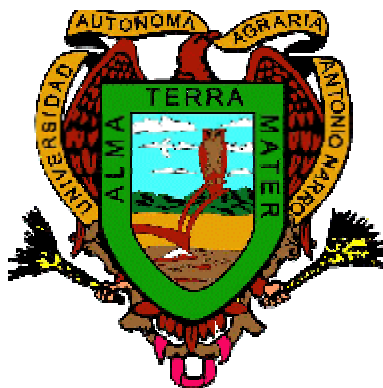


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



“TÉCNICAS DE MANEJO E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA YUCA

(Manihot esculenta Crantz) **EN MÉXICO”**

POR:

RENAUD BAUTISTA JONGUITUD

MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2003.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**“TÉCNICAS DE MANEJO E IMPORTANCIA DE LA YUCA
(*Manihot esculenta* Crantz) EN MÉXICO”**

POR:

RENAUD BAUTISTA JONGUITUD

MONOGRAFIA

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito
parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

APROBADA POR:

**Inq. José Ángel de la Cruz Bretón
PRESIDENTE DEL JURADO**

**Inq. René A. de la Cruz Rodríguez
ASESOR**

**Biól. Sergio Pérez Mata
ASESOR**

**M.C. Antonio Rodríguez Rodríguez
ASESOR**

**MC. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Noviembre de 2003.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis mas infinitos agradecimientos a **Dios Todo Poderoso** que creo el Universo y dentro de este a la maravillosa vida. Y por concederme la existencia hasta estos días. Y gracias por darme la oportunidad de concluir mis estudios, para poder desempeñarme profesionalmente en el ramo que mas me atrae, que es la agronomía. Y creo que solo podré expresarle mis más inmensos agradecimientos al Creador, haciendo el bien a mis semejantes (el pueblo pobre de México) de una u otra manera. “Gracias mil Dios”.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA “ANTONIO NARRO”** van mis mas sinceros agradecimientos por darme la oportunidad de culminar mis más anhelados sueños obtener una bella profesión como lo es la agronomía. Al agradecer a la NARRO estoy incluyendo a la infraestructura y sus profesores como también a todas aquellas personas que laboran en esta universidad y que desempeñan su trabajo para que podamos lograr realizar nuestros estudios. “Gracias”.

Mis agradecimientos más sinceros al **Ing. José A. de la Cruz Bretón**, por permitirme llevar a cabo este trabajo monográfico, bajo su asesoramiento incondicional. Así como por animarme a echarle ganas a este trabajo. Por sus aportaciones muy valiosas en la estructuración de esta monografía.

Muy agradecido con el **Ing. René A. de la Cruz Rodríguez** por aceptar formar parte esencial del asesoramiento de este trabajo y por haber llevado a cabo la revisión de esta monografía. También por haber formado parte de mi formación profesional en mi plan de estudios.

Al **Biólogo Sergio Pérez Mata** por aceptar ser parte del Jurado Examinador en la presentación de mi examen Profesional.

Al **M. C. Antonio Rodríguez Rodríguez** por aceptar de buena gana formar parte del Jurado Examinador en la presentación de mi examen Profesional.

Quiero agradecer a mis amigos y camaradas de la especialidad: Anselmo Aguado, Arturo Hernández, Rigoberto Hernández, Amador Hernández y a Ricardo Manuel, por haber compartido amigablemente la mayor parte de nuestra estancia en la NARRO. Y el haber recibido su apoyo incondicional en todo momento.

También a los siguientes camaradas: Miguel A. García, al Ing. Noé Musito, al Ing. Bernardo, que de una u otra forma me brindaron su apoyo.

Y para todos los camaradas con quienes compartimos puntos de vista y tiempos de distracción.

Mis más sinceros agradecimientos van para la **familia García** (de la Colonia la Esperanza – El K6), muy en especial para la Sra. Lety y para Dña. Berta, así como para su familia, por brindarme toda su amistad cuando me abrieron las puertas de su hogar, “Mil gracias”.

Muy especialmente al pueblo pobre de México, que se dedica incansablemente a las labores agropecuarias, estando a expensas de las condiciones adversas de la naturaleza que no siempre le son favorables. Y que se alegra al arrancarle a la Tierra aunque sea unos pocos frutos para su subsistencia.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico de una forma muy especial a los seres mas bellos del Universo que Dios me dio y que son mis progenitores. **A mis padres adorados** que me dieron la vida:

Mi mamá: Victoria Jonguitud Sánchez

Mi papá: Adán Bautista Hernández

Quienes me han guiado por el mejor camino y han esperado formar de mi a un hombre de bien.

Son mis viejos, quienes me vieron crecer y me dieron cuanto tuvieron a su alcance para que me desarrollara, no importando las carencias que la pobreza nos da. Y que gracias a ellos he logrado culminar mis estudios profesionales, dándome su apoyo de todo tipo.

Creo que estarán gloriosos y contentos de haber logrado que estudiara una especialidad, espero no defraudarlos. Su apoyo inmenso es indescriptible.

“GRACIAS INFINITAS, MAMÁ Y PAPÁ, POR SU APOYO INCONDICIONAL”

A mis queridísimos hermanos:

Beto

René

Hectorsito

Con quienes conviví en mi niñez y Juventud e hicieron más alegre mi vida en mi Pueblito. Los cuales de una u otra forma me apoyaron para que culminara mi profesión. Muy agradecido con mis hermanos mayores Beto y René por apoyarme, de forma incondicional, en todo momento, sin su apoyo creo que no habría podido terminar mis estudios. Tomando muy en cuenta que ustedes ya tienen sus propias responsabilidades que cumplir.

“Mis mas sinceros agradecimientos”

Para mis queridísimos abuelos:

Mi abuelita: Ángela Sánchez Hernández

Mi abuelito: Sixto Jonguitud Castillo (†)

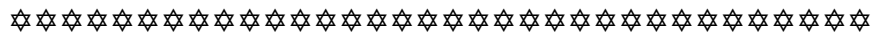
Mi abuelita: Cipriana Hernández Ramos

Quienes me vieron crecer y contribuyeron para que yo saliera adelante. Con ustedes tengo bellos recueros de mi infancia que jamás olvidare.

Para todos mis tíos (as) con quienes he convivido y que de una u otra forma me han apoyado, “Gracias”.

Y por último para mis primos (as), con quienes he convivido en mi vida.

**“Es la tierra mi único universo,
en ella he nacido y en ella he de morir,
y aunque en ella sea todo tan adverso,
por siempre en ella quiero vivir”**



**“Fuente inagotable de sabiduría ,
es la lectura atenta y reflexiva”**



**“El agricultor en el surco
y el estudiante en el renglón”**



**“Vencer o morir es de pueblos valientes,
holgar y dormir
es labor de inconscientes”**

Párrafos de Fragmentos inspirados de un agricultor muy especial:

MI PADRE: A. B. H.

ÍNDICE GENERAL

	Págs.
I. <u>INTRODUCCIÓN</u> -----	1
1.1 Antecedente histórico -----	1
1.2 Justificación -----	3
1.3 Objetivo -----	3
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u> -----	4
2.1 NOMBRES COMUNES DE LA YUCA -----	4
2.1.1 Nombres americanos -----	4
2.1.2 Nombres comunes en cada región de México -----	4
2.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA YUCA EN EL MUNDO -----	5
2.2.1 Centro de origen -----	5
2.2.2 Distribución mundial del cultivo de yuca -----	6
2.3 ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN, CONSUMO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA YUCA EN EL MUNDO -----	10
2.3.1 Estadísticas de producción mundial -----	10
2.3.2 Consumo mundial -----	13
2.3.3 Comercio internacional -----	13
2.3.3.1 <i>Países exportadores de yuca</i> -----	13
2.3.3.2 <i>Países importadores de yuca</i> -----	14
2.4 PRODUCCIÓN DE YUCA EN A. LATINA Y EL CARIBE -----	16
2.4.1 Distribución de la yuca en a. latina y el caribe -----	16
2.4.2 Producción de yuca en México -----	18

2.5	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA YUCA -----	20
2.6	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA MANDIOCA -----	22
2.6.1	Taxonomía de la planta de yuca -----	22
2.6.1.1	<i>Especie cultivada</i> -----	24
2.6.2	Descripción morfológica -----	24
2.6.2.1	<i>Tallos y ramas</i> -----	25
2.6.2.2	<i>Hojas</i> -----	27
2.6.2.3	<i>Inflorescencias</i> -----	29
2.6.2.4	<i>Flores femeninas y masculinas</i> -----	30
2.6.2.5	<i>Frutos</i> -----	32
2.6.2.6	<i>Semilla</i> -----	32
2.6.2.7	<i>Raíz</i> -----	33
2.7	VARIETADES DE YUCA CULTIVADAS EN EL MUNDO -----	35
2.7.1	Variedades en el mundo -----	35
2.7.2	Variedades cultivadas en México -----	39
2.8	CICLO VEGETATIVO DE LA PLANTA -----	39
2.8.1	Primer ciclo vegetativo -----	40
2.8.1.1	<i>Brotación de las estacas</i> -----	40
2.8.1.2	<i>Formación del sistema radicular</i> -----	40
2.8.1.3	<i>Desarrollo de los tallos y las hojas</i> -----	40
2.8.1.4	<i>Engrosamiento de las raíces</i> -----	40
2.8.1.5	<i>Reposo</i> -----	41
2.8.2	Segundo ciclo vegetativo -----	41
2.8.2.1	<i>Formación de nuevos tallos</i> -----	41
2.8.2.2	<i>Acumulación de materias de reserva</i> -----	41
2.8.2.3	<i>Reposo</i> -----	41

2.9	REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS Y EDÁFICOS DEL CULTIVO -----	42
2.9.1	Principales ecosistemas en que se produce yuca (regiones productoras en el mundo) -----	42
2.9.2	Requerimientos agroecológicos -----	43
2.9.2.1	<i>Clima</i> -----	43
2.9.2.2	<i>Temperaturas</i> -----	44
2.9.2.3	<i>Horas luz(fotoperíodo)</i> -----	45
2.9.2.4	<i>Humedad</i> -----	45
2.9.2.5	<i>Precipitación</i> -----	46
2.9.2.6	<i>Vientos</i> -----	47
2.9.3	Requerimientos edáficos -----	48
2.9.3.1	<i>Altitud</i> -----	48
2.9.3.2	<i>Topografía del suelo (pendiente del terreno)</i> -----	48
2.9.3.3	<i>Tipo de suelo</i> -----	48
2.9.3.4	<i>Textura</i> -----	50
2.9.3.5	<i>pH del suelo</i> -----	50
2.9.3.6	<i>Fertilidad</i> -----	50
2.10	MÉTODOS DE PROPAGACIÓN -----	51
2.10.1	Semilla verdadera -----	52
2.10.2	Semilla asexual -----	52
2.11	SELECCIÓN Y PROTECCIÓN DEL MATERIAL DE PROPAGACIÓN COMERCIAL -----	54
2.11.1	Criterios para seleccionar el material vegetativo (características de las estacas para siembra) -----	55
2.11.2	Requisitos agronómicos y manejo de la semilla -----	55
2.11.2.1	<i>Parte apropiada de la planta para usar como "semilla"</i> -----	55
2.11.2.2	<i>Longitud y número de yemas por estaca</i> -----	56

2.11.2.3	<i>Manipulación y transportación</i> -----	56
2.11.2.4	<i>Almacenamiento de las estacas</i> -----	57
2.11.2.5	<i>Tiempo entre el corte y la plantación</i> -----	58
2.11.3	Tratamiento de las estacas -----	58
2.11.3.1	<i>Ventajas del tratamiento de las estacas</i> -----	59
2.12	PREPARACIÓN DEL TERRENO -----	59
2.12.1	Labores antes de la plantación -----	59
2.13	PLANTACIÓN DEL CULTIVO -----	61
2.13.1	Época de plantación -----	61
2.13.2	Diseño de la plantación -----	61
2.13.3	Orientación de las estacas -----	63
2.13.4	Profundidad de plantación -----	65
2.13.5	Cantidad de estacas por punto de plantación -----	66
2.13.6	Densidad de plantación -----	66
2.14	PRINCIPALES LABORES CULTURALES -----	67
2.14.1	Limpias y escardas -----	67
2.14.2	Replantación -----	68
2.14.3	Reabonamiento -----	68
2.14.4	Aporque -----	68
2.14.5	Riegos -----	69
2.15	PLAGAS MAS IMPORTANTES EN EL CULTIVO DE YUCA -----	69
2.15.1	Gusano cachón de la yuca (<i>Erinnyis ello</i>) -----	71
2.15.2	Ácaros (<i>Mononychellus tanajoa</i>) -----	77
2.15.3	Mosquita blanca (<i>Aleurotrachelous socialis</i>) -----	80
2.15.4	Chinche subterránea de la viruela (<i>Cyrtomenus bergi</i>) -----	84
2.15.5	Barrenadores del tallo (<i>varias especies</i>) -----	86

2.16	PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE YUCA ----	88
2.16.1	Enfermedades bacterianas -----	88
2.16.1.1	<i>Añublo bacterial (Xanthomonas campestris pv manihotis)</i> ----	88
2.16.2	Enfermedades fungosas -----	92
2.16.2.1	<i>Pudriciones radicales por varios patógenos (Phytophthora drechesleri, Pythium sp., otros)</i> -----	92
2.16.3	Enfermedades virales -----	93
2.16.3.1	<i>El cuero de sapo</i> -----	93
2.16.4	Pudriciones radicales posteriores a la cosecha (efectos fisiológicos o por patógenos)-----	97
2.17	MALEZAS EN EL CULTIVO DE YUCA -----	98
2.17.1	Competencia de las malezas con el cultivo -----	100
2.17.2	Pérdidas causadas por las malezas -----	100
2.17.3	Época crítica de competencia -----	101
2.17.4	Métodos de control de las malezas -----	102
2.17.4.1	<i>Control cultural</i> -----	102
2.17.4.2	<i>Control mecánico</i> -----	102
2.17.4.3	<i>Control Integrado</i> -----	102
2.17.4.4	<i>Control químico</i> -----	103
2.17.5	Selectividad de los herbicidas preemergentes y de presiembr incorporados. -----	103
2.18	COSECHA -----	104
2.18.1	Formas de cosechar las raíces -----	105
2.19	MANEJO DE POSTCOSECHA DE LA YUCA -----	108
2.19.1	Labores postcosecha -----	108
2.19.1.1	<i>Limpieza</i> -----	108
2.19.1.2	<i>Clasificación</i> -----	108
2.19.1.3	<i>Procesamiento postcosecha</i> -----	108

2.19.2	Almacenamiento -----	110
2.20	USOS DE LA YUCA -----	111
2.20.1	Usos industriales de la raíz de yuca -----	111
2.20.2	Usos del follaje y tallos de yuca -----	112
2.20.2.1	<i>Ensilaje de la planta de yuca</i> -----	112
2.20.3	Orujo de yuca -----	112
2.21	COMERCIALIZACIÓN DE LA YUCA -----	113
2.21.1	Yuca para consumo humano -----	113
2.21.2	Yuca para alimentación animal -----	114
2.22	INDUSTRIALIZACIÓN -----	114
2.22.1	Productos derivados de la yuca -----	115
2.22.2	Proceso de elaboración de la harina de yuca -----	115
2.22.2.1	<i>Pesada de las raíces frescas</i> -----	116
2.22.2.2	<i>Lavado</i> -----	117
2.22.2.3	<i>Pelado de las raíces</i> -----	117
2.22.2.4	<i>Troceado o corte de las raíces</i> -----	117
2.22.2.5	<i>Secado</i> -----	117
2.22.2.6	<i>Molienda</i> -----	118
2.22.2.7	<i>Empaque</i> -----	118
2.22.2.8	<i>Almacenamiento</i> -----	119
2.22.2.9	<i>Control de Calidad</i> -----	119
2.23	MEJORAMIENTO GENÉTICO -----	120
2.23.1	Métodos de mejoramiento en yuca -----	120
2.23.2	Algunos logros importantes del CIAT -----	123
2.23.2.1	<i>Descripción de algunos aspectos notables de la investigación en yuca en el 2002</i> -----	125
2.23.2	Recursos genéticos -----	126

III	CONCLUSIONES -----	128
IV	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA -----	129

ÍNDICE DE TABLAS

	Págs.
<i>Tabla # 1. Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en América Latina y El Caribe. Haciendo una comparación con la situación mundial. -----</i>	16
<i>Tabla # 2. Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en América Central -----</i>	16
<i>Tabla # 3. Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en la Región Andina. -----</i>	17
<i>Tabla #4. Área cosechada, producción y rendimiento / ha en el Cono Sur. -----</i>	17
<i>Tabla # 5. Distribución de la producción en algunos países de la región del Caribe. -----</i>	18
<i>Tabla # 6. Estadísticas de producción de yuca año agrícola 1990 – 1991. -----</i>	19
<i>Tabla # 7. Estados de la República Mexicana productores de yuca (Manihot esculenta), año 1995. -----</i>	19
<i>Tabla # 8. Estadística de producción de yuca en México (año 2001). --</i>	20
<i>Tabla #9. Composición nutricional de la raíz de yuca. -----</i>	21
<i>Tabla # 10. Elementos nutritivos de la raíz de yuca, en comparación con otros productos alimenticios. -----</i>	22
<i>Tabla #11. Variedades de germoplasma de yuca liberadas en América Latina y El Caribe. -----</i>	36

<i>Tabla # 12.</i>	<i>Variedades de germoplasma de yuca liberadas por el Continente Asiático. -----</i>	<i>38</i>
<i>Tabla # 13.</i>	<i>Temperaturas para el cultivo de yuca. -----</i>	<i>44</i>
<i>Tabla # 14.</i>	<i>Formas de almacenamiento del material de propagación (periodo de almacenamiento en días). -----</i>	<i>57</i>
<i>Tabla # 15.</i>	<i>Pérdidas en rendimiento a causa de las plagas principales en el cultivo de la yuca. -----</i>	<i>69</i>
<i>Tabla # 16.</i>	<i>Opciones para controlar las principales plagas del cultivo de yuca (ficha técnica). -----</i>	<i>70</i>
<i>Tabla # 17.</i>	<i>Alimentos en los que se puede utilizar la harina de yuca. ---</i>	<i>116</i>
<i>Tabla # 18.</i>	<i>Normas de calidad establecidas para la yuca seca. -----</i>	<i>119</i>

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y DIAGRAMAS

	Págs.	
<i>Gráfica # 1</i>	<i>Distribución de la producción de yuca en el mundo en el año 2002. -----</i>	<i>12</i>
<i>Grafica # 2.</i>	<i>Principales países exportadores de yuca en el mundo. -----</i>	<i>14</i>
<i>Grafica # 3.</i>	<i>Principales países importadores de yuca en el año 2001. --</i>	<i>15</i>
<i>Diagrama #1.</i>	<i>Tres métodos de propagación vegetativa en yuca: propagación tradicional, propagación estacas de dos nudos y por hojas. -----</i>	<i>53</i>
<i>Diagrama #2.</i>	<i>Proceso de secado de la raíz de yuca. -----</i>	<i>109</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Págs.

