG, WOTT-TSUEN, 52, 62**
WYLD, M. K., 300
- X**
- XIMENEZ, F., 9
- Y**
- YACOVLEFF, E., 8
 YANGO, C. E., 169
 YIN, O. S., 69
 YOSHIDA, M., 301
 YOUNG, N., 243, 258
- Z**
- ZIKAN, W., 224
 ZOBY, J. L. F., 325

ISBN-92-9039-053-0

La yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) es uno de los cultivos más importantes para la alimentación, sobre todo cuando gran parte de la humanidad vive en déficit alimentario, tanto en el componente proteico como en el energético.

Este texto del Ing. Alvaro Montaldo expone todos los aspectos científicos, económicos e históricos referidos a la yuca o mandioca, tratados en la obra con profundidad y a la vez con orientación didáctica. Por estos méritos LA YUCA O MANDIOCA es un libro de particular utilidad para Profesores y estudiantes universitarios de las Escuelas de Agronomía, Ciencias Veterinarias, Nutrición y Tecnología en Latinoamérica.

Alvaro Montaldo, Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Chile, Maestro en Ciencias por la Universidad de Minnesota, EUA, ha sido Director-fundador de la Estación Experimental Agronómica de la Universidad de Chile y Director del Instituto de Agronomía (Investigación) de la Universidad Central de Venezuela. Posee amplia experiencia docente universitaria, particularmente como Profesor de las Cátedras de Fitotecnia, Horticultura y Raíces y Tubérculos.

Ha sido consultor de FAO sobre producción de semilla de papa y de variedades resistentes al tizón, en Inglaterra, Alemania, Holanda y Suecia. Ha participado en los más importantes congresos científicos sobre raíces y tubérculos, así como en otros simposios y conferencias internacionales. Además de sus numerosas publicaciones científicas en diversas revistas especializadas, es autor de CULTIVO DE RAICES Y TUBERCULOS TROPICALES y de CULTIVO Y MEJORAMIENTO DE LA PAPA, ambos dentro de la Serie de Libros y Materiales Educativos del IICA.