<i>Fig. # 1. Mapa que muestra las regiones donde se produce</i>	
<i>Fig. # 2. Yuca (limitada grandemente por las precipitaciones y las temperaturas. -----</i>	8
<i>Distribución geográfica del género Manihot en América (Rogers y Appan, 1973). -----</i>	9
<i>Fig. # 3. La planta de Yuca. -----</i>	25
<i>Fig. # 4. Arreglo de ramificaciones en la planta de Yuca: a) dicotomía; b) tricotomía; c) tetracotomía. -----</i>	26
<i>Fig. # 5. Fotografía e imagen en las que se observan los nudos y como va cambiando la forma del tallo de abajo hacia arriba. -----</i>	27
<i>Fig. # 6. Fotografías en las que se observa la forma de las hojas (los lóbulos) en una planta de Yuca: a) ovalada; b) linear. -----</i>	28
<i>Fig. # 7. Partes sexuales de la planta a) Estructura de inflorescencias de Yuca; b) flor femenina; c) flor masculina; d) fruto; e) semilla de Yuca. -----</i>	30
<i>Fig. # 8. Flores de Yuca: a) flor femenina y b) masculina. -----</i>	31
<i>Fig. # 9. Frutos de la planta de Yuca. -----</i>	32
<i>Fig. # 10. Semilla sexual de Yuca. -----</i>	33
<i>Fig. #11. Forma de las raíces que se presentan en una planta de Yuca. --</i>	34
<i>Fig. # 12. Extracción del material vegetativo para una nueva plantación. -</i>	54
<i>Fig. # 13. Cortes ideales del material vegetativo para la propagación. ----</i>	56
<i>Fig. #14. Transporte del material vegetativo para realizar una plantación comercial. -----</i>	57
<i>Fig. # 15. Tratamiento de las estacas, previo a la plantación: a) inmersión en mezcla de producto químico, b) escurrimiento de los esquejes. -----</i>	58
<i>Fig. # 16. Sistema de plantación de Yuca en forma oblicua (inclinada). Se usa a la entrada de la estación de lluvias. -----</i>	63

Fig. # 17. Gusano cachón (<i>Erinnyis ello</i>): a) huevecillos, b) larvas, c) hembra adulta y d) macho adulto. -----	72
Fig. # 18. Defoliación en la yuca, daño causado por el gusano cachón. ---	73
Fig. # 19. Larva de <i>chrysopa</i> spp depredando huevecillos de <i>E. ello</i> . -----	76
Fig. # 20. Adulto de un ácaro (<i>Mononychellus tanajoa</i>). -----	78
Fig. # 21. Hojas de la mandioca infectadas con los segundos instars de ninfas de mosca blanca. a) Genotipo susceptible var.Mcol2026; b) Genotipo resistente CG 489-34. -----	82
Fig. # 22. Hoja de yuca con instares de mosquita blanca (<i>Aleurotrachelus socialis</i> Bondar). -----	82
Fig. # 23. Apreciación del daño causado por la chinche del suelo a) Índice de daño 6 (76-100%) en el parénquima de raíces de yuca var. Brasileña causados por <i>C. bergi</i> ; b) Ninfas y c) Adultos de <i>C. bergi</i> -----	85
Fig. # 24. Larva y adulto de <i>Chilomina</i> sp. -----	87
Fig. # 25. Larva, pupa y adulto de coleópteros. -----	87
Fig. # 26. <i>Lagochirus</i> sp: a) larvas (en distintas etapas), b) pupa, c) daño y d) insecto adulto. -----	88
Fig. # 27. Daños causados por Añublo bacterial: a) mancha angular y b) envés de una hoja de yuca con acuosidad debida a la acción bacteriana. -----	90
Fig. # 28. Daños causados por el añublo bacterial: 1) Manchas foliares; 2) Marchitez parcial. -----	91
Fig. # 29. Exudado de goma a lo largo de tallos y muerte descendente en una planta de yuca. -----	91
Fig. # 30. Pudriciones de la raíz de yuca: a) inducida por <i>Phytophthora drechsleri</i> ; b) pudrición inducida por <i>Pythium</i> sp. -----	92
Fig. # 31. Raíces dañadas por el cuero de sapo: a) raíz sana, b) raíz con síntomas suaves y c) raíz con síntomas severos. -----	94

<i>Fig. # 32. Detección del cuero de sapo por medio de injertos. Obsérvese la ausencia de síntomas foliares en el patrón y la expresión de síntomas en la variedad indicadora. -----</i>	95
<i>Fig. # 33. Deterioro de raíces posterior a la cosecha: a) deterioración fisiológica(izquierda) y deterioro microbial (derecha); b) pudrición radical interna posterior a la cosecha (izquierda) comparado con una sin deterioro. -----</i>	97
<i>Fig. # 34. Ageratum conyzoides, maleza de hoja ancha encontrada con mayor frecuencia en cultivos de yuca. -----</i>	98
<i>Fig. # 35. La Cyperus rotundus L. (coquillo morado) es una Maleza de hoja angosta que representa un grave problema a nivel mundial en las plantaciones de yuca. -----</i>	99
<i>Fig. # 36. Rotativa para eliminar follaje de yuca y malezas antes de la cosecha mecanizada. -----</i>	106
<i>Fig. # 37. Mecanización en la cosecha de la yuca. -----</i>	107
<i>Fig. # 38. Cosechadora de yuca para cultivos industriales. -----</i>	107

“TÉCNICAS DE MANEJO E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN MÉXICO”

I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedente histórico

El hombre nómada al hacerse sedentario inicia la domesticación de especies silvestres de vegetales del entorno y zonas aledañas, desarrollando formas cultivadas particulares a distintas regiones geográficas, en especial en aquellas cuyas condiciones favorecían diversidad y especiación, generándose a su vez culturas culinarias típicas de esas regiones. Las migraciones, exploraciones y el inicio de comunicaciones entre regiones llevaron a una paulatina diseminación y asimilación de estas plantas por otras etnias, resultando en una distribución actual bastante generalizada a nivel mundial de las distintas especies hortícolas.

La yuca es una de esas plantas que se han domesticado y ha ido distribuyéndose por todo el planeta, la mandioca (como es conocida en Argentina) es un cultivo perenne con alta producción de raíces reservantes, como fuente de carbohidratos y follaje para la elaboración de harinas con alto porcentaje de proteínas. Las características de este cultivo permiten su total utilización. Sus hojas para producir harinas, sus raíces reservantes para el consumo en fresco, y para la agroindustria. Así como para la exportación del producto.

<http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/YUCA/>

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), conocida también como mandioca, es originaria de la región amazónica, que ya en tiempos precolombinos estaba

distribuido su cultivo extensamente en casi toda la América tropical. Las más antiguas muestras, encontradas en la frontera colombo – venezolana, datan, según la prueba del **Carbono**¹⁴, del año 800 A. C. Con el descubrimiento de América, el cultivo de la yuca se extendió rápidamente al Continente Africano y Asiático, siendo actualmente estos, los mayores productores. Su adaptación a diversos ecosistemas, su potencial de producción y la versatilidad de sus mercados y usos finales, la han convertido en una base de la alimentación para la población rural y en una alternativa de comercialización en centros urbanos debido a sus amplias formas de transformación en la industria. Y es que la yuca trae muchas ventajas para los agricultores de bajos ingresos, ya que se da en suelos pobres o en tierras marginales donde no se pueden producir otros cultivos; requiere de pocos fertilizantes y plaguicidas, además es un cultivo tolerante a la sequía estacional, es decir, necesita de poca agua para mantenerse.

Hoy en día, el cultivo se ha extendido a cerca de 90 países tropicales y subtropicales, calculándose que sus raíces, ricas en almidón, y sus hojas, ricas en proteínas, alimentan alrededor de 5 millones de personas en todo el Mundo. De los 170 millones de toneladas de raíces frescas que se cosechan a nivel mundial, aproximadamente la quinta parte (34 millones) es producida por América Latina y el Caribe.

Debido a que el ser humano compite por el alimento (granos de cereales) con los animales que cría, esta planta representa una importante alternativa como buen sustituto de granos para la industria productora de alimentos balanceados (alimento para animales).

1.2.- Justificación

El presente trabajo monográfico fue elaborado con la finalidad de recopilar información relevante sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). El cual es de importancia para la gente productora, de bajos recursos, dando así fuente de trabajo para los mismos. También es sumamente importante esta información, ya que, en nuestro país (México) es poco conocido este cultivo y por consiguiente los múltiples usos que se le pueden dar.

1.3.- Objetivo

Que la información técnica y las estadísticas de producción que se han recopilada de varias fuentes sobre el cultivo de la yuca, sea una importante base de conocimientos que puedan servir a toda aquella persona interesada en el manejo agronómico de este cultivo.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- NOMBRES COMUNES DE LA YUCA

La yuca o mandioca (*Manihot esculenta*) es conocida con varios nombres dependiendo de la región o país donde se produzca este cultivo.

2.1.1.- Nombres americanos

Montaldo A., 1985 Menciona que el cultivo de la *Manihot esculenta* Crantz es conocida por varios nombres dependiendo la región de producción: Yuca (en Taíno, la raíz tuberosa); Yucubía (en taíno, la planta). Con el nombre de yuca es conocida en Venezuela, Colombia, Panamá, Ecuador, Perú, Bolivia, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo, C. Rica, Salvador, Honduras, Nicaragua.

Como mandioca (en tupí, la raíz tuberosa; Mandíba (en tupí, la planta); Mandió (en guaraní en Estuario del Plata); Mandioc (en guaraní del Brasil).

Mandioca, en Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil; Macaxeira en Brasil; Aipim, Aipi en Brasil (solo para los cultivares de raíces dulces); mañoco en Puerto Rico; caxcamote en Guatemala.

2.1.2 Nombres comunes en cada región de México

Martínez M, 1994 Coshquehui y Ko'chka'hui en la región de El Tajín, Ver.(lengua totonaca); Cuauh – camotli (lengua azteca); Guacamote; Guu – yaga, Gu – yaga en Oaxaca(lengua zapoteca); Huacamote, Huacamotl; Tssim, Ts'im, Ts'iin en Yucatán(lengua maya); Tzin(lengua lacandona, Monte Líbano, Chis.); yuca, yuca amarga, yuca brava; yuca mansa (Yucatán); yuca blanca(región del Tajín, Ver.); Tinché en el SE de San Luis Potosí(lengua huasteca); y Cuacamojtli también en el SE de S. L. P.

2.2.- ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA YUCA EN EL MUNDO

2.2.1.- Centro de origen

La yuca es un cultivo originario de América Latina y el Caribe, donde se viene cultivando desde épocas prehistóricas.

De Candolle, 1883, afirma definitivamente el origen americano de la yuca o mandioca e indica al Brasil como su posible sitio de origen.

Acuña C. 1942(Citado por Montaldo A. 1985), al describir el descubrimiento del río Amazonas, indica a la yuca o mandioca, como planta alimenticia de esas regiones.

Vavilov, N. I. 1949, indica que la yuca (*Manihot esculenta*), junto con el maní(*Arachis hypogaea*), el caucho(*Hevea brasiliensis*) entre otros cultivos, que su centro de origen es el denominado Centro Brasileiro – Paraguay.

Rogers D. J. 1963, (Citado por Montaldo A.) menciona que, para las especies silvestres del género *Manihot*, hubo, dos centro de origen: uno en México y América Central y otro en el Noreste de Brasil.

La yuca o *mandioca*, es un arbusto, que es cultivado extensivamente por su raíz almidonosa. Fue descubierta en lo que actualmente es Brasil, Paraguay y Perú, y en la actualidad está ampliamente difundida en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo.

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/yuca/yuca_mag.pdf

2.2.2.- Distribución mundial del cultivo de yuca

Varios países tropicales y subtropicales cultivan la yuca, calculándose que sus raíces ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas alimentan alrededor de 500 millones de personas. De los 170 millones de toneladas de raíces frescas que se cosechan aproximadamente en el mundo, la quinta parte (34 millones) es producida por América Latina y el Caribe.

http://www.ciat.cgiar.org/es/sala_not/boletin_12.htm

Las especies de *Manihot*, cerca de un centenar, se extienden desde Arizona hasta la cuenca del Río de la Plata. Hay dos áreas de concentración de especies: una en México y otra en el noreste de Brasil; las especies taxonómicamente más afines a *Manihot esculenta* se encuentran en la segunda.

Bethune C., 1847, hace la primera mención de la introducción de la yuca en África desde Brasil, al redactar las observaciones del viaje del pirata Hawkins, al Mar del Sur en 1593, quien al mencionar la captura de un barco portugués en el Atlántico, y describir la carga dice que se encontraba: “harina de yuca”, que los portugueses llaman “farinha de paw”. Se llevaba como mercancía para Angola, para la alimentación de la tripulación y para la alimentación de la gente de color en el viaje de retorno.

Piso G. 1948, 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 mandioca, reducida a harina, hace las veces de trigo.

Oviedo y Valdés 1950(citado por Montaldo A. 1985), en su “Sumario de la Natural Historia de las Indias”, dicen, que la yuca brava o amarga abundaba en las Antillas y la yuca dulce en tierra firme.

En América del sur se separa tradicionalmente los cultivares de *M. esculenta* en “amargas” y “dulces” basándose en caracteres organolépticos, que tienen poca relación con el contenido de ácido cianhídrico (HCN). Esta clasificación, sin embargo, tiene cierto significado geográfico. Las variedades “amargas” o “bravas” en general con mayor contenido de HCN, se encuentran principalmente en la cuenca del Amazonas – Orinoco; las “dulces” desde el Noreste de Argentina por la vertiente pacífica de América del Sur hasta México.

Aunque los cultivares “dulces” son generalmente más bajos en HCN (a. cianhídrico) y por lo tanto de utilización más fácil, los “amargos” son comúnmente de mayor rendimiento y el almidón es de calidad superior, de modo que la diferencia entre “amargas” y “dulces” tampoco aporta datos concluyentes sobre la domesticación. Los cultivares de yuca encontrados por los españoles en el siglo XVI en México y América Central eran dulces, *M. esculenta* no era un alimento de importancia básica en esa área.

De su posible área de domesticación en el norte de América del Sur el cultivo de yuca se extendió por Las Antillas y América Central hasta México.

Jones W. O., 1959, hace una extensa revisión sobre este aspecto y muestra como la yuca llegó al congo y como siguió su dispersión hasta llegar a Madagascar, La Reunión y Mauricio.

De las costas de África Occidental este cultivo se expande rápidamente al interior del continente. Hacia fines del siglo XVI, los portugueses la llevan a la India.(Acosta E. J., 1978).

A la yuca se la encuentra en las regiones tropicales del Continente Americano, desde México hasta Brasil (INIA – SARH, 1982).

Actualmente los cultivares de *Manihot esculenta*, se encuentran distribuidos en las tierras bajas de los trópicos de todo el mundo (Fig. #1).

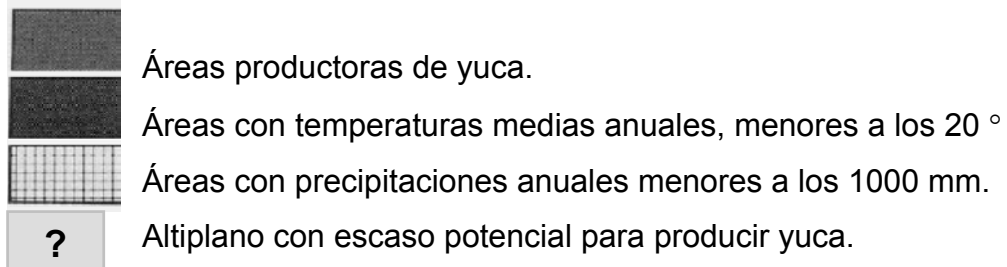
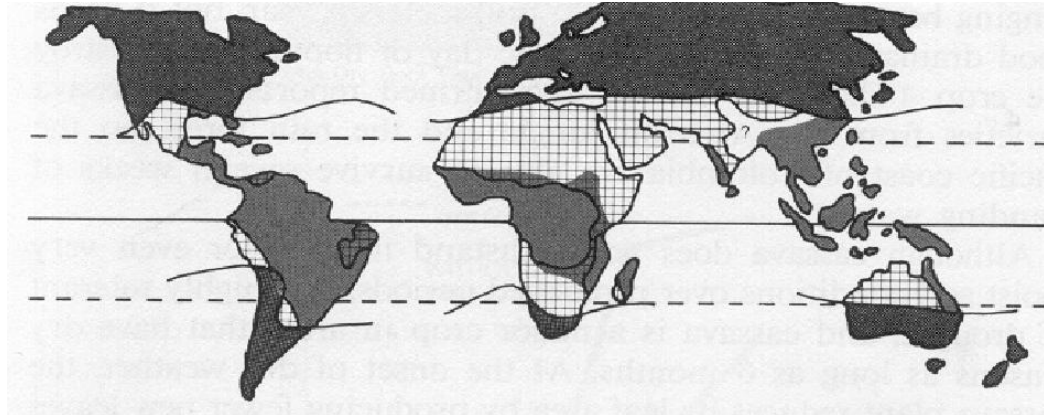


Fig. # 1.- Mapa que muestra las regiones donde se produce yuca (limitadas grandemente por las precipitaciones y las temperaturas).

Fuente: CASSAVA, New Potential for a Neglected Crop (Libro), James H. Cock.



Fig. # 2.- *Distribución geográfica del género Manihot en América (Rogers y Appan, 1973).*

2.3.- ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN, CONSUMO, COMERCIO (EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN) DE LA YUCA EN EL MUNDO

2.3.1 Estadísticas de producción mundial

De acuerdo con el último informe de la FAO, la producción mundial de yuca en 2002 se estima en 184 millones de toneladas en equivalente de raíces frescas, alrededor de un 2 por ciento más que el nivel récord alcanzado el año anterior, debido a un aumento de su cultivo en África y en América Latina y el Caribe, que ha compensado con creces la contracción registrada en Asia.

Una gran parte del crecimiento de la producción mundial en 2002 tuvo lugar en África, donde se obtuvieron aproximadamente 99 millones de toneladas de yuca, un 3 por ciento más que en 2001. La yuca continúa siendo un cultivo esencial para la seguridad alimentaria en algunos países de la región, debido principalmente a su resistencia a la sequía. Por ejemplo, las escasas precipitaciones recibidas en 2002 en Mozambique, Madagascar, Malawi y Rwanda, favorecieron la expansión de su producción de yuca.

Las cosechas récord de yuca obtenidas en Nigeria (principal productor mundial), Ghana, Guinea y Uganda se debieron ciertamente a las condiciones atmosféricas favorables pero en parte también a las políticas que propiciaban el mejoramiento de la seguridad alimentaria. Estas cosechas excelentes se debieron también a la difusión de material vegetativo de alto rendimiento y resistente a las enfermedades, a una gradual sustitución de las variedades actuales con variedades nuevas y a la promoción de nuevas aplicaciones agrícolas.

En Tanzania la producción de 2002 se recuperó con respecto al año anterior. Un mejoramiento de la situación de seguridad estimuló la producción de yuca también en Angola y Sierra Leona, donde aumentó en un 7 y 30 %

respectivamente. En Burundi, Camerún, el Congo, Malí y Uganda se registró un crecimiento entre pequeño y moderado. En cambio, la producción de yuca en la República Democrática del Congo continuó viéndose perturbada por el desplazamiento de la población y los disturbios civiles. Influencias negativas que se vieron agravadas por un brote de la enfermedad del mosaico de la yuca en los distritos meridionales, que redujo la producción de 2002 al nivel mínimo registrado en el país en 20 años.

En América Latina y el Caribe la producción aumentó casi un 5 %, a 33.2 millones de toneladas, debido en parte a que la yuca reemplazó a algunos cultivos comerciales. Se señala, por ejemplo, que la baja repentina de los precios internacionales del café ha inducido a los productores ya sea a sembrar yuca entre los cafetos o a reemplazarlos con plantaciones de yuca, especialmente en Colombia, Ecuador y Perú, donde la producción alcanzó niveles máximos.

<http://www.agroandino.com/PAGINAS/NOTICIAS/2003/Agosto/Premerca/PM0308020.htm>

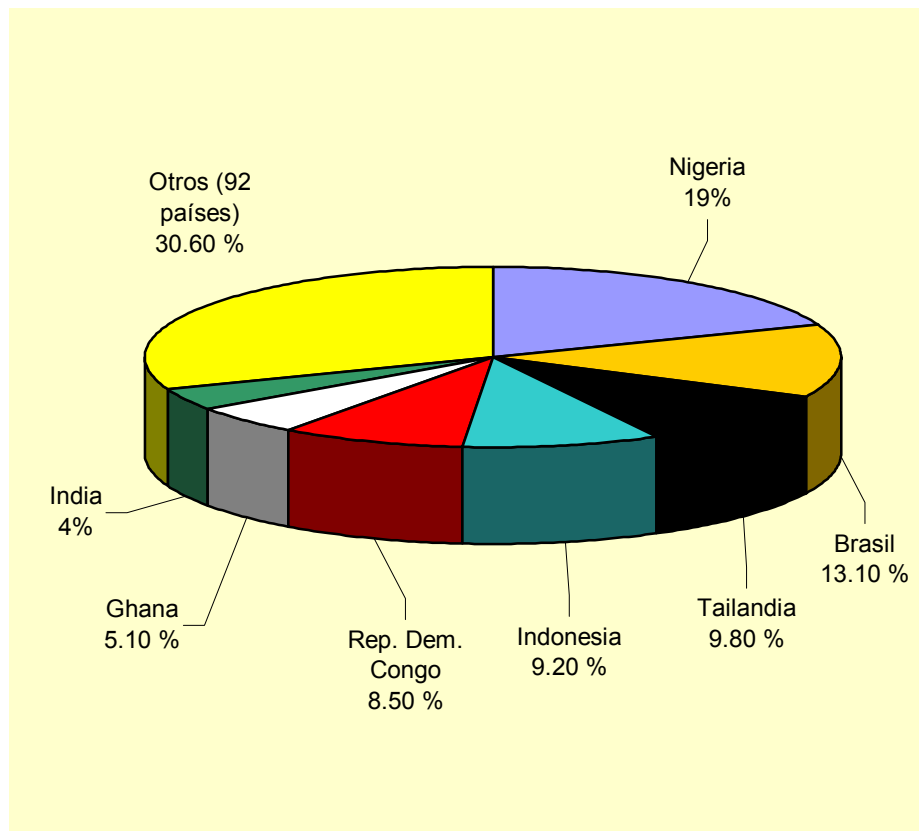
En los mercados externos, la yuca se comercializa seca para la industria productora de alimentos balanceados y procesada como harina, almidón y tapioca. Para el presente estudio, dada la metodología de recolección de información de la FAO, se toma el registro concerniente a *Yuca Seca*, considerando que esta cifra incluye el comercio de yuca fresca.

La producción mundial en el año del 2001 se hallaba en 181 millones de toneladas. El principal productor del mundo es Nigeria con 32.6 millones de toneladas, seguido por Brasil con 22.5 millones de toneladas.

Por continentes África, Asia y América representan casi la totalidad de la producción mundial de yuca, con participaciones del 54, 28 y 18%

respectivamente, destaca en este análisis la producción inexistente en Europa. La dinámica de la producción mundial de yuca para el período 1990 – 2002 señala un bajo crecimiento e incluso descenso para algunas regiones: En efecto, la producción mundial creció un 1.16%, valor frente al cual, África registra una tasa de crecimiento de 2.3%, seguida por América con 0.18%, Asia y Oceanía por su parte se comportaron con tasas de crecimiento negativas.

En la grafica no. 1 se muestra como se encontraba distribuida la producción de yuca a nivel Mundial, en el año 2002, con datos proporcionados por la FAO.



Gráfica # 1. Distribución de la producción de yuca en el mundo en el año 2002.

Fuente: FAO

CÁLCULOS: Observatorio Agrocadenas Colombia

El mayor productor, Nigeria, siguió la tendencia de crecimiento bajo, reflejado en un incremento de 0.5% durante los últimos cinco años, Ghana, por su parte, registra el mayor crecimiento del periodo: 5.6%.

2.3.2.- Consumo mundial

Consumo per cápita mundial 2001: 29 Kgrs.

Tasa de crecimiento consumo per – cápita en el mundo 1997-2001: 1.7 %

2.3.3.- Comercio internacional

Volumen de exportaciones 2001: 5.36 millones de toneladas

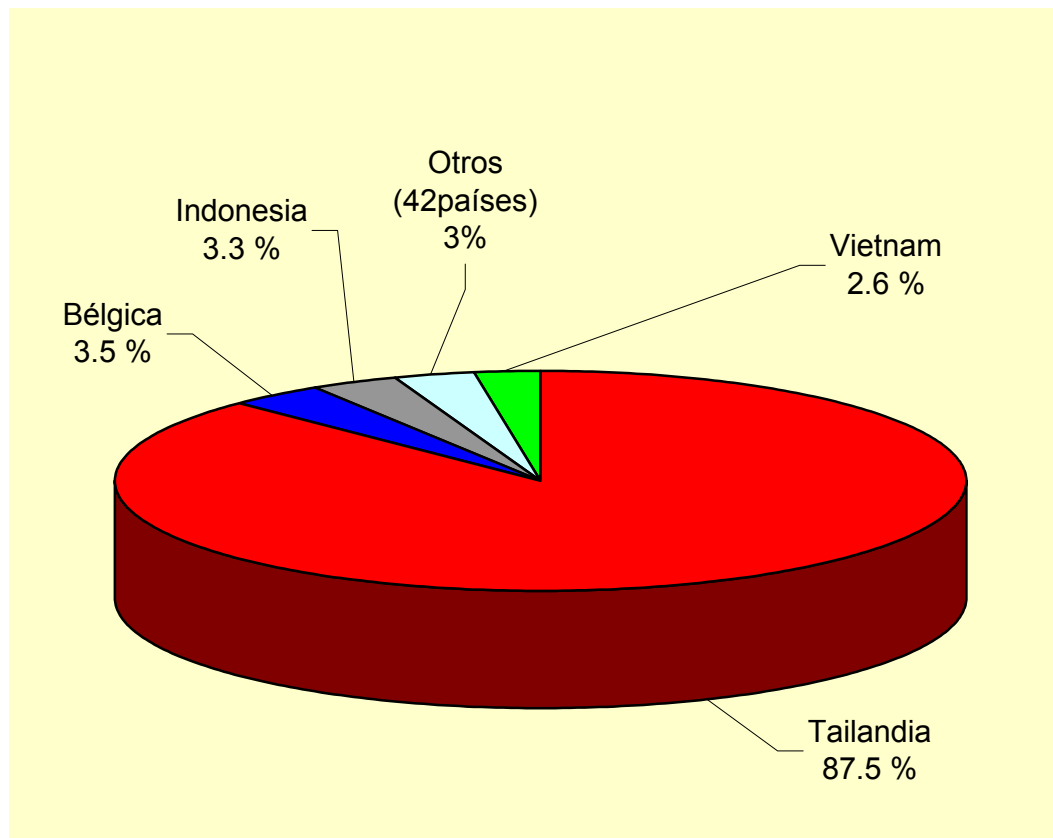
Mayor exportador del mundo: Tailandia con 4.68 millones de toneladas

Segundo exportador del mundo: Bélgica con 0.2 millones de toneladas

2.3.3.1.- Países exportadores de yuca

El continente asiático, absorbe casi en su totalidad las exportaciones de yuca seca con un porcentaje del 94% del total mundial, seguida por Europa y América con una mínima proporción. Con excepción de Asia, que tuvo un comportamiento negativo, todos los continentes han logrado un comportamiento positivo pero con una tasa de crecimiento para el período 1990 – 2001 mínima, no sobrepasa el 1% para ninguno. Tailandia, en particular, como principal exportador, creció durante los últimos cinco años a una tasa del 1.5%.

En la grafica #2 podemos observar como se encuentra distribuida la exportación de yuca en el Mundo, distinguiéndose el porcentaje de participación de cada país.



Grafica # 2. Principales países exportadores de yuca en el mundo.

Fuente: FAO

CÁLCULOS: Observatorio Agrocadenas Colombia

2.3.3.2 Países importadores de yuca

Volumen de las importaciones Mundiales (2001): 5.66 millones de toneladas.

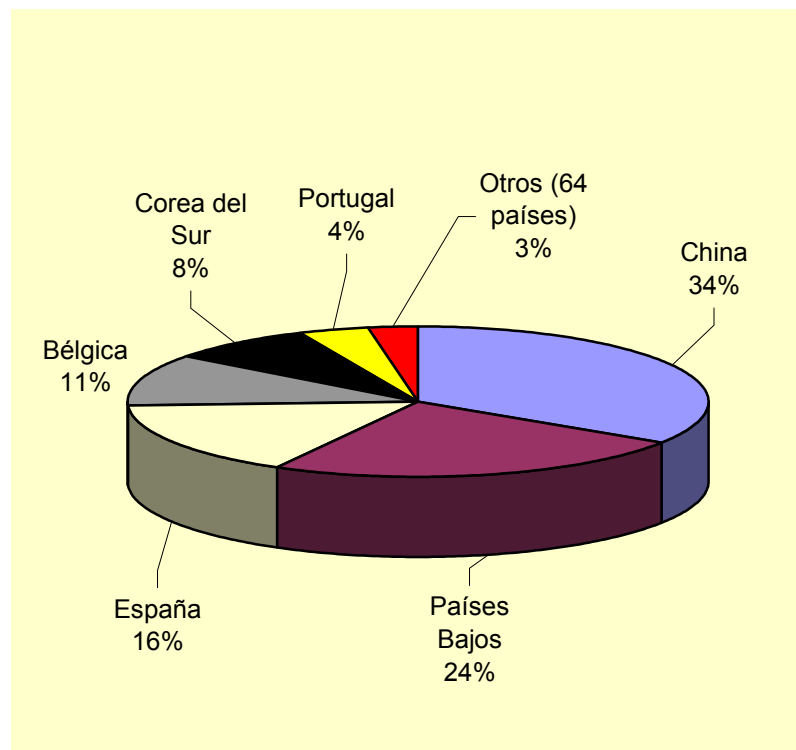
Mayor importador del mundo 2001: China con 2 millones de toneladas.

Segundo importador del mundo: Países Bajos con 1.33 millones de toneladas

Europa es el principal importador de yuca seca mundialmente, seguido muy de cerca por Asia, con participaciones del 55 y el 43% respectivamente. Cabe señalar, que ningún continente registró valores positivos en la dinámica de sus importaciones en los últimos diez años, lo cual contrasta con el

comportamiento positivo de los principales países importadores, que exceptuando a Corea del Sur, han presentado valores positivos para el último quinquenio, China creció al 36%, Los Países bajos registraron 7% y España, 6%.

En la grafica #3 se observa a los países que son principales importadores de yuca en el Mundo, esto en porcentajes de participación, para el año 2001.



Grafica # 3. Principales países importadores de yuca en el año 2001.

Fuente: FAO

CALCULOS: Observatorio Agrocadenas Colombia

http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int_yuca.htm#m1

2.4.- PRODUCCIÓN DE YUCA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

2.4.1.- Distribución de la yuca en América Latina y El Caribe

Brasil encabeza a los principales productores de yuca en América Latina y el Caribe, con una producción de 24, 087, 730 toneladas y una producción promedio por hectárea de 13.836 toneladas. En promedio en A. Latina y el Caribe se obtienen 12.7 toneladas / ha. como rendimiento, datos del año 2001.

Tabla # 1.- Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en América Latina y El Caribe. Haciendo una comparación con la situación mundial.

Región yuquera	Área cosechada (ha)	Producción	Rendimiento (ton / ha)
Mundial	17, 027, 327	176, 506, 189	10.366
América Latina y El Caribe	2, 623, 222	33, 565, 160	12.795

Tabla # 2.- Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en América Central

Región yuquera	Área cosechada (ha)	Producción	Rendimiento (ton / ha)
América Central			
Costa Rica	10,000	160,000	16.000
Guatemala	9,000	21,000	2.333
Nicaragua	4,800	51,000	10.625
Honduras	2,500	9,929	3.971
México	1,700	19,500	11.470
El Salvador	1,600	20,000	12.500
Panamá	1,549	17,122	11.053
Total	31,149	298,551	

Tabla # 3.- Cosecha, producción y rendimiento / ha de yuca en la Región Andina.

Región yuquera	Área cosechada (ha)	Producción	Rendimiento (ton / ha)
Zona Andina			
Colombia	198,928	1,982,351	9.965
Ecuador	47,376	360,768	7.615
Venezuela	45,411	570,564	12.564
Guyana	2,300	28,000	12.173
Guayana Francesa	1,690	10,375	6.139
Suriname	200	3,200	16.000
Total	295,905	2,955,258	

Tabla #4.- Área cosechada, producción y rendimiento / ha en el Cono Sur.

Región yuquera	Área cosechada (ha)	Producción	Rendimiento (ton / ha)
Cono Sur			
Brasil	1,740,000	24,087,730	13.836
Paraguay	257,000	3,853,720	14.995
Perú	80,000	885,600	11.070
Bolivia	41,907	516,730	12.330
Argentina	17,000	170,000	10.000
Total	2,135,907	29,513,780	

La producción de yuca en El Caribe es muy baja en comparación con las demás zonas productoras, que se describieron en las tablas anteriores. En la tabla # 5 solo mencionaremos los países con más producción en esta área, cabe señalar que el rendimiento / ha, en esta región anda muy bajo, a excepción del país de Jamaica que tiene un rendimiento aproximado de 18 ton /ha, solo que el área de producción es muy poca. El total de producción en esta zona anda en 797, 571 toneladas, con un área cosechada total de 159, 396 ha.

Tabla # 5.- Distribución de la producción en algunos países de la región del Caribe.

Región yuquera	Área cosechada (ha)	Producción	Rendimiento (ton / ha)
<i>El Caribe</i>			
Haití	74, 418	332, 000	4.461
Cuba	60, 000	300, 000	5.0
República Dominicana	23, 042	143, 660	6.234
Jamaica	800	15, 000	18.750

http://www.ciat.cgiar.org/yuca/america_latina.htm

2.4.2 Producción de yuca en México

C.P ENA, Chapingo, México (Citado por el CIAT, 1979) El cultivo de la yuca se presenta en una amplia región del trópico mexicano, en tres principales niveles:

- 1) Plantaciones pequeñas.
- 2) Plantaciones comerciales (< 200 ha), localizadas en Morelos, para cubrir el consumo humano de la ciudad de México.
- 3) Plantaciones comerciales (> 1, 000 ha) para procesos industriales, localizadas en el área subtropical de Chiapas.

Los principales factores que limitan la producción para consumo humano son de tipo cultural; para propósito Industrial, se requiere mejoramiento genético y mejores prácticas culturales.

En las tablas 6, 7 y 8 se ve como ha ido cambiando la distribución de la producción de yuca en nuestro país, así como también sus altibajos.

Tabla # 6.- Estadísticas de producción de yuca año agrícola 1990 – 1991.

	PRIMAVERA – VERANO			OTOÑO – INVIERNO		
ESTADOS MAS PROD.	Área sembr. Ha.	Área cosech. Ha.	Produc. Obtenida Ton.	Área sembr. Ha.	Área Cosech. Ha.	Produc. Obtenida Ton.
Tabasco	1666.6	1311.9	4637.5	706.0	579.5	1193.7
Chiapas	673.3	447.5	831.8	298.0	192.3	355.9
Veracruz	602.0	413.7	1426.4	243.2	179.0	559.8
Yucatán	201.1	127.8	255.6	23.1	18.6	6.9
Oaxaca	199.9	75.6	494.1	19.6	6.8	17.8
Q. Roo	182.6	128.2	267.2	19.3	7.9	33.2
Campeche	141.7	89.8	184.4	42.0	34.7	71.9
Morelos	71.5	64.5	280.5	19.9	16.8	59.0

Fuente: INEGI, VII Censo Agrícola – ganadero, 1991

Tabla # 7.- Estados de la República Mexicana productores de yuca (Manihot esculenta), año 1995.

Estado	S. sembrada (ha)	cosechada (ha)	producción (ton)	rendimiento (ton/ha)
Guerrero	1	1	8	8.0
México	1	1	4	4.0
Michoacán	28	28	700	25.0
Morelos	115	115	922	8.01
Yucatán	10	9	54	6.0

Fuente: <http://www.sagarpa.gob.mx/Uipm/tuber.htm>

Tabla # 8.- Estadística de producción de yuca en México (año 2001).

Producción nacional de yuca	Área cosechada	Producción toneladas	Rendimiento Ton / ha
	1, 700	19, 500	11.470

Fuente: http://www.ciat.cgiar.org/yuca/america_latina.htm

2.5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA YUCA

En las zonas tropicales, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) está calificada como la cuarta fuente de calorías después del arroz, azúcar, y maíz, por contener hasta el 35% de su volumen de carbohidratos y hasta el 1.5% en proteínas. Es por eso que se considera a la raíz de yuca como un producto prioritario en la seguridad alimentaría mundial. Esta raíz es además una buena fuente de hierro, niacina y calcio.

La yuca es importante por ser producto de consumo popular y fuente barata de energía básica, aporta 124 kilocalorías en 100 g consumidos, su raíz es rica en potasio, calcio y vitamina C posee niveles aceptables de otros minerales y de vitamina del complejo B su contenido proteico es bajo; sin embargo, sus hojas en estado fresco contienen de 8 – 10%. Es básica en la alimentación humana, animal y usos Industriales. Se produce por lo general en suelos agrícolas marginales, siendo una planta perenne y leñosa, alta productora de carbohidratos, tolerante a plagas, enfermedades y sequía.

En la tabla #9 se menciona el contenido nutricional que aporta la yuca a la alimentación humana.

Tabla #9.- Composición nutricional de la raíz de yuca.

Componentes	Contenido en 100 g de parte comestible	Valores diarios recomendados (basado en una dieta de 2000 calorías)
Fibra	1 g	25 g
Grasa total	0.40 g	66 g
Proteínas	1 g	
Calcio	40 mg	162 mg
Fósforo	34 mg	125 mg
Hierro	1.40 mg	18 mg
Niacina	0.06 mg	20 mg
Riboflavina	0.04 mg	1.7 mg
Vitamina C	19 mg	60 mg

Fuente: *Horticultural Purdue*

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/yuca/yuca_mag.pdf

Es importante difundir la importancia de la yuca para millones y millones de familias de África, Asia, América Latina y el Caribe, y la contribución que puede hacer este cultivo al bienestar de millones de productores de yuca y sus derivados.

En la tabla #10 se hace una comparación de los principales aportes que proporciona la yuca, en relación a otros productos alimenticios.

Tabla # 10.- Elementos nutritivos de la raíz de yuca, en comparación con otros productos alimenticios

Productos alimenticios	Calorías en 100 gr	Proteínas	Grasa	Carbohidratos	Cenizas	Humedad	Fibra
Tubérculos de yuca pelados	127	0.8-1.0	0.2-0.5	32	0.3-0.5	65	0.8
Harina de tapioca	307	0.5-0.7	0.2	85	0.3	15	0.5
Patatas	89	2.1	0.1	20	1.0	77	0.7
Harina de patata	331	-	0.3	82	0.3	15	0.4
Arroz sin cáscara	347	8.0	2.5	73	1.5	15	0.7- 1.0

Fuente: FAO, en cooperación con el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA)

<http://www.fao.org/Noticias/2000/000405-s.htm>

2.6.- DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA MANDIOCA

2.6.1.- Taxonomía de la planta de yuca

La yuca (*Manihot esculenta*) pertenece a la familia de las Euforbiáceas. Familia que incluye plantas de porte muy diferente: árboles, lianas, arbustos, hierbas, en que la presencia de canales laticíferos es característica. Las flores son por lo común unisexuales, las pistiladas con ovario de tres lóbulos. En la semilla es notable la presencia de una carúncula; los cotiledones, que ocupan la mayor parte de ella, son ricos en aceites. Todas estas plantas tienen gran importancia económica, en el caso de la *M. esculenta* (yuca o mandioca) es de raíces comestibles (León J., 1987).

Clasificación taxonómica:

División: Phanerogamas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Choripetales

Orden: Geraniales

Suborden: Tricoccae

Familia: Euphorbiaceae

Subfamilia: Crotonidae

Tribu: Manihoteae

Género: *Manihot*

Especie: *esculenta*

Nombre científico: *Manihot esculenta* Crantz

Nombre común: Yuca o Mandioca

El género *Manihot*, tiene alrededor de 180 especies. En el género hay árboles de más de 15 m de altura. Este género se compone principalmente de arbustos y está confinado al Nuevo Mundo desde Arizona, en EUA, hasta Argentina.

Rogers D. J. y Appan S. G., 1970 (Citados por Montaldo A., 1985), dice que encontraron tres grupos de especies que tienen gran afinidad morfológica a la especie cultivada. Estos se encuentran en México, 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 esta *Manihot tristis* subsp. *saxicola*. Las especies afines de Brasil, Paraguay y Argentina son: *Manihot pilosa*, *M. leptopoda*, *M. caerulescens* subsp. *caerulescens*, *M. zehntneri* y *M. grahami*.

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

2.6.1.1.- Especie cultivada

Manihot esculenta

Rogers D. J., 1963 (Citado por Montaldo A., 1985), de acuerdo a estudios taxonómicos efectuados, encuentra que varias especies son sinónimos de *Manihot esculenta*. Entre estas se incluyen: *M. utilissima*, *M. aipi*, *M. dulcis*, *M. flexuosa*, *M. flabellifolia*, *M. diffusa*, *M. melanobasis*, *M. digitiformis* y *M. sprucei*.

2.6.2 Descripción morfológica

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 1.5 m); 2) intermedios (1.5 – 2.5 m); y 3) altos (más de 2.5 m) – Montaldo A. 1985. - Se trata de una planta monoica que presenta dicogamia.

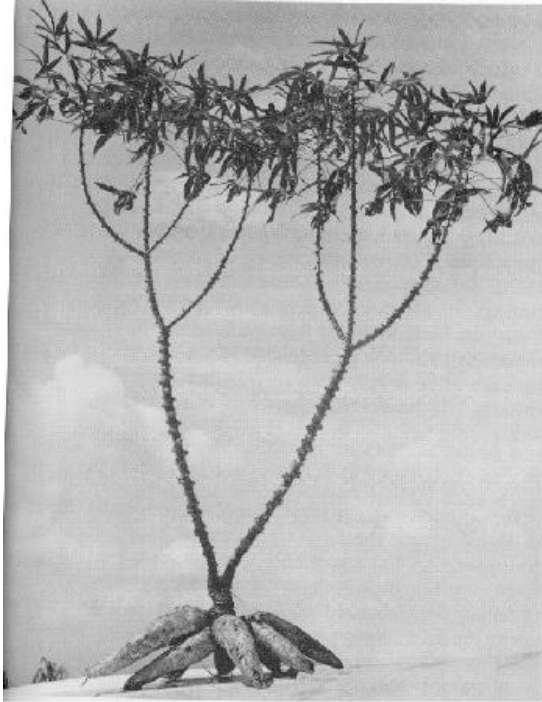


Fig. # 3. *La planta de yuca.*

2.6.2.1.- Tallos y ramas

Los tallos y ramas se componen de una corteza constituida por una parte externa de súber (corcho) y felógeno y una interna de felodermis y liber y; de un cilindro central que está formado por parte leñosa externa y médula interna.

Los tallos con madurez apropiada son cilíndricos comúnmente, de colores variables: verde, café claro u oscuro, amarillo, verde plateado y rojizo, con hábito de crecimiento erecto o en zig zag, de un diámetro que varia de dos a seis cm, con niveles de ramificación hasta 6, esto último en variedades de la Sierra y Amazonía ecuatoriano, con altura de primera ramificación de 0.2 hasta 2 m.

http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm

El porte de *M. esculenta* es extremadamente variable y depende del tipo de ramificación. Plantas crecidas de semilla tienen por lo común un solo tallo, largo y simple, con escasa ramificación en ápice. En la mayoría de las plantas propagadas vegetativamente el tronco se divide, a cierta altura, en dos o tres ramas, las que se subdividen en dos o más ramas, dando a la planta la forma de parasol. El ángulo en que las ramas brotan del tronco y su crecimiento recto o curvo son características de cada cultivar. Hay clones en que los tallos se ramifican en dos o tres ramas cada vez pero no llegan a formar una planta simétrica.

En la figura #4 podemos ver, los tipos de ramificaciones primarias que se pueden dar en el cultivo de yuca.

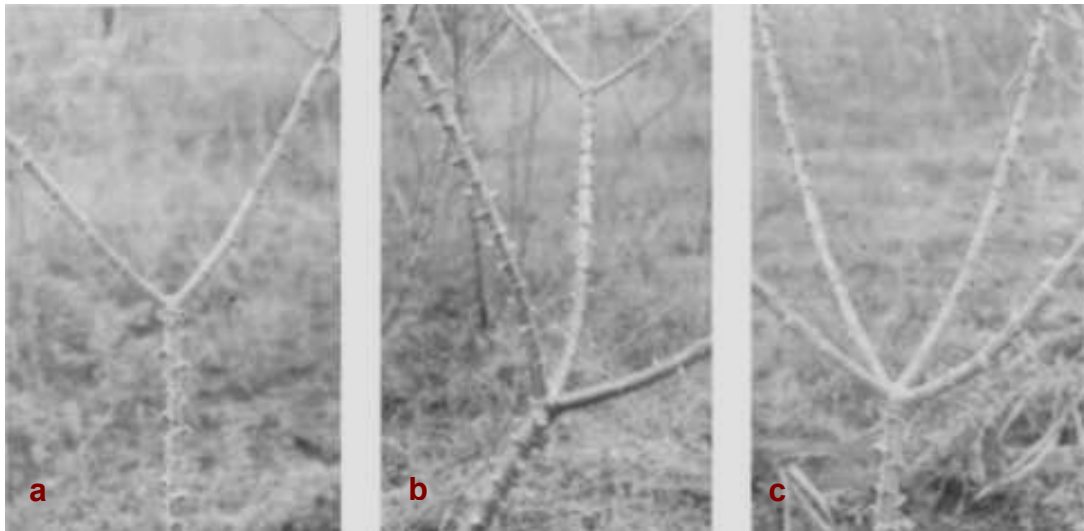


Figura 4. Arreglo de ramificaciones en la planta de yuca: a) dicotomía; b) tricotomía; c) tetracotomía.

El tronco y las ramas tienen nudos formados por las bases de las hojas, que son caedizas. El nudo es una estructura prominente, cuya forma y tamaño son característicos de cada cultivar; se compone de la base de la hoja, con una

yema axilar en el lado superior que casi nunca se desarrolla, y dos estipulas laterales, grandes o cortas, lisas o dentadas, según el cultivar. La distancia que separa los nudos es otra característica varietal, la cual sin embargo, es afectada por las condiciones ambientales. Por lo general la distancia entre nudos en el tronco disminuye de abajo hacia arriba; en las ramas es mayor en la parte inferior, menor en el centro y de nuevo se incrementa en la porción terminal.

Los tallos son cilíndricos en su parte inferior, en la parte superior tienden a ser prismáticos (Fig. 5).



Figura #5.- *Fotografía e imagen en las que se observan los nudos y como va cambiando la forma del tallo de abajo hacia arriba.*

2.6.2.2.- Hojas

Las hojas de la yuca son alternas, simples y tienen vida corta, son caedizas y duran de uno a dos meses. Los pecíolos largos y finos, de 20 a 40 cm de largo, son rectos o curvos según el cultivar. El color del pecíolo es otra característica varietal; puede ser púrpura, rojo o verde, uniforme o manchado.

La parte área está formada por las hojas que son simples y están compuestas por la lámina foliar que es palmeada y lobulada, los lóbulos pueden

tener forma ovalada o linear, teniendo de 5 a 7 lóbulos. Normalmente los colores son verde, verde oscuro, verde claro (Fig. 3). El tamaño de la hoja se mide por el largo del lóbulo medio, y por lo general es de 14 – 17 cm, teniendo un ancho de 2.5 a 7 cm, de formas lanceoladas, elípticas, lineal y oblonga lanceolada. El color de la nervadura del haz puede ser verde claro, verde oscuro, rojizo y morado; con sinuosidad del lóbulo o lisos, las hojas apicales pueden ser: glabras y pubescentes, las adultas carecen de pubescencia, de color verde hasta el morado.

Las hojas de la yuca son bifaciales (presenta parénquima en empalizada en el haz o dorso y lagunar por el envés) y poseen una epidermis superior brillante con una cutícula bien marcada.



Figuras # 6.- *Fotografías en las que se observa la forma de las hojas (los lóbulos) en una planta de yuca: a) ovalada; b) linear.*

2.6.2.3.- Inflorescencias

No todas las variedades de yuca florecen, y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración.

La yuca como todas las plantas del género *Manihot* es monoica, ya que tienen las flores masculinas y femeninas en una misma planta.

La polinización en estas plantas es cruzada; planta heterocigota. Esta polinización básicamente, se realiza por la acción de los insectos.

En las flores de yuca se da la dicogamia, que es la maduración de los estigmas y de los estambres de la misma flor en épocas diferentes (protoginia y protandria, respectivamente)

En una misma inflorescencia, las flores femeninas abren primero que las masculinas, una o dos semanas antes (protoginia). También sucede que las flores masculinas y femeninas de la misma planta pero de distinta ramificación abren al mismo tiempo.

Se encuentra una variación de arreglos estructurales de la inflorescencia que tiene como unidades básicas el racimo y la panícula, estructuras que cambian originando diversas formas.

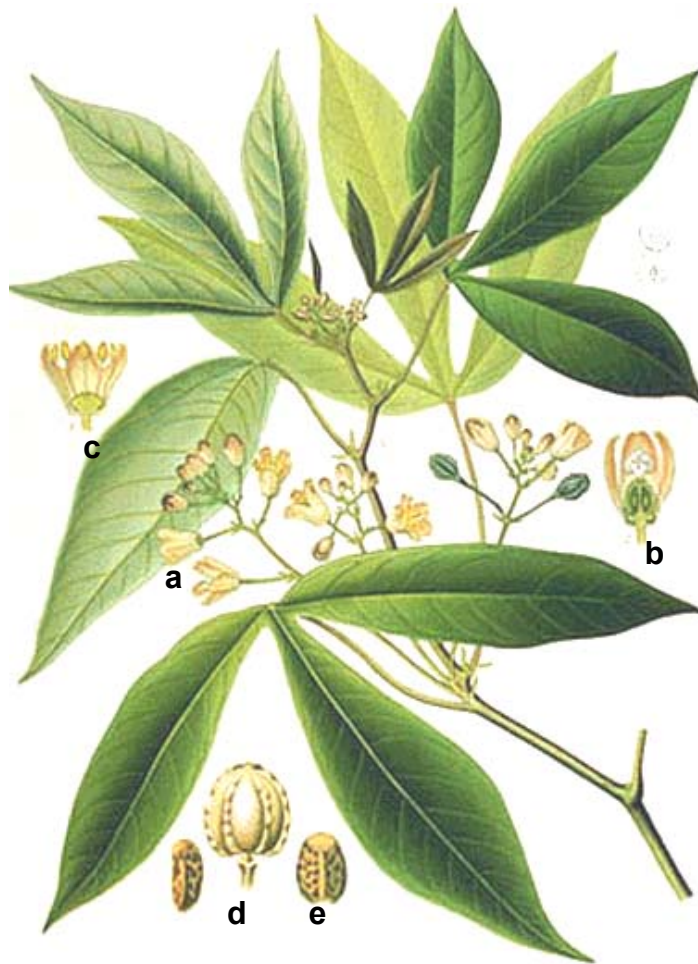


Figura # 7.- Partes sexuales de la planta a) Estructura de inflorescencias de yuca; b) flor femenina; c) flor masculina; d) fruto; e) semilla de yuca.

2.6.2.4.- Flores femeninas y masculinas

Las flores son unisexuales y localizadas en inflorescencias racimosas. Cada inflorescencia posee 50 – 60 flores monoperiantadas. No tienen cáliz ni corola, sino una estructura indefinida denominada perianto, compuesta de cinco tejidos de color amarillo, rojizo o morado, los cuales en la flor femenina se encuentran separados hasta la base, lo que no sucede en la masculina. 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. La flor masculina es de aproximadamente la mitad del tamaño de la flor femenina, tiene el pedicelo recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es más fino y largo. La flor masculina presenta 10 estambres dispuestos en dos verticilios y pueden ser androésteriles (anteras blancas) o androfértiles (estambres de color amarillo naranja). La flor femenina tiene un ovario súpero, sobre el cual se encuentra un estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de tres lóbulos ondulados y carnosos; color blanco, rosado o naranja; constituye un carácter varietal importante . Las flores masculinas una vez que producen el polen por lo general se desprenden del racimo floral, mientras que las femeninas que han sido fecundadas permanecen en la planta para convertirse en frutos.

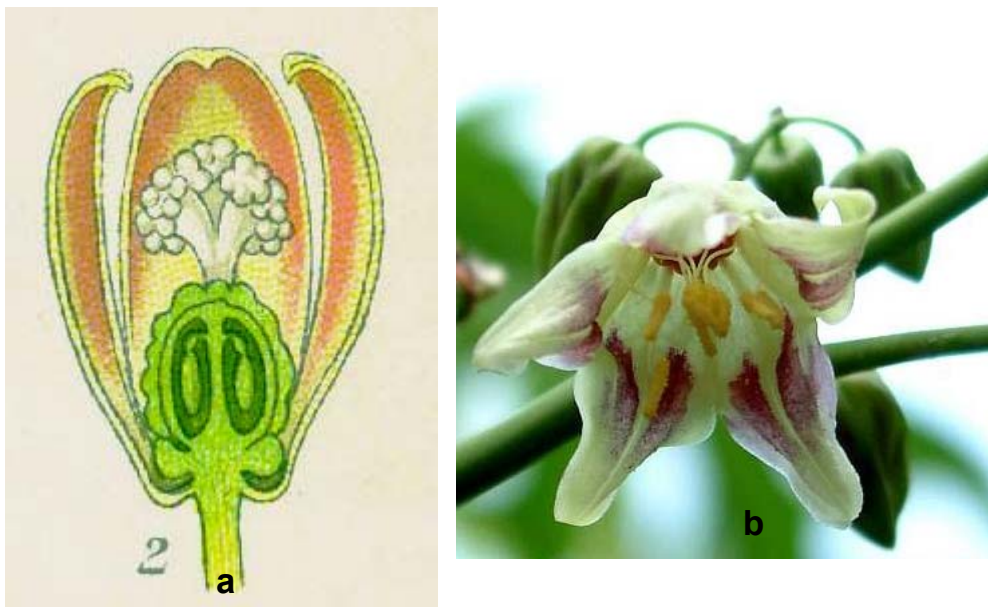


Fig. # 8.- Flores de yuca: a) flor femenina y b) masculina

2.6.2.5.- Frutos

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

El fruto es una cápsula deshiscente y trilocular de forma ovoide o globular, de 1 a 1.5 cm de diámetro con seis aristas, se compone de una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpio, mesocarpio y endocarpio.



Fig. # 9.- Frutos de la planta de yuca

2.6.2.6.- Semilla

La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y de gran valor en el mejoramiento genético del cultivo. Es de forma ovoide – elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. Es lisa, de color café con moteado gris.

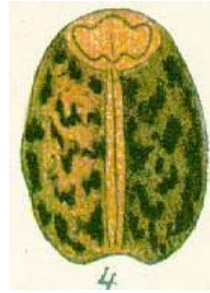


Fig. # 10.- Semilla sexual de yuca.

2.6.2.7.- Raíz

La parte subterránea está compuesta por el sistema radicular, siendo más importantes las tuberosas que provienen del engrosamiento secundario de las raíces fibrosas, pudiendo encontrarse también raíces adventicias (Fig. 11). Las raíces se unen al tallo por medio del pedúnculo que puede estar ausente o alcanzar un tamaño de hasta más de 6 cm de largo.

La raíz tuberosa (o de acumulación de reserva) está formada de cáscara, pulpa y fibras centrales, la cáscara está constituida por una cascarilla (peridermis) y por la corteza que consta de esclerenquima, parénquima cortical y floema. La cascarilla puede tener colores crema, café claro u oscuro, blanco rosado, café rosado y representa 2.1 a 2.7% del peso de la raíz; la corteza puede ser rosado bajo o intenso, crema y blanco hueso, y, representa del 12.4 a 13.1% de la misma. La pulpa es la parte más importante y su color va de blanco a crema amarillo.

Su forma y tamaño es variada, en cuanto a la forma se han considerado la cónica, cónica cilíndrica, cilíndrica e irregulares, con tamaños variables tanto longitudinal como radial, lo que determina la calidad para venta en fresco en los mercados. La posición de las raíces puede ser de tendencia vertical, horizontal e irregular; presentar, o no constricciones.



Fig. #11.- Forma de las raíces que se presentan en una planta de yuca.

http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm

En plantas propagadas por estacas las raíces comienzan a crecer una semana después de la siembra. El primer periodo de crecimiento de la planta, que dura seis a ocho meses según el clon, consiste en la formación de partes aéreas; por peso tiene 50% de follaje, 40% de tronco y ramas y solo 10% de raíces. En el segundo periodo, que dura unos tres meses, las raíces aumentan considerablemente mientras que el follaje se mantiene estable. Al final hay de nuevo formación de hojas y la relación entre partes subterráneas y aéreas se estabiliza antes de la cosecha (León J., 1987).

2.7.- VARIEDADES DE YUCA CULTIVADAS EN EL MUNDO

2.7.1.- Variedades en el mundo

Debido a la gran diversidad de condiciones en las cuales se cultiva la yuca, es común encontrar variedades locales específicas por región. Dependiendo de si la concentración de glucósidos cianogénicos (linamarina, de donde se genera, por degradación enzimática, el ácido cianhídrico), una variedad de yuca puede ser amarga y altamente tóxica o puede ser dulce. Sin embargo, la diferenciación entre variedades amargas y dulces no siempre es exacta, ya que el contenido de glucósidos cianogénicos no es constante y depende no solamente de la variedad sino también de las condiciones ecológicas del cultivo (condiciones del suelo).

Las variedades pueden dividirse en dos grupos:

1. Variedades amargas, con raíces que contienen 0.02 – 0.03% de ácido prúsico. Estas tienen que transformarse antes de utilizarse como pienso.
2. Variedades dulces, con raíces que contienen menos de 0.01% de ácido prúsico. Estas pueden utilizarse en crudo para la alimentación del ganado. La mayoría de las variedades comerciales pertenecen a este grupo.

En general, las variedades amargas tienen raíces más largas y gruesas que las variedades dulces, pero no hay un método sencillo y seguro para estimar el nivel de ácido prúsico que contienen las raíces.

<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/Data/555.H>
TM

En el CIAT existe una colección de más de 5, 000 variedades recolectadas en todo el mundo. Las semillas sólo se utilizan en programas de propagación y mejoramiento genético y la siembra se realiza de manera vegetativa. Vale anotar que muchas de las nuevas variedades generadas en los

procesos de investigación no cuentan con material vegetal suficiente para iniciar hoy plantaciones en gran escala.

El tipo de variedad determina el uso final de la yuca; si es para consumo humano en fresco, siempre usa una variedad dulce con bajo contenido de cianuro, en tanto que si es para uso industrial o para transformación se pueden usar variedades amargas, siempre que se procesen de manera adecuada.

<http://www.cci.org.co/publicaciones/Perfil%20de%20producto/perfilyuca6.htm>

En la tabla # 10 y 11 se mencionan las variedades de yuca que han liberado algunos países.

Tabla #11 Variedades de germoplasma de yuca liberadas en América Latina y El Caribe.

País de liberación	Nombre de la variedad	Código CIAT o nombre local	Pedigrí	Año de liberación	Rasgos importantes
Clones de yuca liberados por países de América (CIAT)					
Cuba	CMC 40	MCol 1468		1981	Maduración temprana, alto rendimiento
Cuba	INIVIT Y-93-4	CM 4574-7	(CM 321-160 x MCol 1684) x SM 301-3	1997	Alto rendimiento; rendimientos estables
México	Costeña	MMex 59		1981	Tolerancia de la sequía; alto rendimiento
México	Sabanera	MPan 51		1982	Resistencia a enfermedades; adaptación a suelos ácidos
Rep. Dominicana	MCol 1468	MCol 1468		1982	Alto rendimiento; resistencia a CBB

Rep. Dominicana	MCol 1684	MCol 1684		1983	Alto rendimiento; resistencia a CBB
Haití	Mdme. Jacque	MCol 1468		1983	Maduración temprana; calidad de cazabe
Haití	MCol 1684	MCol 1684		1984	Calidad de cazabe
Colombia	Manihoica P-11	MCol 1468		1984	Maduración temprana; alto rendimiento
Colombia	Manihoica P-12	MCol 1505		1986	Alto rendimiento; resistencia a Diplodia
Brasil	Mmex 59	MMex 59		1988	Alto rendimiento
Brasil	Tianguá	SM 975	CM 2087-101	1996	Resistencia a superbrotamiento
Brasil	Caiteté		CM 523-7 x CM 825-3	1997	Alto rendimiento; alto contenido de almidón
Ecuador	Portoviejo 650	MCol 2215		1993	Alto contenido de almidón

Tabla # 12.- Variedades de germoplasma de yuca liberadas por el Continente Asiático.

País de liberación	Nombre de la variedad	Código CIAT o nombre local	Pedigrí	Año de liberación	Rasgos importantes
Clones seleccionados de introducciones de semilla del CIAT					
Tailandia	Rayong 3		MMex 55 x MVen 307	1984	Alto contenido de almidón
Malaysia	Perintis		(MCol 22 x MVen 270) x MCol 1684	1988	Alto rendimiento en suelos de turba
Filipinas	VC 3		(MCol 638 x MCol 655A) x MCol 22	1990	De doble propósito
Malaysia	MM-92		(CM 477-3 x MCol 1684) x (MMex 55 x Mpan 114)	1992	Maduración temprana; alto rendimiento
Indonesia	Malang 1		CM 1015-19 x CM 849-1	1992	Tolerancia de la sequía
Indonesia	Malang 2		CM 922-2 x CM 507-37	1992	Alto contenido de almidón
Filipinas	VC 2	Mcol 1468		1989	Uso para consumo doméstico; alto rendimiento
Filipinas	MCol 1684	Mcol 1684		1992	Alto rendimiento
Vietnam	KM 95-3	SM 1157-3	CM 2766-3	1998	Alto rendimiento; alto contenido de almidón

Fuente: CIAT, Programa de Yuca, Secciones de Mejoramiento y Economía; y Proyecto de Mejoramiento de Yuca.

<http://www.ciat.cgiar.org/yuca/variedades.htm>

2.7.2.- Variedades cultivadas en México

En México se han comportado bien las variedades Valencia, Itu y Crema, entre otras que se cultivan regionalmente (Mortensen E., 1986).

2.8.- CICLO VEGETATIVO DE LA PLANTA

Por el período vegetativo los clones de yuca se pueden clasificar en:

- a) Yucas precoces : 7 – 8 meses
- b) Yucas intermedias : 10 – 11 meses
- c) Yucas tardías : 17 – 24 meses

La yuca es una especie perenne, cuando no se cosecha a su debido tiempo, la raíz reservante seguirá creciendo y concentrándose mas fibra.

<http://www.samconet.com/productos/producto52/descripcion52.htm>

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

2.8.1 Primer ciclo vegetativo

2.8.1.1.- 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 o 12 días aparecen las hojas.

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

2.8.1.2.- Formación del sistema radicular.

Es la fase de instalación (2 y ½ meses). Las primeras raíces formadas desaparecen casi enteramente. Las otras llegan hasta 50 cm de profundidad.

2.8.1.3.- 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 numero sobre los tallos y las ramas esto en 3 meses.

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

2.8.1.4.- Engrosamiento de las raíces.

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

2.8.1.5.- 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).

2.8.2.- Segundo ciclo vegetativo.

2.8.2.1.- Formación de nuevos tallos.

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

Después del decimosexto 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).

2.8.2.2.- Acumulación de materias de reserva.

Durante 5 meses se reemprende el engrosamiento de las raíces. En este mismo período las ramas se lignifican.

2.8.2.3.- 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 completamente desnuda (Montaldo A. 1985).

2.9.- REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS Y EDÁFICOS DEL CULTIVO

2.9.1.- Principales ecosistemas en que se produce yuca (regiones productoras en el mundo).

a) Trópico subhúmedo. Tiene una precipitación bimodal de 800 a 1500 mm por año. Ejemplos: Costa Atlántica de Colombia, nordeste de Brasil, nordeste de Tailandia, República Dominicana, norte de Venezuela, Península de Yucatán en México, y la franja subhúmeda de África subsahariana en sus regiones occidental y central.

b) Sabanas de suelos ácidos. Reciben una precipitación de 1500 a 3000 mm por año y tienen un período seco corto. Ejemplos: Llanos de Colombia y Venezuela, Cerrados de Brasil, región de Tabasco en México, Cuba, sabanas occidentales de África, y Filipinas.

c) Tierras bajas del trópico húmedo.

Reciben una precipitación superior a los 3000 mm por año y tienen un período seco no definido. Ejemplos: África occidental ecuatorial, sur de Vietnam, Malaysia, Java Occidental y Sumatra, y la región amazónica de Brasil, Colombia y Perú.

d) Trópico de altitud media.

Tiene una altitud de 800 a 1400 msnm. Ejemplos: zona andina de América del Sur, altiplanos centrales de Brasil, zonas de altitud media de Nigeria, Camerún y África Oriental.

e) Trópico de grandes altitudes.

Sus altitudes van de 1400 a 2000 msnm. Ejemplos: Burundi, Rwanda y la región andina de América del Sur.

f) Subtrópico.

Tiene una latitud mayor que la del trópico. Ejemplos: Argentina, China, norte de Vietnam, Cuba, Paraguay, África del Sur y sudeste del Brasil.

g) Trópico semiárido.

Tiene una precipitación unimodal de menos de 800 mm por año. Ejemplos: nordeste de Brasil, nordeste de Colombia, franja semiárida de Africa occidental, Tanzania, Mozambique y costa de Ecuador.

http://www.ciat.cgiar.org/improved_germplasm/germoplasma/yuca.htm

2.9.2.- Requerimientos agroecológicos

2.9.2.1.- Clima

La yuca es un cultivo de zonas tropicales y subtropicales. La temperatura media ideal para su desarrollo oscila entre los 18 y los 35 °C y la temperatura mínima que puede tolerar es de 10 °C. Pudiendo, bajo esas condiciones, desarrollarse en alturas hasta de 2, 000 metros. Es además, resistente a las sequías. Durante éstas, la planta pierde las hojas para así conservar el agua en las raíces; las hojas rápidamente crecen de nuevo, cuando se reinician las lluvias; por ello, el riego artificial no se emplea casi nunca. Una precipitación mínima de 500 milímetros por año es suficiente para obtener producción. El

engrosamiento de las raíces es mayor en días cortos, menos de 12 horas de luz, y disminuye cuando la exposición a la luz es mayor.

<http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/No%2011.pdf>

2.9.2.2.- Temperaturas

Bolhuis G. G. 1966(Citado por Montaldo A. 1985) la temperatura media llega a 30° C, pero no debe bajar de 16° C por que a esta temperatura, todo crecimiento se detiene. El señala que los rendimientos máximos se obtienen con 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.

Tabla # 13.- Temperaturas para el cultivo de yuca.

Óptimas	26 – 28 °C
Buena	
Regular	17 – 19 °C
Restringida	16 – 17 °C
No apta para el cultivo	< 16 °C

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.

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

periodo con temperaturas bajo 16° C, en que no se observa crecimiento de las plantas.

2.9.2.3.- Horas luz(fotoperíodo)

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

La yuca es una planta típica de fotoperíodo corto: 10 – 12 horas. 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 algunos estudios han demostrado que los diversos cultivares de yuca tienen una capacidad de adaptación a condiciones entre 10 y 14 horas de iluminación.

2.9.2.4.- Humedad

La yuca se adapta a diversas condiciones de humedad. Pero preferentemente se debe cultivar en suelos que tengan un buen drenaje. Y para los mejores rendimientos, el lugar de producción debe tener una estación seca (4 – 6 meses).

La yuca necesita para su brotación y enraizamiento de suelo húmedo, la falta de ésta puede ocasionar pérdidas en la brotación, si ocurre en los primeros 20 días después de plantadas.

El cultivo se adapta a diversas condiciones hídricas que van desde los 750 mm a 2000 mm, dependiendo de la zona geográfica donde se desarrolla.

http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm#tecnologia

2.9.2.5.- Precipitación

La yuca es resistente a las sequías. Durante éstas, la planta pierde las hojas para así conservar el agua en las raíces; las hojas rápidamente crecen de nuevo, cuando se reinician las lluvias; por ello, el riego artificial no se emplea casi nunca. Como consecuencia, el cultivo se adaptaría bastante bien, a una gran cantidad de regiones tropicales y subtropicales.

James H. C., 1985 La mayor producción de mandioca se haya en áreas donde la precipitación media anual es arriba de los 1000 mm. La mandioca se adapta bien a un rango de precipitación que se encuentra entre los 1000 a 3000 milímetros por año, pero necesita de un buen drenaje. En suelos pesados, un día de inundación puede destruir el cultivo.

Aunque la mandioca no tolera las inundaciones o incluso períodos prolongados con suelos muy húmedos, es altamente tolerante a la sequía, y la mayor producción de este cultivo se da en las áreas que tienen estaciones secas largas, de 6 meses. En el inicio de la época seca, la planta reduce su área foliar produciendo pocas hojas nuevas, mientras que continúa tirando las hojas más viejas. Las hojas que quedan cierran parcialmente sus estomas, para disminuir el índice de transpiración de la planta y conserva el agua. Si el período seco continúa, más hojas se caen, disminuyendo el área foliar a niveles mínimos, y el crecimiento de la raíz y parte superior (ramas y hojas) cesa. La

planta llega a ser esencialmente inactiva. Cuando las lluvias se reanudan, la planta aprovecha las reservas de carbohidratos que tiene en los vástagos y raíces para producir hojas nuevas, y la planta llega a ser otra vez productiva.

Una vez que esté establecida, la mandioca, a diferencia de otros cultivos, no tiene ningún período crítico en que la carencia de la lluvia causará falta de producción. Una temporada seca reducirá la producción, pero solamente si esta se extiende demasiado. Por lo tanto, la mandioca está extraordinariamente bien adaptada a las áreas en las cuales la precipitación es incierta. Además, porque no tiene ningún período de vulnerabilidad agudo para el periodo seco, la mandioca tiene un rango de plantación más amplio que la mayoría de los cultivos, dando como resultado una amplia gama de sistemas de plantación.

La mandioca se puede producir en algunas áreas en las cuales la precipitación anual sea menor a 1000 milímetros, tales como partes del noreste de Brasil y del este de África. En estas áreas, la precipitación es también absolutamente variable año con año, por lo tanto es difícil poner un límite más bajo absoluto de precipitación de las áreas donde se puede producir la yuca. Sin embargo, la mandioca es raramente importante donde la precipitación anual es de 750 milímetros, o con menor frecuencia 600 milímetros de lluvia al año.

2.9.2.6.- Vientos

El viento es desfavorable cuando las plantas ya están desarrolladas y muchas veces suele causar la caída 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 CO₂ disponible en la zona de las hojas y el déficit de saturación de aire en la superficie de las mismas.

2.9.3.- Requerimientos edáficos.

2.9.3.1.- Altitud

La yuca se puede producir desde altitudes a nivel del mar hasta los 2000 msnm.

2.3.3.2.- Topografía del suelo (pendiente del terreno)

Este factor tiene especial importancia en la preparación o no preparación de los suelos para la plantación de yuca.

- Buena pendiente. Terreno plano u ondulado suave (0 – 8 % de pendiente).
- Regular. Ondulado suave a ondulado (8 – 20 % de pendiente).
- Restringida. Ondulado a ondulado fuerte (20 – 45% de pendiente).
- No apta. Ondulado fuerte, montañoso, escarpado (45 % pendiente).

2.9.3.3.- Tipo de suelo

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 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 exceso de agua; suelos desérticos; o en cualquier tipo de suelo, donde la lluvia este ausente por largos periodos, 4 – 5 meses, ya que el cultivo se efectúa predominantemente de secano.

El factor suelo esta íntimamente ligado al factor disponibilidad de humedad, para tener éxito económico del 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 sea fácilmente cultivable.

2.9.3.4.- Textura

La yuca produce bien en suelos de textura franca a franca – arenosa, con buen drenaje. Esto para evitar la proliferación de hongos que dañen a las raíces reservantes (que son las que se consumen como alimento)

Los suelos arenosos y arcillosos favorecen el crecimiento de la yuca, pero en realidad ésta se adapta a todos los tipos de ellos, con excepción de los fangosos; por esa razón, se encuentra frecuentemente en ecosistemas muy degradados. Tolera altos niveles de aluminio y manganeso, que son propios de los suelos tropicales y que resultan tóxicos para la mayoría de los vegetales. Aquellos suelos que tengan una capa impenetrable a una profundidad entre los 30 y 40 centímetros son aconsejables, pues, al impedir la profundización de las raíces, facilitan la cosecha.

<http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/No%2011.pdf>

2.9.3.5.- pH del suelo

Normanha, E. S. Y Pereira A. S., 1967 (Citados por Montaldo A. 1985) 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.

2.9.3.6.- Fertilidad

Es difícil conservar la fertilidad de un suelo que se dedique a la producción de yuca sin el empleo de fertilizantes. Cada cosecha extrae diversas cantidades de nutrimentos del suelo; esto depende del crecimiento obtenido en raíces reservantes y en el follaje. El cultivo de yuca extrae grandes cantidades de nitrógeno, el cual se utiliza preferencialmente por las raíces reservantes. La

extracción de fósforo es mínima. La absorción de potasio es alta y esta directamente relacionada con el contenido en almidón y el rendimiento en raíces reservantes, cuando esta disponible, como en el caso de los suelos aluviofluviales.

Cuando se siembra por primera vez en un terreno, no se fertiliza. Cuando se cultiva consecutivamente en un mismo terreno se recomienda hacer una fertilización para reponer los nutrientes extraídos.

Para evitar el exceso de extracción de nutrimentos se debe permitir mediante labores y barbechos, que el suelo restituya sus nutrimentos por disolución de sus reservas y por su traslado, mediante las raíces de las malezas y la vegetación espontánea, a las capas superiores.

2.10.- MÉTODOS DE PROPAGACIÓN

Aunque la planta produce semillas viables, éstas no se usan para la reproducción del cultivo. Se emplea la propagación asexual, mediante la siembra de tallos. Estos, cortados en varas de 15 a 30 centímetros de largo, se entierran a una profundidad de 10 centímetros, con distancias entre plantas de aproximadamente 60 centímetros. Los tallos cortados de plantas maduras dan mejores rendimientos que los de plantas jóvenes.

<http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/No%2011.pdf>

Actualmente, la producción comercial de yuca a través del mundo está casi completamente basada en la propagación vegetativa. Se planta los tallos(estacas) y éstos producen nuevas plantas y raíces reservantes que tienen un genotipo idéntico al de la planta madre.

2.10.1.- Semilla verdadera (sexual)

Al inicio y en algunas ocasiones se usa este tipo de material, especialmente en programas de mejoramiento genético. La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y de gran valor en el mejoramiento genético del cultivo.

2.10.2.- Semilla asexual (o vegetativa)

Propagación por esquejes (varetas o estacas maduras de 8-12 meses), de 15 a 20 cm de largo, vigorosos y sanos.

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/yuca/yuca_mag.pdf

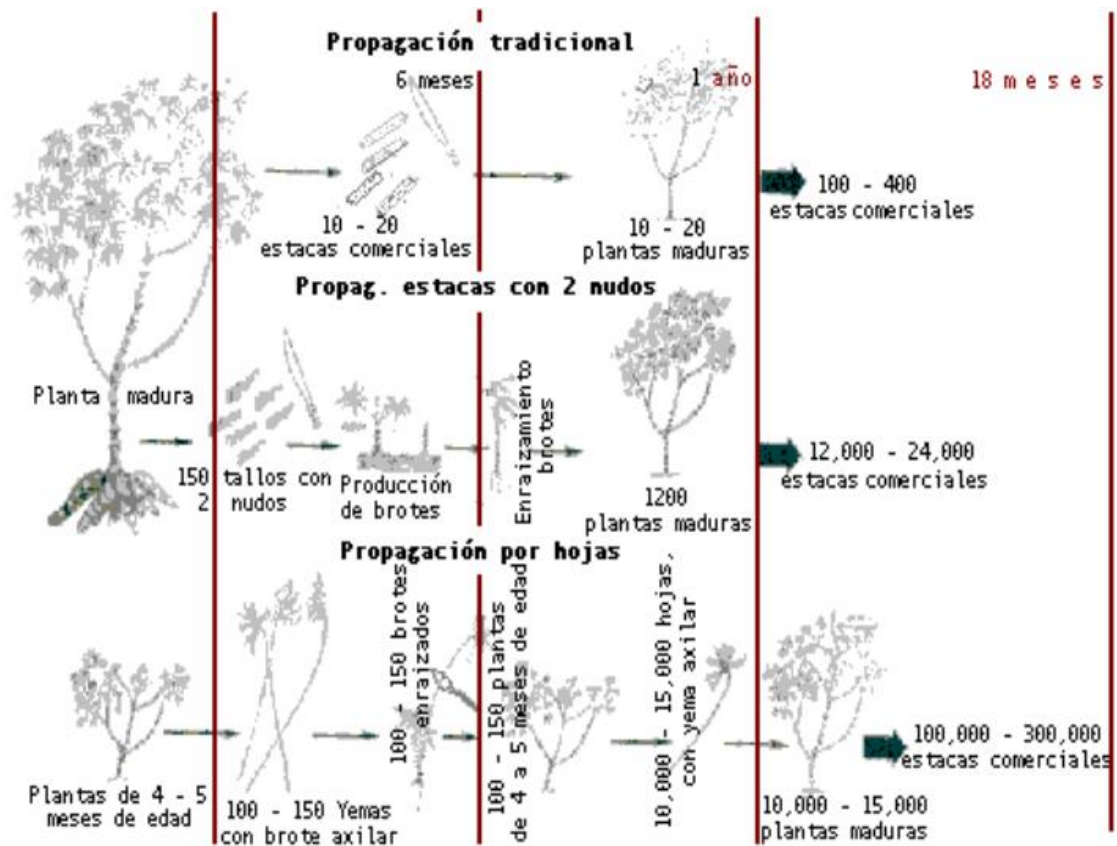


Diagrama # 1.- Tres métodos de propagación vegetativa en yuca: propagación tradicional, propagación estacas de dos nudos y por hojas.

2.11.- SELECCIÓN Y PROTECCIÓN DEL MATERIAL DE PROPAGACIÓN COMERCIAL

De la calidad del material de siembra depende en gran parte el éxito en cultivos multiplicados vegetativamente. Este factor, es de los más importantes en la producción, responsable no sólo del buen establecimiento del cultivo (enraizamiento de las estacas y brotación de las yemas), sino de su sanidad y producción (número de raíces comerciales por planta) por unidad de superficie en cada ciclo.

Las estacas de yuca pueden sembrarse inmediatamente cortadas las plantas maduras o después de un período de almacenamiento. Se acostumbra cortar y almacenar bajo sombra de un árbol y antes de la siembra se realiza la selección. Estas estacas regularmente tienen menor porcentaje de brotación, vigor y rendimiento, que aquellas tratadas con insecticidas y fungicidas antes del almacenamiento.

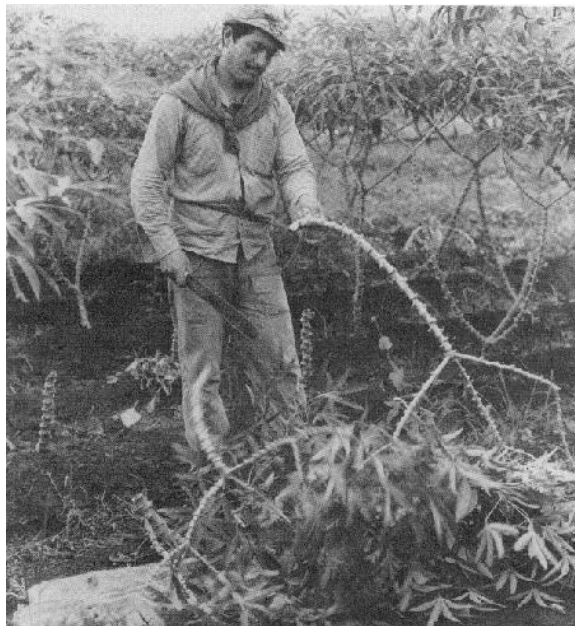


Fig. # 12.- Extracción del material vegetativo para una nueva plantación.

2.11.1.- Criterios para seleccionar el material vegetativo (características de las estacas para siembra)

Los criterios para seleccionar material para la siembra son:

- Separar estacas de las plantas más productivas,
- Escoger estacas libres de plagas y enfermedades,
- Utilizar varetas que tengan la madurez apropiada de 8 – 12 meses, si tienen más de un año y medio es aconsejable tomar la parte superior, y
- Reducir al mínimo el almacenamiento.

<http://www.proexant.org.ec/Manual%20de%20Yuca.html>

2.11.2.- Requisitos agronómicos y manejo de la semilla:

2.11.2.1.- Parte apropiada de la planta para usar como semilla

Debe proceder de tallos primarios cuando sea de clones cuya primera ramificación se produzca a más de 1.20 m de altura. Si es necesario tomar ramas secundarias deben tener entrenudos cortos y el diámetro de la médula debe oscilar entre 45 y 60 % del diámetro total de la estaca. En plantas que no ramifiquen se utilizarán las 4/5 partes del tallo principal tomado desde la base. No se deben tomar estacas de plantas con pudriciones radiculares causadas por *Phytophthora*.

2.11.2.2.- Longitud y número de yemas por estaca

El largo de la estaca será de 15 a 20 cm. (depende de la variedad)por el método horizontal de plantación y de 25 cm. para el inclinado, logrando que existan de 7 – 9 yemas como mínimo (esto también depende de la variedad) .

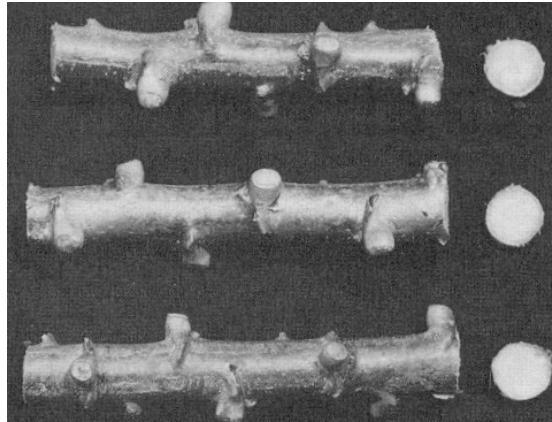


Fig. # 13.- Cortes ideales del material vegetativo para la propagación.

2.11.2.3.- Manipulación y transportación

La “semilla” se transportará sin tocón ni ramificaciones, en varetas o estacas cortadas, mazos de 25 varetas o en sacos o cajas, respectivamente. Deben evitarse las mezclas cuando se trasladan dos o más clones en un mismo vehículo y que sobre la carga viaje personas u objetos pesados.



Fig. 14.- Transporte del material vegetativo para realizar una plantación comercial.

2.11.2.4.- Almacenamiento de las estacas

Puede ser con o sin tocón por diferentes períodos (días) ver la tabla # 14:

Tabla # 14 .- Formas de almacenamiento del material de propagación (periodo de almacenamiento en días).

	Con ramificación		Sin ramificación	
	<i>Periodo de almacenamiento en días</i>			
	Sombra	Pleno sol	Sombra	Pleno sol
Con Tocón	45 a 50	30 a 40	20 a 25	15 a 20
Sin Tocón	15 a 20	10 a 15	12 a 15	10 a 12

La vareta posee condiciones para ser usada como “semilla” si al efectuar el corte de la estaca, esta emite látex a los 3 seg. como máximo. Las plantas se colocarán de forma vertical formando un círculo de nomás de 4 – 6 m de diámetro.

2.11.2.5.- Tiempo entre el corte y la plantación

No puede ser mayor de 3 días, aunque las semillas se conservarán siempre a la sombra.

<http://www.agronegocios.gob.sv/Media/Articulos/COMPENDIO%20DE%20YUCA.pdf>

2.11.3.- Tratamiento de las estacas

Es aconsejable tratar las estacas con un baño químico, en la siguiente forma:

- Tratar con fungicida más insecticida en un lugar bajo sombra,
- Mezclar primero el insecticida con agua; agregar después fungicida,
- Preparar 100 – 120 litros / tanque,
- Tratar primero la mitad de estacas atadas durante 5 minutos y luego la otra por igual tiempo,
- Mover la solución cada vez que se traten nuevas estacas, y



Fig. # 15.- Tratamiento de las estacas, previo a la plantación: a) inmersión en mezcla de producto químico, b) escurrimiento de los esquejes.

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd53/yuca.htm>

2.11.3.1.- Ventajas del tratamiento de las semillas

- ◆ Protege las estacas contra organismos patógenos del suelo,
- ◆ Acelera y aumenta la germinación de las yemas,
- ◆ Induce el enraizamiento, y
- ◆ Prolonga el período de almacenamiento.

<http://www.proexant.org.ec/Manual%20de%20Yuca.html>

2.12.- PREPARACIÓN DEL TERRENO

2.12.1.- Labores antes de la plantación

Una buena preparación del terreno 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:

1. Dos pases de rastra pesada, en cruz;
2. 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 de 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 o 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 del uso de la mecanización.

Las ventajas de las labores de los suelos que se han enumerado son:

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

2.13.- PLANTACIÓN DEL CULTIVO

2.13.1.- Época de plantación

La época de plantación más adecuada para la yuca es la entrada de la estación lluviosa. Cuando es necesario producir material de propagación debe modificarse la época y suplir 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.

2.13.2.- Diseño de la plantación

La siembra de la yuca puede ser **en plano** si el suelo del terreno tiene muy buen drenaje y la precipitación no es abundante, o **en lomillos** si el suelo es pesado, la precipitación es elevada o si se ha planeado hacer la cosecha en forma semimecanizada, este sistema facilita el desarrollo de las raíces y su cosecha, disminuye la incidencia de la pudrición radical. Es importante indicar que no es aconsejable sembrar yuca en suelos donde anteriormente había bosque natural (monte) o cultivos forestales, en este caso, primero debe sembrarse un cereal como maíz o arroz.

<http://www.agronegocios.gob.sv/Media/Articulos/COMPENDIO%20DE%20YUCA.pdf>

Dulong R., 1971 (Citado por Montaldo A., 1985) Señala los siguientes tres diseños de plantación:

a) En platabandas convexas de 1.6 a 1.8 m de ancho sobre las cuales se plantan en quincunce dos hileras de yuca. Este dispositivo conviene particularmente en las regiones donde las precipitaciones anuales sobrepasan los 1,300 mm.

En el método del **quincunce** se distribuyen cinco plantas en un cuadrado, ubicando una al centro, en un punto equidistante de las cuatro que la rodean; esta planta pasado algún tiempo se elimina.

b) En camellones espaciados a 0.80 m, los que se utilizan donde hay riesgos 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 de hacerse de inmediato.

c) En suelos planos. Este método 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.

2.13.3.- Orientación de las estacas

El material de propagación (estacas) puede orientarse en el suelo en forma horizontal, oblicua y vertical.

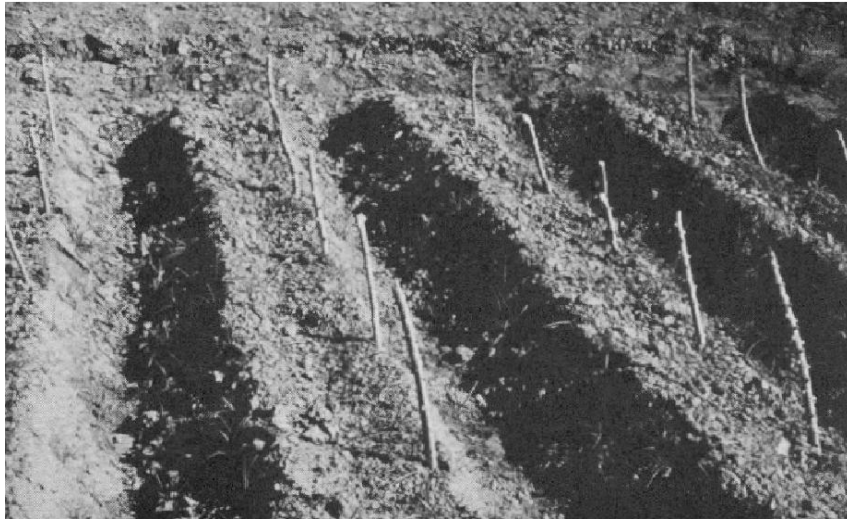


Fig. # 16.- Sistema de plantación de yuca en forma oblicua (inclinada). Se usa a la entrada de la estación de lluvias.

El sistema horizontal aparece como el más indicado y puede utilizarse la máquina plantadora. En este sistema se emplean 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 aparecen también 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.

(Investigaciones citadas por Montaldo A. 1985) A continuación se dan a conocer varios trabajos de investigación que se han hecho para determinar la mejor orientación de las estacas de yuca en la plantación:

- Machado A. 1951, determinó que la plantación de estacas inclinadas produjo mayor rendimiento en raíces reservantes que las orientadas horizontal y verticalmente.
- Montaldo A. 1966, realizó algunas pruebas plantando estacas de 30 cm de largo con la variedad 2110 en tres diferentes orientaciones: 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. Los resultados que obtuvo fueron, que en la plantación de estacas horizontales se observó que la producción de raíces 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.
- Henáin A. E. y Cenoz H. M., 1969 estudiaron la influencia que tiene el 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 5 años tuvieron los mejores rendimientos con estacas inclinadas; que el mayor % de brotación se produjo en las estacas de más de 15 cm, tanto inclinadas como horizontales, y que por no haber tantas diferencias en rendimiento, se recomienda el uso de estacas plantadas en posición horizontal de más de 15 cm de largo.

Los resultados anotados sobre la orientación que se debe dar a las estacas, permiten recomendar la plantación horizontal para la producción Industrial extensiva, especialmente cuando se utiliza máquina plantadora. En cultivos a pequeña escala (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.

2.13.4.- Profundidad de plantación

Por ser la yuca un producto que se forma en el suelo, donde precisa ser arrancado en el momento oportuno, es importante saber a que profundidad deben ser plantadas las estacas, que permita encontrar el máximo de las condiciones para la brotación, enraizamiento, buena producción radical y al mismo tiempo para facilitar la cosecha.

(Normanha y Pereira 1950), demostraron que las profundidades de plantación de estacas influyen principalmente sobre la formación de raíces reservantes. Los mismos autores ensayando con profundidades de 5, 10 y 15 cm encontraron a ésta última la más desfavorable. Sin embargo, la superficial a 5 cm, a pesar de comportarse bien en época lluviosa, no es aconsejable porque no suministra un buen anclaje a las plantas; se recomienda plantar a 10 cm.

Da Silva J. R., 1970 realizó una investigación 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.

La profundidad de plantación esta directamente relacionada con la textura del suelo. En suelos francos, con una mejor estructura, y por consiguiente, una mejor aireación, la profundidad de 5 cm puede ser la ideal. En suelos más livianos esta profundidad puede ser a 10 cm, buscando mejor arraigamiento de la planta y una mayor disponibilidad de agua para los periodos secos.

La profundidad de plantación en yuca es una variable que afecta considerablemente la producción de raíces reservantes.

Al aumentar la profundidad de plantación del esqueje, decrece el rendimiento de raíces.

La profundidad de plantación influye en la brotación de yemas y en el normal desarrollo de las plantas. En la medida que la profundidad se hace mayor, se experimenta una disminución en la brotación de yemas.

http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v44_3/v443a070.html

2.13.5.- Cantidad de estacas por punto de plantación

Es conveniente colocar una sola estaca sana en cada punto de plantación. En ciertas regiones, los campesinos colocan 1, 2 ó 3 estacas por cavidad y eliminan luego las que dan origen a plantas débiles, practica que puede resultar inconveniente.

2.13.6.- Densidad de plantación

La población y los rendimientos adecuados, varían de un país a otro, e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos de poblaciones, mientras que en los suelos ricos los incrementos de poblaciones dependen del hábito de crecimiento.

<http://www.agronegocios.gob.sv/Media/Articulos/COMPENDIO%20DE%20YUCA.pdf>

CIAT, 1970 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.

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). La densidad también dependerá de que la siembra vaya a ser en monocultivo o en asociación con otras plantas.

2.14.- PRINCIPALES LABORES CULTURALES

2.14.1.- Limpias y escardas

Las labores de limpieza 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 casi nulas.

El deshierbe es una de las actividades culturales importantes en el manejo integrado del cultivo, por cuanto su manejo representa el 18 - 20% o más del costo de producción, principalmente en la selva.

El manejo de las malezas se efectúa desde la plantación hasta cuando las plantas producen el completo sombreamiento del campo (fenómeno de parasol), esto es a los 3.5 meses de la plantación.

Las formas del control de malezas se hacen de forma manual (escardas con muchos jornales) y en forma química.

2.14.2.- Replantación

Cuando el porcentaje de brotación de las estacas no es uniforme, debido a la mala calidad del material de propagación, o por exceso de lluvias, puede ser conveniente hacer una replantación. Esta operación no debe ir más allá de un mes de la fecha original de plantación. Se recomienda efectuarla con estacas en posición inclinada y algo más larga que las normales. En todo caso el factor económico determinará si la labor se efectúa (Montaldo A. 1991).

2.14.3.- Reabonamiento

Cuando el cultivo de la yuca se presenta débil y con áreas cloróticas en sus primeros estados de desarrollo, es necesario un reabono con urea a razón de 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.

2.14.4.- 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 limpieza en la entrelínea y un reaporque y escarda en el camellón.

2.14.5.- Riegos

En zonas tropicales la yuca soporta precipitaciones que varían de 500 - 2,000 mm. Sin embargo los rendimientos mas altos se ha logrado con una deficiencia relativa de humedad.

La frecuencia de riegos está determinada por el clima, la textura del suelo y el tamaño de la planta. Esta frecuencia de riegos es importante para poder manejar la presencia de malezas y las posibles enfermedades.

2.15.- PLAGAS MAS IMPORTANTES EN EL CULTIVO DE YUCA

Tabla # 15.- Pérdidas en rendimiento a causa de las plagas principales en el cultivo de la yuca.

Plagas	% De pérdidas en rendimiento
Gusano cachón (<i>Erinnyis ello</i>)	En campos de agricultores, ataques naturales resultaron en pérdidas de 18 %; estudios con daños simulados resultaron en pérdidas de 0 – 64 %, dependiendo del no. de ataques, edad de la planta y fertilidad del suelo.
Ácaros (<i>Mononychellus tanajoa</i>)	21, 25 y 53 % pérdidas de rendimiento con ataques de duración de 3, 4 y 6 meses; 73 % para cultivares susceptibles vs 15 % para cultivares resistentes; 13 – 80 en África.
Moscas blancas <i>Aleurotrachelous socialis</i>	1, 6 y 11 meses de duración de ataque resultó en 5.42 y 79 % de perdidas en ensayos de campo en Tolima, Colombia.
Piojos harinosos (<i>Phenacoccus herreni</i> , <i>P. manihoti</i>)	68 – 88 % dependiendo de la susceptibilidad del cultivar (en Colombia); hasta 80 % registrado por agricultores en Brasil. En África son reportadas pérdidas de ± 80 %.
Chinche subterráneo (<i>Cyrtomenus bergi</i>)	Lesiones pardo oscuras a negro hacen las raíces inaceptables comercialmente; > 50 % de reducción en contenido de almidón de las raíces.
Chinche de	Ensayos de campo con <i>A. machalana</i> y <i>V. manihoti</i>

encaje (<i>Vatiga manihoti</i> , <i>Amblystira machalana</i>)	resultaron en pérdidas de rendimiento de 39 %.
Barrenadores del tallo (<i>Chilomima clarkei</i>)	En Colombia las pérdidas en rendimiento en raíces son en 40 a 62 % cuando el no. de tallos partidos es superior a 35 %.
Trips (<i>Frankliniella williamsi</i>)	En cultivares susceptibles (sin pubescencia en las yemas y hojas apicales) se baja el rendimiento de 17 – 25 %.

Tabla # 16.- Opciones para controlar las principales plagas del cultivo de yuca (ficha técnica)

Plagas	Opciones de control
Gusano cachón (<i>Erinnyis ello</i>)	Control biológico: Plaguicidas de baculovirus; monitoreo de poblaciones de adultos con trampas de luz y conteo de huevecillos en el campo.
Ácaros (Principalmente <i>Mononychellus tanajoa</i>)	RPH: Niveles moderados de resistencia disponible en clones de yuca; es necesario un programa efectivo para incorporar la resistencia en cultivos comerciales. Control Biológico: Esta disponible un complejo grande de predadores Phytoseiidae que puede reducir las poblaciones de ácaros; entomopatógenos (<i>Neozygites</i>) y virus identificados y evaluados.
Mosca blanca <i>Aleurotrachelous socialis</i>	RPH: Existen clones e híbridos con alto nivel de resistencia. Control Biológico: Enemigos, especialmente parasitoides, se han identificando y se están evaluado. Algunos entomopatógenos muestran posibilidades para su control.
Piojos harinosos	RPH: Resistencia adecuada, no se ha encontrado en germoplasma de <i>M. esculenta</i> . Algunas especies de <i>Manihot</i> silvestres muestran un potencial para resistencia. Control biológico: Tres parasitoides (<i>Acerophagus coccois</i> , <i>Aenasius vexans</i> y <i>Apoanagyrus diversicornis</i>) producen buen control.
<i>P. manihoti</i>	El parasitoide <i>Apoanagyrus lopezi</i> produce muy buen control en la mayoría de zonas yuqueras de África.

Trips (<i>Frankliniella williamsi</i>)	RPH: cultivares pubescentes contienen muy buena resistencia y son disponibles a los agricultores.
Chinche subterránea (<i>C. bergi</i>)	Los cultivares con alto contenido de HCN en las raíces, presentan menos daño. Enemigos naturales como hongos entomopatógenos y nemátodos entomopatógenos han dado resultados promisorios. La yuca intercalada con <i>Crotalaria</i> reduce el daño.
Barrenadores de los tallos (<i>C. clarkei</i>)	Prácticas culturales: manteniendo los campos limpios y destruyendo tallos infestados. RPH: esta bajo investigación. Posible uso de plantas transgénicas (Bt) esta siendo investigado.
Chinche de encaje (<i>Vatiga manihoti</i> , <i>Amblystira machalana</i>)	Las investigaciones con RPH dan resultados promisorios. Se han identificado enemigos naturales, pero faltan investigaciones sobre su eficiencia.

http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/curso_corpoica_bellotti.pdf

2.15.1.- Gusano cachón de la yuca (*Erinnyis ello*)

Orden: Lepidóptera

Familia: Sphingidae

El gusano cachón de la yuca (lepidóptero) es una de las plagas más importantes de este cultivo en América tropical. La capacidad migratoria de *E. ello*, su adaptación a varios climas y su amplio rango de hospederos son las causas de su extensa distribución y de sus ataques esporádicos.

Las poblaciones altas de este insecto pueden defoliar en corto tiempo plantaciones grandes. Si la defoliación ocurre en la fase inicial del cultivo, se reducen los rendimientos y las plantaciones jóvenes pueden morir.

La hembra es de hábito nocturno y de color ceniza; oviposita hasta 1800 huevos, de color verde sobre la superficie foliar. Las larvas varían mucho de color (amarillo, verde, negro, etc.) y alcanzan de 10 a 20 cm antes de bajar al suelo donde forman una pupa marrón, castaña o negra (Fig. #15). La incidencia es mayor en época de lluvias, pero esta plaga es esporádica, y puede transcurrir varios años antes de que se presente un ataque severo (Lozano J. C., 1981).

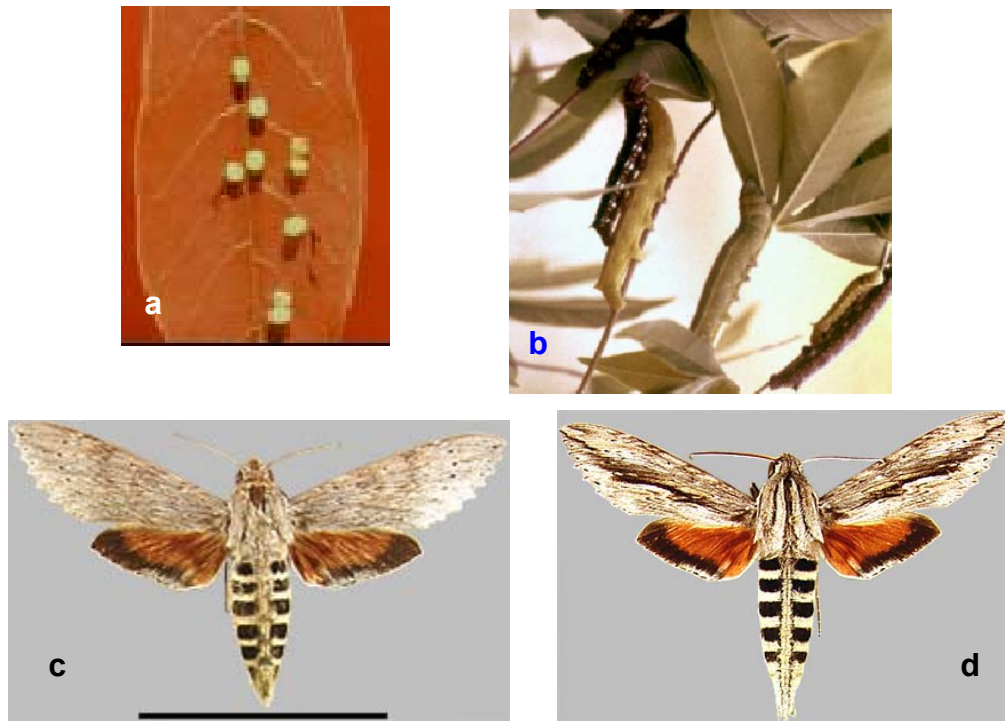


Fig. # 17.- Gusano cachón (*Erinnyis ello*): a) huevecillos, b) larvas, c) hembra adulta y d) macho adulto.

http://www.inra.fr/Internet/Produits/PAPILLON/sphingid/texteng/e_ello.htm

El gusano cachón de la yuca (*E. ello*), es una plaga que ataca el cultivo de la yuca ocasionando reducciones hasta en un 70%, según la edad del cultivo, el número de ataques y las condiciones agroecológicas.

Desde la década del 70 hasta hoy, el CIAT, como entidad internacional de investigación, ha realizado, desarrollado y probado las bondades que poseen los biocontroladores.

Una alternativa inmediata de control de esta plaga, es el control biológico, debido a que el gusano cachón tiene muchos enemigos naturales, encontrándose entre ellos el Baculovirus de *E. ello*, el cual pertenece al virus de la granulosis (VG) que ha demostrado ser efectivo para el control de sus larvas.

Los resultados de estas y otras investigaciones indican, además, que el Baculovirus de *E. ello* tiene una ventaja adicional frente a la mayoría de los agentes biológicos: cuando escasea la plaga se puede almacenar para utilizarlo en el momento oportuno; aquéllos, en cambio, disminuyen en cantidad cuando no disponen de sus hospederos en el campo.

<http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/baculovirosis.pdf>

Cuando el gusano cachón ataca y desarrolla una población alta, llega a defoliar totalmente el cultivo; en consecuencia, hay un descenso considerable en el rendimiento de raíces de yuca (entre el 18% y el 64% del normal). Este daño lo podemos observar en la figura # 16.



Fig. # 18.- Defoliación en la yuca, daño causado por el gusano cachón.

Se han establecido umbrales de daño, así: 5 larvas / planta en plantaciones de 2 a 5 meses y 29 larvas / planta en cultivos de 7 a 9 meses producen una defoliación total del cultivo; es necesario, por tanto, controlar antes la plaga para evitar el deterioro del cultivo y las pérdidas en la cosecha.

El gusano cachón puede manejarse empleando varios métodos. Entre ellos, el control biológico es el más importante porque no contamina el ambiente y es muy efectivo; vienen luego el método cultural (manejo agronómico) y el mecánico (eliminación manual de larvas). La alternativa de último recurso es el control químico.

Control cultural

1. Voltear la tierra después de la cosecha para permitir la muerte de las pupas (por desecación).
2. Eliminar las malezas para que haya menos plantas hospederas de los adultos del insecto.
3. Hacer rotación de cultivos.
4. Cuando sea posible, sobre todo en cultivos pequeños, hacer recolección manual de las larvas y sumergirlas en agua con ACPM.

Para detectar poblaciones de gusano cachón en cultivos extensos, se recomienda una trampa de luz negra (tipo BL o BLB) que atrapa adultos en vuelo aprovechando su hábito nocturno; así se calcula la cantidad de mariposas presentes en el lote y la posible cantidad de huevecillos que habría en el cultivo. La trampa de luz es una herramienta para sincronizar ya sea la liberación inundativa de parásitos y predadores – cuando hay poblaciones altas de la plaga – o ya la aplicación de biopesticidas.

Control biológico

El manejo integrado de plagas (o control biológico) emplea las siguientes prácticas de manejo: visitas periódicas a los lotes, registro de la población de insectos, e instalación de trampa de luz negra (tipo BL o BLB) que atrapan adultos en vuelo, lo que reduce las posturas de huevos en el campo.

El control biológico aplica normalmente las siguientes estrategias :

Parásitos de huevecillos

La avispa *Trichogramma* sp. es un parásito de los huevos del gusano cachón y así controla la población del insecto. Contra esta plaga se recomienda hacer liberaciones de *Trichogramma* sp. a razón de 50 a 100 pulgadas/ha. Para hacer una liberación, se comprueba que haya posturas frescas (como máximo, 2 días después de haber sido ovipositadas).

La técnica más fácil y más económica que se recomienda para hacer la liberación de la avispa es la siguiente: se coloca cada pulgada dentro de un vaso de icopor y se sujeta con alambre; los vasos se colocan luego boca abajo en las plantas (en la cantidad por ha antes indicada); finalmente, las avispas salen y se distribuyen por toda el área del cultivo.

Es bueno revisar el cultivo antes del quinto día después de la liberación de las avispas para verificar el parasitismo: los huevos parasitados son oscuros o casi negros.

El predador mas común de los huevos de E. ello es *Chrysopa* spp. Este insecto chupa los huevos del gusano cachón y se alimenta de su contenido; deja sólo el corion, que es transparente.

El estado más agresivo de *Chrysopa* spp. es el estado ninfal. Una ninfa consume, en promedio, 17 huevos en un periodo de 24 horas.



Fig. # 19.- Larva de *chrysopa* spp depredando huevecillos de *E. ello*.

Control microbiológico

- *Bacillus thuringiensis*

El microorganismo bacteriano *Bacillus thuringiensis* ataca las larvas de los lepidópteros causándoles una especie de septicemia que las destruye. Las pruebas hechas con este biocida han tenido mucho éxito y hoy se encuentra en el mercado con los nombres comerciales de Dipel y Thuricide; estos productos contienen esporas del bacilo y con ellos se preparan soluciones muy diluidas para aplicarlas al follaje que consumen las larvas. Muy efectivos han sido estos productos para reducir las poblaciones altas de larvas de gusano cachón, sobre todo en los tres primeros instares larvales del insecto.

Cuando muere una larva de gusano cachón atacada por el bacilo, queda suspendida de las pseudopatas anales en cualquier parte de la planta. Su consistencia es entonces blanda y presenta un abultamiento en su sección anterior debido a la licuefacción de los tejidos internos por la acción patogénica del bacilo.

Para aplicar *B. thuringiensis* contra el gusano cachón, se recomienda la dosis de 3 a 4 gramos de producto comercial por cada litro de agua (aplicación manual), que equivalen a un rango de 600 a 800 gramos de producto comercial por hectárea, en aplicaciones aéreas.

Una recomendación importante es agregar un producto adherente a la solución del bacilo para que impida que la lluvia lave fácilmente el producto aplicado a la planta.

El producto puede formularse comercialmente en polvo o como un líquido y se aplica siguiendo los métodos convencionales de los plaguicidas químicos.

http://www.ciat.cgiar.org/es/metodos_herramientas/pdf/Baculovirus.pdf

2.15.2.- Ácaros (*Mononychellus tanajoa*)

Orden:

Familia: Tetranychidae

En los trópicos, durante la época seca, los ácaros rojos, *Tetranychidae*, encuentran condiciones favorables, las cuales les permiten en corto tiempo desarrollar poblaciones muy numerosas. En el caso de la yuca, estos ataques se suceden en forma muy violenta y los ácaros llegan a densidades realmente altas, como consecuencia de las cuales las plantas sufren defoliación total, deformación de los cogollos y muerte de las yemas terminales.

http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v10_14/v104m008.html

Los daños en yuca por estos ácaros se distribuyen en Brasil, Colombia, Trinidad, Uganda, Bahamas, Panamá, Guyana, Rwanda, Zaire, Congo, Kenya, Tanzania, Zanzibar, Venezuela.

Biología

En relación a la yuca todavía no ha sido estudiado el ciclo de vida, ni las relaciones poblacionales de la gran mayoría de estas especies.

NYIIRA (1978) En el caso de *M. tanajoa* establece un ciclo de huevo – adulto en 11 a 13 días y un rango oviposición de 21 – 65 huevos por hembra en un período de 8 –14 días, así como un mejor desarrollo en condiciones de 25 – 32 °C y 50 – 70 % de humedad relativa.



Fig. # 20.- Adulto de un ácaro (Mononychellus tanajoa).

Vale la pena destacar, la frecuencia con que se encuentran sobre la misma planta, aún en la misma hoja más de una especie viviendo en poblaciones mezcladas, este hecho parece muy común con las diferentes especies de *Mononychellus*. Por otra parte, muchas de las especies de Tetranychidae no tienen a la yuca como hospedero preferencial, y es el grupo del género *Mononychellus* las que parecen ser más adaptadas a las especies de *Manihot* como hospedera preferencial, y dentro de esas, las especies *M. tanajoa* y *M. caribbeanae*, parecen ser las más dañinas por las enormes poblaciones que pueden construir y su amplia distribución. Sin embargo, debemos reconocer que este problema de las especies, su distribución y daños que pueden ocasionar no está bien estudiado y es de esperar que futuras contribuciones ayuden a clarificar la situación.

El acaro *M. tanajoa* se desarrolla en la parte apical de la planta de yuca, en las yemas , hojas jóvenes y parte verdes del tallo.

Daños que provocan

Con la estación seca las poblaciones aumentan rápidamente, algunas especies pueden causar un daño típico o con algunos síntomas especiales. Podemos decir en forma general, que los ácaros tetraníquidos hacen un daño directo al tejido de las hojas al alimentarse del contenido celular, el cual obtienen mediante el uso de sus quelíceros estiletiformes, que les permiten romper la epidermis y paredes celulares. Esto ocasiona al principio un síntoma como punteaduras blanquecinas, luego bronceado característico y caída de las hojas con la consecuente defoliación de las plantas. También atacan las yemas donde impiden su desarrollo y formación de nuevas hojas. De esta manera cuando la estación seca es marcada y ya han transcurrido unos dos meses de la misma, las plantas muestran un daño espectacular y los sembradíos de yuca un aspecto desolado. Sin embargo en muchos casos al comenzar las lluvias estas plantas reaccionan rápidamente y en pocas semanas están cubiertas de un nuevo follaje, sano y de gran desarrollo.

Efecto sobre los rendimientos

El efecto sobre reducción de los rendimientos ha sido citado por diversos autores:

Nyiira (1978) informa de reducciones hasta 46% en Uganda. Rodríguez (1978) refiere pérdidas hasta de 53%.

Doreste y Aponte (1979), mediante ensayos de campo donde se comparaban tratamientos con altas infestaciones naturales vs poblaciones bajas, controladas mediante uso de acaricidas, obtuvieron reducciones promedio de 1,562 y 5,479 kgs/Ha equivalentes a 7.8 y 16.5% respectivamente.

En diversos trabajos se informa del aumento violento de las poblaciones durante los meses de sequía hasta causar la defoliación ya descrita, sin embargo observaciones personales permiten asegurar que en las zonas con períodos secos, suaves o muy cortos, como son las zonas tropicales húmedas, las poblaciones no llegan a esos niveles tan altos y las plantas permanecen con un follaje abundante. Así mismo, en campos experimentales donde se mantienen lotes con riego complementario es posible ver plantas muy cercanas unas a otras donde aquellas que recibieron el beneficio del riego mantienen el follaje, en comparación con las otras carentes de agua, completamente defoliadas. Este efecto debe ser medido experimentalmente y ver su posible economicidad, en el mantenimiento de altos rendimientos y sin necesidad de recurrir al uso de productos químicos acaricidas.

Control

Debido a las condiciones del cultivo y la forma tan intensa de los ataques de ácaros durante la época seca se ha pensado que la búsqueda de variedades resistentes puede ser la mejor solución al problema.

http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v12_34/v124m004.html

2.15.3.- Mosca blanca (*Aleurotrachelous socialis*)

Orden: Homóptera

El complejo de especies de Mosca Blanca (cerca de 1200 especies) es considerado uno de los mayores grupos de plagas que atacan un amplio rango de cultivos en el mundo, ocasionando considerables pérdidas. La mosca blanca causa un gran daño en los agroecosistemas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Latinoamérica, África y parte de Asia, al alimentarse directamente de la planta. La especie que causa mas daño en yuca en el norte de Suramérica es

Aleurotrachelus socialis. Entre los síntomas del daño que causan están, encrespamiento de las hojas apicales, amarillamiento y necrosis en las hojas basales y retardo en el desarrollo de la planta. Los adultos de mosca blanca son más frecuentemente observados sobre el envés de las hojas apicales, donde se alimentan de los fluidos de la planta y ovipositan. La miel excretada es un sustrato para el desarrollo de un hongo llamado “fumagina” el cual interfiere con la fotosíntesis. La combinación del daño causado por la alimentación directa y la baja tasa de fotosíntesis, reduce el rendimiento de las raíces en un 4 a 79%, dependiendo de la duración del ataque (Bellotti, 2002).

(Bellotti y Arias, 2001) Actualmente, la mayor fuente de resistencia en yuca es el genotipo MEcu-72. Cuando *A. socialis* se alimenta sobre MEcu-72 hay una reducción en la oviposición, el periodo de desarrollo es más largo, el tamaño es reducido y hay una mortalidad más alta que cuando se alimenta sobre el genotipo susceptible. Debido a la importancia de la mosca blanca como plaga, es relevante entender la naturaleza de los genes que confieren resistencia al genotipo MEcu-72. Para estudiar la genética de esta resistencia, se hizo un cruce entre MEcu-72 (genotipo resistente) x MCol 2246 (un genotipo muy susceptible), para evaluar la segregación de la F1, utilizando marcadores moleculares. Lo anterior aceleraría la selección de germoplasma resistente a mosca blanca y el aislamiento de los genes de resistencia.

http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/Whitefly_esp_2003_Socolen.pdf



Fig. # 21.- Hojas de la mandioca infectadas con los segundos instars de ninfas de mosca blanca. A) Genotipo susceptible var.Mcol2026; B) Genotipo resistente CG 489-34.

<http://www.tropicalwhiteflyipmproject.cgiar.org/wf/docs/posters/molecularmarkers-cassava.pdf>



Fig. # 22.- Hoja de yuca con instares de mosquita blanca (*Aleyrotrachelus socialis* Bondar)

<http://www.ciat.cgiar.org/ipm/>

En los últimos años, la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar es el principal insecto limitante del cultivo de la yuca en el Tolima y en otras regiones de Colombia y América, pues ocasiona hasta un 79% de pérdidas en los rendimientos. Debido a su corto ciclo de vida (30-35 días), la mosca blanca puede adquirir, rápidamente, resistencia a los pesticidas, haciendo que el control químico sea muy costoso y de efectos negativos para el medio ambiente, por lo cual, la resistencia varietal se constituye en la alternativa sostenible para el manejo de esta plaga.

La resistencia de la planta hospedera ofrece al agricultor una solución práctica a largo plazo, permitiéndole mantener bajas las poblaciones del insecto y reducción de pérdidas en el cultivo. Esta situación es de especial importancia en yuca, un cultivo de período vegetativo largo, cultivado por pequeños agricultores de escasos recursos.

El hallazgo de resistencia en yuca hacia la mosca blanca, de niveles moderados a altos, es único entre muchos cultivos donde esta plaga ha sido observada. El programa de investigación del CIAT sobre resistencia varietal a la mosca blanca, iniciado hace 20 años, está ahora cobrando dividendos, ya que, además de la variedad Nataima-31, han sido identificados numerosos cultivares con resistencia a este insecto y están siendo incorporados dentro de un programa de desarrollo de variedades en el CIAT.

La variedad Nataima – 31 presenta efectos de antixenosis (no preferencia) cuando se colocó en libre escogencia con diferentes cultivares.

Por lo tanto, la nueva variedad no requiere aplicación de insecticidas para controlar esta plaga en el Tolima y ni en otras zonas donde el insecto es endémico, y donde los agricultores utilizan hasta 6 aplicaciones de insecticidas de alta toxicidad durante el cultivo de variedades regionales y comerciales, lo que aumenta los gastos económicos y afecta el ambiente.

2.15.4.- Chinche subterránea de la viruela (*Cyrtomenus bergi*)

Orden: Hemiptera

Familia: Cydnidae

Es un insecto polífago de hábito subterráneo y ciclo de vida superior a los 500 días que se alimenta directamente de las raíces de yuca. La aparición de *C. bergi* como plaga ocurrió en 1980 en plantaciones de yuca variedad “Chiroza-Gallinaza” en Valle, Colombia.

En Panamá los daños provocados por este insecto fueron detectados en 1983 en plantaciones de yuca variedad “Brasileña” en Ocú, en donde ocasionó pérdidas superiores al 70%. En el 2002 se encontró causando daños de consideración en los cultivos de maní, rábano y cebollina en el Valle de Antón, Coclé.

El Chinche Subterráneo ha sido reportado como plaga en Colombia, Panamá, Brasil, Argentina, Venezuela, Costa Rica, Honduras y Cuba. Además de la yuca, afecta otros cultivos como papa, cebolla, maní, espárrago, algodón, tomate, cilantro, frijol voluble, habichuela, maíz, sorgo, caña de azúcar, café, plátano, palma africana, gramíneas (pastos) y malezas.

El daño es causado tanto por las ninfas y adultos al introducir el estilete a través de la cáscara y parénquima de la raíz para alimentarse dejando orificios para la entrada de hongos del suelo como *Aspergillus*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Genicularia*, *Phytophthora* y *Phytium*, los cuales deterioran y afectan la calidad de las raíces y por lo tanto, el valor comercial del cultivo.



Fig. # 23.- *Apreciación del daño causado por la chinche del suelo a) Índice de daño 6 (76-100%) en el parénquima de raíces de yuca var. Brasileña causados por C. bergi; b) Ninfas y c) Adultos de C. bergi*

El período de mayor precipitación favorece los aumentos de población de *C. bergi* hasta alcanzar los máximos niveles de 2 y 3 *C. bergi*/planta en noviembre y febrero respectivamente. El aumento de población causó un incremento progresivo del porcentaje de pérdidas de raíces frescas de yuca.

Control

En control microbiológico se está experimentando con el hongo ***Metarhizium anisopliae*** que a provocado el 61% de mortalidad en ninfas de *C. bergi* de quinto instar después de 10 días de inoculado. Otros microorganismos como los nematodos ***Steinernema carpocapsae*** causó un 58.6% de parasitismo en adultos de ***C. bergi*** después de 10 días y una especie nativa de ***Heterorhabditis bacteriophora*** en Colombia, provocó un parasitismo de 84% en todas las fases ninfales o estados inmaduros del insecto.

También se recomienda para el control la rotación con cultivos no susceptibles. Los insecticidas utilizados para combatir las chinzas (coleópteros) pueden ser igualmente efectivos

Concluyendo:

1. La población de *C. bergi* aumenta con la época lluviosa y disminuye con la seca.
2. *C. bergi* es capaz de suprimir la expresión de “Tolerancia” manifestada por un genotipo de yuca en un ambiente específico.
3. *Mucuna deeringiana* constituye una opción potencial para el manejo y control del *C. bergi*.

http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/plegable_idiap.pdf

2.15.5.- Barrenadores del tallo (varias especies)

Muchas especies de insectos se alimentan del tallo y de las ramas de las plantas, causando daños considerables. Los barrenadores se encuentran en todas partes, pero son particularmente importantes en América en donde causan daños esporádicos o localizados. La mayoría de ellos son estados larvales de coleópteros (como *Coelosternus* sp. y *Lagochirus* sp.), lepidópteros (*Chilomina* sp.) e himenópteros. Las larva varía de tamaño y forma, según la especie; usualmente son blancas, amarillas o de color canela, y se encuentran haciendo túneles en la parte aérea de la planta. Los tallos o ramas pueden partirse por efecto del viento o ser reducidos a aserrín. Durante los periodos secos, las ramas atacadas pueden perder sus hojas y secarse; las plantas pueden morir cuando la infestación es severa. El ataque de barrenadores se detecta fácilmente por la presencia de estiércol, aserrín y exudado que sale de las galerías hechas por el insecto en las ramas infestadas; los insectos pueden observarse en el sitio de infestación o distribuidos en el suelo, justo debajo de la planta.

El control por pesticidas no parece práctico, ya que es difícil matar la larva dentro de los tallos. Se pueden reducir las poblaciones removiendo y quemando las partes o plantas infestadas y manteniendo los campos limpios. Usar estacas sanas para la siembra (Lozano J. C., 1981)



Fig. # 24.- Larva y adulto de ***Chilomina*** sp.

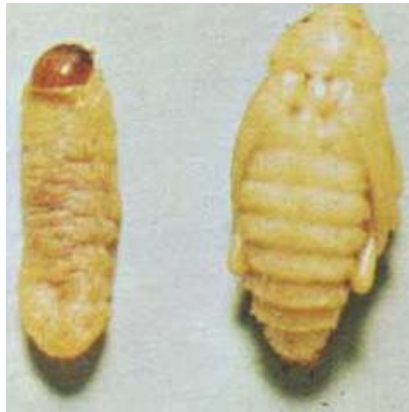


Fig. # 25.- Larva, pupa y adulto de coleópteros.



Fig. # 26.- *Lagochirus sp*: a) larvas (en distintas etapas), b) pupa, c) daño y d) insecto adulto.

2.16.- PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE YUCA

En la yuca se presentan diversas enfermedades ocasionadas por bacterias, hongos, virus y micoplasmas, relacionadas con las condiciones climáticas y edáficas de cada región.

2.16.1.- Enfermedades bacterianas

2.16.1.1.- *Añublo bacterial* (*Xanthomonas campestris pv manihotis*)

La bacteriosis que ataca a la yuca, es causada por una bacteria conocida como *Xanthomonas campestris pv manihotis*, es uno de los problemas más serios que afectan la productividad del cultivo. Ataca el sistema vascular de los tallos, causando la muerte de los tejidos. Muerte regresiva de la planta. Conocida como una de las enfermedades más graves del cultivo.

La enfermedad se caracteriza por la presencia de manchas angulares acuosas en las hojas que crecen y se unen induciendo una quemazón, la muerte descendente de la planta, donde hojas infectadas y sanas se marchitan, debido a la obstrucción vascular por invasión del patógeno y por último, la exudación de goma a lo largo del tallo y de las ramas verdes (Fig. # 27)

Se transmite por semilla (sexual) y por estacas infectadas (reproducción asexual).

Las siguientes especies de insectos (CIAT, 1974) diseminan mecánicamente el añublo bacterial: *Parathesia clarister*, *Tabanus* sp., *Apis mellifera*, *Polister* sp., *Erinnyis ello*, *Diabrotica* sp.

Xanthomonas campestris pv *manihotis*, puede sobrevivir en hojas de yuca y malezas (Montaldo A., 1991).

Una vez que la enfermedad aparece en la plantación no es posible controlarla totalmente. En consecuencia, en regiones donde la enfermedad no es endémica, los riesgos se minimizan con prácticas culturales: quemando todo el material de yuca después de la cosecha, arando el terreno y manteniéndolo sin cultivarlo por un período de al menos 3 meses, podando plantas tolerantes enfermas, manteniendo los campos libres de malezas y usando esquejes sanos libres de la enfermedad.

En regiones donde la enfermedad es endémica, lo más recomendado es el uso de cultivares resistentes y material libre de la enfermedad.

http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v31_1-6/v316a019.html

Control

- Selección de estacas de plántulas sanas.
- Cultivo de meristemos apicales de yuca.
- Uso de variedades con resistencia genética.
- Rotación de cultivos con una etapa de barbecho desnudo.
- Desinfección de los implementos agrícolas.

Medidas cuarentenarias

Prohibir la introducción de esquejes o semillas desde regiones o países en los cuales exista la enfermedad.



Fig. # 27.- Daños causados por Añublo bacterial: a) mancha angular y b) envés de una hoja de yuca con acuosidad debida a la acción bacteriana.

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd37/texto/enfermedades.htm#5>



Fig. # 28.- Daños causados por el añublo bacterial: 1) Manchas foliares; 2) Marchitez parcial.



Fig. # 29.- Exudado de goma a lo largo de tallos y muerte descendente en una planta de yuca.

2.16.2.- Enfermedades fungosas

2.16.2.1.- Pudriciones radicales por varios patógenos (*Phytophthora drechsleri*, *Pythium sp.*, otros)

Ciertos hongos del suelo, que causan pudriciones radicales durante la estación lluviosa, prevalecen en suelos pesados, mal drenados, con alto contenido de materia orgánica. *Phytophthora drechsleri* es el más común e importante. Estos patógenos atacan a las plantas jóvenes o maduras, especialmente cuando están cerca a zanjas de drenajes o suelos encharcables, causando marchitez repentina, severa defoliación y pudriciones en las raíces. Estas exudan un líquido de olor repugnante y muestran complejo deterioro.

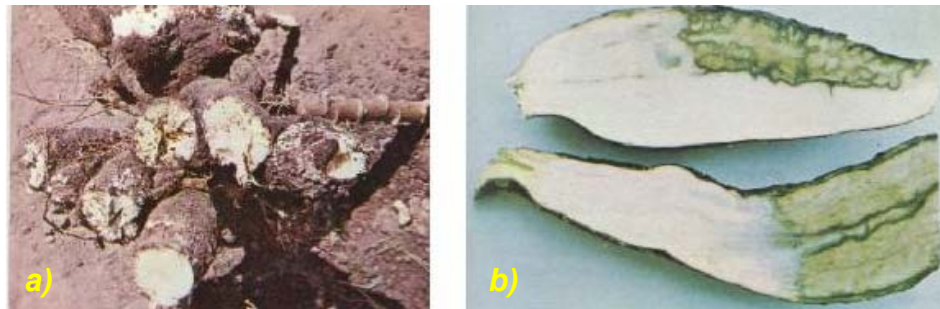


Fig. # 30.- Pudriciones de la raíz de yuca: a) inducida por *Phytophthora drechsleri*; b) pudrición inducida por *Pythium sp.*

Control

Seleccione un suelo apropiado para cultivar yuca, drene bien el terreno y siembre sobre camellones. Si la pudrición radical llega al 3 %, se debe rotar con cereales o dejar de sembrar yuca y mantener el terreno limpio y drenado por un periodo no inferior a seis meses.

2.16.3.- Enfermedades virales

2.16.3.1.- *El cuero de sapo*

Esta enfermedad descrita recientemente en Latinoamérica, puede causar pérdidas del 50 – 100 %, lo que lo convierte en una de las más peligrosas potencialmente para la yuca. Se caracteriza por la reducción del engrosamiento de las raíces y la suberización y engrosamiento de la epidermis, obteniéndose, por lo tanto, una producción baja y sin valor comercial (Lozano J. C., 1981)

Su origen, parece ser la región amazónica de Brasil o Colombia, donde viene afectando diferentes variedades de yuca cultivadas por las comunidades indígenas.

Esta enfermedad se está extendiendo continuamente por América Latina; ahora ya se ha reportado en Brasil, Costa Rica, Panamá, Perú y Venezuela.

Generalmente, una planta afectada no presenta señales visibles en su parte aérea y, en algunos casos, hasta puede mostrarse sana y vigorosa. Los tallos de estas plantas pueden ser más gruesos, especialmente en la base de la planta.

En las raíces, los síntomas varían desde muy suaves a severos (Fig. # 31), dependiendo de la variedad, edad de la planta y factores climáticos principalmente de la temperatura.

Los síntomas consisten en pequeñas fisuras longitudinales, localizadas cerca del callo donde se originan las raíces y, posteriormente, se prolongan a lo largo de ellas. A medida que las raicillas aumentan de diámetro, las fisuras tienden a cicatrizar, dando a las lesiones forma de labio. Cuando las raíces maduran, las lesiones aumentan de tamaño y número, semejando en conjunto

una especie de red o panal. La cáscara o epidermis de las raíces presenta una apariencia corchosa que se desprende con facilidad. Según sea la severidad de los síntomas, la profundidad y número de las lesiones aumentan hasta deformar la raíz. Todos estos síntomas descritos suelen presentarse a lo largo de la raíz o restringirse a una porción de ésta, comúnmente hacia la parte media.



Fig. # 31.- Raíces dañadas por el cuero de sapo: a) raíz sana, b) raíz con síntomas suaves y c) raíz con síntomas severos.

En general, el sistema radicular de las plantas afectadas no alcanza a tener el mismo desarrollo del que tienen las plantas sanas; las raíces permanecen delgadas, leñosas, de cáscara gruesa y corchosa y su contenido de almidón es muy bajo. A veces, en una misma planta, algunas raíces engruesan normalmente (sin presentar síntomas visibles) mientras otras se ven severamente afectadas.

Un método de detección consiste en la utilización de injertos a las plantas que se deseen evaluar empleando el clon indicador MCol 2063 (Secundina) debidamente certificado como libre de virus. Después de 3 ó 4 semanas, las plantas deben ser revisadas para verificar la presencia de síntomas tipo mosaico en el follaje de los retoños, lo cual indicaría la presencia de la enfermedad. Para una mejor manifestación de los síntomas es necesario mantener los injertos a una temperatura menor de 30°C (Fig. # 32)



Fig. # 32.- Detección del cuerpo de sapo por medio de injertos. Obsérvese la ausencia de síntomas foliares en el patrón y la expresión de síntomas en la variedad indicadora.

Existe evidencia de que es transmitida por insectos, siendo la mosca blanca, *Bemisia tuberculata*, la que ha sido asociada más frecuentemente con la enfermedad. Debido a que esta especie no es la más común en las plantaciones de yuca, el control de este vector no es efectivo para controlar la enfermedad.

En estudios de campo se ha demostrado que existen diferentes niveles de resistencia entre las variedades de yuca. La utilización de variedades tolerantes será una herramienta de utilidad en el control de esta enfermedad.

Las condiciones secas o calientes tienden a inhibir el desarrollo de los síntomas, mientras que condiciones más frescas favorecen el desarrollo de éstos. Aún en plantas afectadas levemente, las pérdidas económicas persisten debido a la menor acumulación de almidón.

Manejo y control

Las siguientes recomendaciones están orientadas a prevenir la introducción, y diseminación del “cuero de sapo” en zonas productoras de yuca.

1. Debido a que la enfermedad se disemina, principalmente, por el uso de estacas contaminadas, la medida de control más importante es obtener el material vegetativo o estacas provenientes de plantaciones sanas, manejadas técnicamente y con excelente control fitosanitario.
2. Para la obtención de estacas sanas se debe tener en cuenta que, en el momento de la cosecha, las estacas seleccionadas para la futura siembra, deben ser colocadas al lado de sus respectivas raíces, para una posterior evaluación verificando la ausencia de síntomas de la enfermedad.
3. Como un método de manejo integrado de plagas, se debe realizar desinfestación de las herramientas con detergente o cloro.
4. Las plantaciones de yuca que estén muy afectadas (con niveles superiores al 10%) deberán incinerarse incluyendo la parte aérea. Se deben eliminar los residuos de cosecha particularmente los tallos que puedan rebrotar. La limpieza de los campos afectados es muy importante para su finca y las de sus vecinos. Por ningún motivo se deben usar estacas de estas plantaciones.
5. Atienda las recomendaciones de sanidad vegetal. Es necesario fortalecer los sistemas de vigilancia fitosanitaria y de cuarentena para impedir el ingreso o movilización, dentro del territorio nacional, de materiales vegetativos procedentes de áreas afectadas por la enfermedad.

http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/Cuero_de_sapo.pdf

2.16.4.- Pudriciones radicales posteriores a la cosecha (efectos fisiológicos y o patógenos).

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



Fig. # 33.- Deterioro de raíces posterior a la cosecha: a) deterioración fisiológica(izquierda) y deterioro microbial (derecha); b) pudrición radical interna posterior a la cosecha (izquierda) comparado con una sin deterioro.

Control

Evite almacenar las raíces de yuca. La poda de las plantas dos a tres semanas antes de la cosecha, permite almacenarlas por un tiempo prolongado, pero se debe evitar los rebrotes (Lozano J. C., 1981)

2.17.- MALEZAS EN EL CULTIVO DE YUCA

Es muy importante el control de malezas en el cultivo de yuca, tanto para la producción de materiales genéticos de alto rendimiento, como en la integración en los diseños de paquetes tecnológicos.

Este problema es de tal magnitud que a veces representa 30 % o más de los costos de producción. Este valor en la producción campesina, no es muy evidenciado, debido a la forma como se lleva la explotación de este rubro, capitalizado por el trabajo del agricultor y su núcleo familiar; pero en las explotaciones comerciales, las malezas y su control representan un incremento sustancial en los costos de producción.

<http://www.fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fd59/yuca2.html>

En el cultivo de la yuca gran número de malezas han sido identificadas como causantes de problemas en diferentes países; tal es el caso de la *Ageratum conyzoides*, una maleza de hoja ancha anual, es la especie que se encuentra con mayor frecuencia en los cultivos de yuca.



Fig. # 34.- Ageratum conyzoides, maleza de hoja ancha encontrada con mayor frecuencia en cultivos de yuca.

Otras malezas de hoja ancha de especial importancia son: *Amaranthus spinosus*, *Tridax procumbens*, especie que puede ser anual o perenne y *Euphorbia heterophylla*.

Dentro de las malezas de hoja angosta la *Cyperus rotundus* L. (coquillo morado) es un grave problema a nivel mundial. Las malezas de hoja angosta causan también pérdidas, entre ellas especialmente *Eleusine indica*. Otras son: *Digitaria adscendens*, *Dactyloctenium aegyptium* y *Echinochloa colonum*. Otras malezas frecuentes en este cultivo son: *Bidens pilosa*, *Euphorbia hirta*, *Mimosa pudica* y *Physalis angulata*.



Fig. # 35.- La *Cyperus rotundus* L. (coquillo morado) es una Maleza de hoja angosta que representa un grave problema a nivel mundial en las plantaciones de yuca.

2.17.1.- Competencia de las malezas con el cultivo

Los rendimientos del cultivo de la yuca se pueden aumentar significativamente eliminando la competencia de las malezas durante los estados iniciales del crecimiento del cultivo. En condiciones óptimas el follaje de la yuca tarda de 3 a 4 meses en cerrar, y en condiciones desfavorables hasta 6 meses; es necesario, por lo tanto, controlar las malezas hasta que el cultivo haya cerrado.

Las malezas en el cultivo de la yuca, al igual que en los otros cultivo, compiten por el agua, los nutrimentos y la luz, lo que se traduce en bajos rendimientos.

2.17.2.- Pérdidas causadas por las malezas

Las malezas, al competir, además de causar una reducción de los rendimientos, ocasionan otros tipos de daños en la producción yuquera, como los siguientes:

1. Demeritan la calidad de las raíces, ej. los rizomas de *Cyperus rotundus* pueden perforar las raíces de la yuca, debido a lo cual los tubérculos no tienen una buena aceptación en el mercado.
2. Dificultan las actividades agrícolas. Las especies del género Ipomea, por ej., se enredan en las plantas de yuca, dificultando la aplicación de insecticidas y fungicidas, e inclusive la cosecha; un deshierbe oportuno evita este tipo de daño.
3. Aumentan los costos de producción.

2.17.3.- Época crítica de competencia

Se ha demostrado que la época crítica de competencia de las malezas con los cultivos es el primer tercio o la inicial cuarta parte de su ciclo de vida; por lo tanto, si se mantienen libres de malezas durante este periodo se obtienen máximos rendimientos (CIAT, 1979)

En el cultivo de yuca, el período crítico de competencia con las malezas, va desde la siembra hasta los tres meses. Se recomienda aplicar herbicidas preemergentes que tengan efecto selectivo como diuron (Karmex) o el linuron (Afolon).

<http://www.mag.go.cr/tecnologia/tec-yuca.htm>

Si no se controlan las malezas, los rendimientos pueden disminuir en un 50%, mientras que con un mínimo de labor la yuca puede sobrevivir, competir y producir buenas cosechas. Se aconseja controlar las malezas durante los primeros meses del cultivo.

Se considera que el deshierbe representa más del 45% de los costos de producción, que en su mayoría corresponden a mano de obra. En zonas donde esta es escasa y cara, una solución es aplicar herbicidas. Se aconseja para monocultivo de yuca aplicar 1 Kg de diuron y en asociación (yuca y otros cultivos) ½ Kg de diuron. También puede aplicarse un quemante (Gramoxone) en postemergencia dirigido, utilizando pantallas protectoras. Sin embargo, hay muchas ventajas por la deshierba manual, en cuanto a seguridad del trabajador y falta de residuos químicos.

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/YUCA.pdf

2.17.4.- Métodos de control de las malezas

Las malezas se pueden controlar mediante varios métodos: el cultural, el mecánico y el químico. Es básico que el control de las malezas sea oportuno, económico y fácil de realizar.

2.17.4.1.- Control cultural

El control cultural incluye todas aquellas prácticas agrícolas que, manejadas efectivamente, aseguran el desarrollo de un cultivo vigoroso que pueda competir favorablemente con las malezas. Estas prácticas culturales directa o indirectamente ayudan a controlar las malezas; entre ellas se encuentran:

- Buena preparación del terreno.
- Densidad de siembra adecuada.
- Época y sistema de aplicación de fertilizantes.
- Uso de variedades adaptadas.
- Control de plagas y enfermedades.

2.17.4.2.- Control mecánico

El control mecánico es la utilización de herramientas manuales y de accesorios tirados por animales o por un tractor, que rompen el contacto de las malezas con el suelo causando así su secamiento, o muerte al enterrarlas.

2.17.4.3.- Control Integrado

La yuca es uno de los cultivos para los cuales se hace más necesaria la integración de los métodos de control de las malezas, dado su lento crecimiento inicial que permite el desarrollo vigoroso de las malezas (CIAT, 1979).

2.17.4.4.- Control químico

El control químico es el uso de sustancias químicas (herbicidas) capaces de destruir las malas hierbas ya sea en forma total o parcial sin causar daño a las plantas cultivadas.

Hasta el momento en América Latina no se han usado en gran escala los herbicidas en el cultivo de la yuca, en comparación con su uso en otros cultivos. Esto se ha debido en parte al desconocimiento del margen de selectividad y eficacia de los herbicidas en este cultivo.

2.17.5.- Selectividad de los herbicidas preemergentes y de presiembra incorporados.

Existen varios trabajos, la mayor parte de los cuales se han realizado en América Latina, sobre la selectividad de los herbicidas:

- a) Fundación Shell (1969) Trabajos realizados en Venezuela, recomienda **fluometuron** como herbicida eficaz en yuca, por haberse destacado entre numerosos productos ensayados, tanto por los buenos resultados en el control de las malas hierbas como por su selectividad al cultivo.
- b) Coelho et al. (1971) Trabajos realizados por estos investigadores, con diversos herbicidas del grupo de las ureas sustituidas indicaron que con el **fluometuron** se presentó fitotoxicidad inicial en la yuca, pero el cultivo se recuperó con facilidad; los mejores resultados se obtuvieron con linuron, diuron y metobromuro.
- c) Díaz y Arismendi (1973) obtuvieron los más altos rendimientos de raíces de yuca aplicando **fluometuron** y **ametrina**.

- d) Pinto da Cunha et al. (1974) al usar atrazina, ametrina, simazina y diuron, encontraron que atrazina no fue selectiva a la yuca, ametrina y simazina fueron medianamente selectivas, y diuron fue selectivo.

Una de las malezas más difíciles de combatir en el trópico es el coquito (*Cyperus rotundus*); lo controla en yuca el **butilate**, un herbicida clasificado como medianamente selectivo, y que debe ser incorporado al suelo inmediatamente después de aplicado debido a su alta volatilidad.

Los resultados anteriores indican que en algunos casos existe desacuerdo respecto a la selectividad de los herbicidas en el cultivo de la yuca, lo cual afirma que la selectividad de los herbicidas es relativa porque depende no solamente del herbicida en sí, sino también de la dosis, la época de aplicación, el tipo de suelo y las condiciones ambientales.

2.18.- COSECHA

Para extraer almidón, elaborar harina o fabricar casabe es necesario que las plantaciones lleguen a su madurez total. Si las raíces son extraídas con mucha anticipación, son abundantes en látex y no se puede consumir.

Para uso familiar, en la finca, se recomienda hacer una cosecha escalonada, pues las raíces de yuca no se conservan bien al ambiente. A pesar de que las raíces muy viejas se lignifican y son muy inapropiadas para el consumo directo, pueden servir para la preparación de harina.

Para la industrialización del almidón se cosecha de 14 a 24 meses, y algunas veces, cuando el mercado está saturado, a los 2 ó 3 años de ciclo. Lo

que determina la época de cosecha industrial de la yuca es la madurez de la planta.

La madurez industrial se determina por:

- a) Alto rendimiento en raíces reservantes por planta.
- b) Alto contenido en almidón.
- c) Y el almidón con un máximo diámetro de los granos, para lograr una fácil decantación en la industria (Montaldo A., 1991).

La edad para cosechar es variable y depende de la variedad y la zona aunque el promedio es 10 meses, esto va a depender de el uso final que se le de a la raíz.

En las zonas de cultivo y en siembras con propósito de exportación, es muy recomendable cosechar a los diez meses, ya que la yuca a esa edad alcanza el grado de exportación (raíces con 40 cm de largo, con grosor entre 8 y 10 cm de diámetro).

Asimismo, se recomienda llevar el producto a la planta exportadora el mismo día de la cosecha.

<http://www.mag.go.cr/tecnologia/tec-yuca.htm>

2.18.1.- Formas de cosechar las raíces

La cosecha puede hacerse de forma manual (tradicional) o semimecanizada, dependiendo del sistema de producción: familiar e industrial, y de la disponibilidad de recursos económicos.

La forma tradicional de cosechar es arrancar las raíces, tarea que resulta fácil en suelos arenosos y ligeros, y difícil en los de textura pesada. Antes de

cosechar se cortan los tallos con machete a 15 cm del suelo, a veces es necesario hacer un descalce de la tierra junto al cuello de la planta.

Una semimecanización de la cosecha consiste en abrir con arado surcos a ambos costados del camellón, para aflojar la tierra, pero antes es muy conveniente cortar y retirar del terreno parte del follaje.

Este sistema tiene la ventaja de aumentar el porcentaje de raíces aptas para la exportación, ya que cuando la cosecha se realiza manualmente cerca de 60 % de las raíces se quiebran, por lo que no califican para ser exportadas.



Fig. # 36.- Rotativa para eliminar follaje de yuca y malezas antes de la cosecha mecanizada.



Fig. # 37.- Mecanización en la cosecha de la yuca

<http://www.ciat.cgiar.org/yuca/mecanizacion.htm#top>



Fig. # 38.-Cosechadora de yuca para cultivos industriales.

2.19.- MANEJO DE POSTCOSECHA DE LA YUCA

2.19.1.- Labores postcosecha

2.19.1.1.- Limpieza

Se deben eliminar especialmente los residuos de cosechas, hojas, impurezas, etc.

2.19.1.2.- Clasificación

Existen índices de clasificación en función con el largo de la raíz, deben descartarse las raíces que poseen demasiada formación fibrilar.

2.19.1.3.- Procesamiento postcosecha

Las raíces de yuca por su alto contenido de humedad (68 – 70 %), requieren de un tratamiento previo al almacenamiento, para evitar o reducir las posibilidades de deterioro debido a la transformación de almidones en azúcares y el ataque de patógenos. Las raíces antes de almacenarlas, se deben lavar y exponerlas al sol o corrientes de aire que permitan eliminar el agua externa. El almacenamiento en fresco, no debe prolongarse por periodos mayores de 12 días, ya que el deterioro físico y nutricional es alto. Si es requerido mayor tiempo de almacenamiento se debe deshidratar, para ello es necesario cortar la raíz para aumentar la superficie de contacto y facilitar el secado.

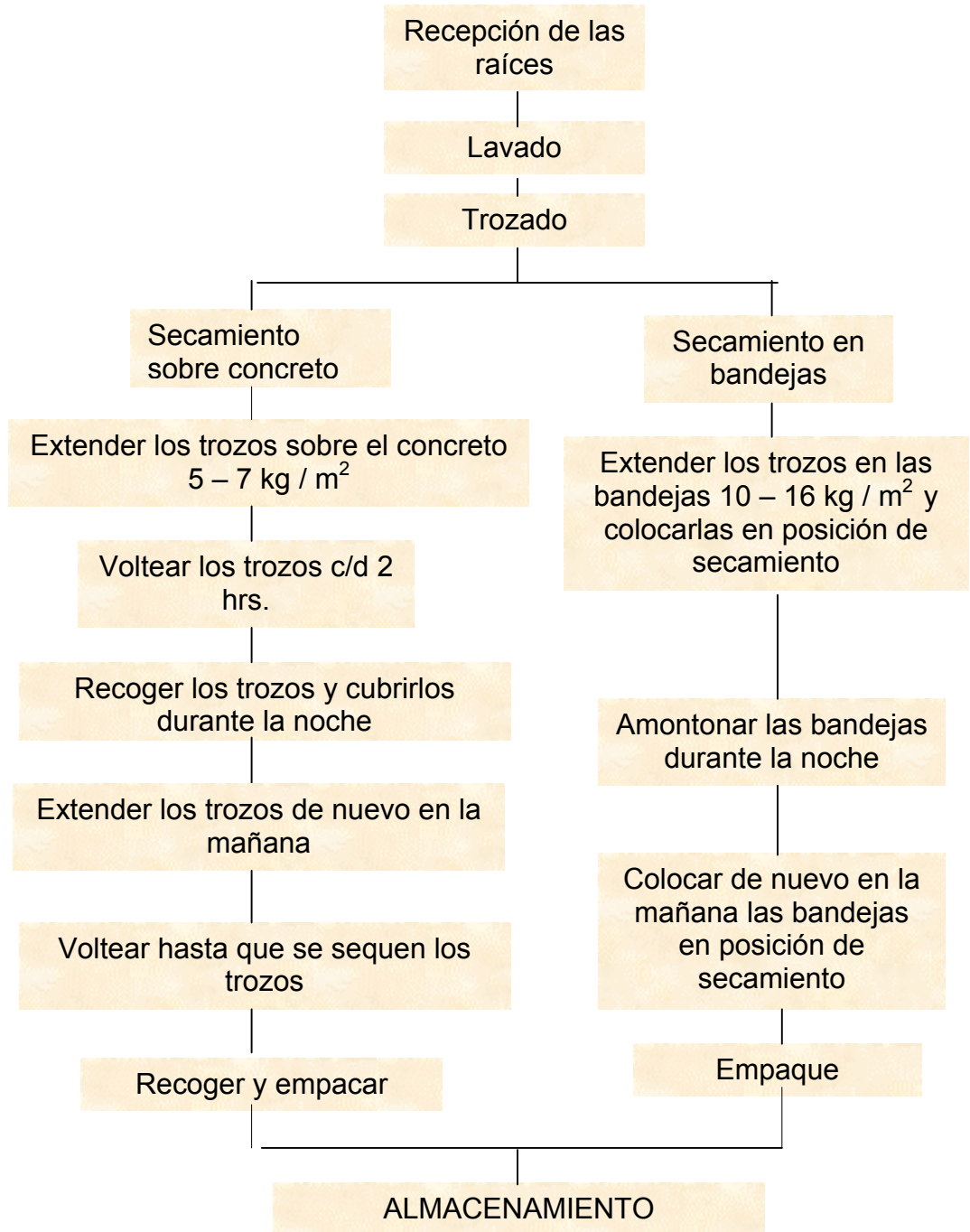


Diagrama # 2.- Proceso de secado de la raíz de yuca.

Fuente: Best, R., 1980 (Citado por Montaldo A., 1991)

El material cortado se puede deshidratar en forma natural colocándolo en patios, con piso liso de concreto a razón de 13 kg por metro cuadrado y debe voltearse cada media hora o de ser posible con mayor frecuencia, para permitir que la pérdida de agua sea rápida, el volteado se realiza con pala de ganchos y cabo largo (similar a la utilizada para voltear café), separados los ganchos entre 10 y 15 cm. La raíz cortada y expuesta al sol en condiciones normales debe deshidratarse en 48 a 72 horas. Es conveniente evaluar las condiciones de secado antes del almacenamiento, el material debe contener entre 84 y 88% de materia seca, en forma práctica se puede determinar, cuando al tratar de doblarlo se parte con un sonido característico (González *et al.*, 1995). Para industrializar la raíz, el proceso debe combinarse: deshidratado al sol por un período aproximado de 5 horas y luego hacerlo pasar 1 vez por un túnel de deshidratado. En este sentido, Tobar (1997) reporta que se puede lograr la deshidratación inicial con radiación solar bajando el contenido de humedad de 65 – 70 % a 30 – 35 % y luego un deshidratado industrial que baje la humedad a 12 – 13 %.

La raíz deshidratada debe almacenarse sin moler, en sacos de fique o nylon que permitan una buena aireación y ubicarlos en locales ventilados y de baja humedad, donde puede permanecer por un tiempo relativamente largo, de acuerdo a las características del local.

<http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.401A0A04-1E12-4461-814141128F84460E/>

2.19.2.- Almacenamiento

Los tubérculos de yuca son altamente perecederos pero se pueden conservar por periodos relativamente largos bajo refrigeración. Con temperaturas entre 5.5 y 7.0 ° C y humedad relativa entre 85 y 90 % el producto se mantiene entre 1 y 2 semanas.

Para exportar, el uso de gas nitrógeno en las bolsas plásticas en que se empaca el producto, ha dado muy buenos resultados durante el almacenamiento.

http://www.proexant.org.ec/HT_Yuca.html

2.20.- USOS DE LA YUCA

Las raíces de la yuca, son la principal parte comestible de esta planta, aunque su follaje se aprovecha para alimentación animal en algunas zonas y, en África, se utiliza como verdura fresca para consumo humano.

Este producto (raíces tuberosas) se distribuye en cuatro mercados según los usos principales del mismo: como raíz fresca y procesada para consumo humano, como insumo en la industria alimenticia, como materia prima en la industria productora de alimentos balanceados para animales y como producto intermedio en la industria no alimenticia.

2.20.1.- Usos industriales de la raíz de yuca

El producto industrial más importante elaborado con base en yuca es el almidón, que se usa en las industrias alimenticia y textil (pegamentos, bases de tintas y pinturas, entre otros usos) y en la fabricación de papeles y adhesivos, aunque también tiene potencial en la producción de dextrosa y múltiples derivados, sin contar con su potencial para producir alcohol, como se ha hecho en Brasil para sustituir petróleo.

<http://www.cci.org.co/publicaciones/Perfil%20de%20producto/perfilyuca6.htm>

2.20.2.- Usos del follaje y tallos de yuca

Es posible obtener de la yuca más de 6 toneladas por hectárea al año de proteína bruta cuando se siguen prácticas agronómicas apropiadas destinadas a cosechar el follaje. La inclusión de un 35% de harina de hoja y tallos de yuca en los concentrados para las vacas lecheras ha dado buenos resultados. Los arbustos de yuca pueden cortarse como forraje cuando tienen de 3 a 4 meses de edad. Se cortan a 40 cm del suelo y se pican en trocitos pequeños a mano, o en una picadora de forraje fija. El forraje se ha utilizado para suministrar proteína derivada a los rumiantes, a los que se da urea y melaza. La sustitución con harina de hoja de yuca de una cantidad tan pequeña como el 5% de harina de alfalfa disminuye marcadamente las ganancias de peso de los pollos para asar.

2.20.2.1.- Ensilaje de la planta de yuca

La planta entera de yuca (incluidas la raíz y la parte aérea) puede picarse y ensilarse en sencillos silos de fosa para la alimentación durante la temporada seca a nivel de aldea. Se necesita equipo simple tanto para cosechar como para preparar el ensilaje. El ensilaje es un pienso bastante bien equilibrado para los rumiantes.

2.20.3.- Orujo de yuca

Con frecuencia llamado harina de yuca, el orujo es el residuo de la extracción del almidón de las raíces de yuca. Las raíces de yuca dan aproximadamente igual cantidad de almidón y de orujo, que tienen menos valor que la harina de raíz de yuca, pero pueden incluirse en las raciones para el ganado bovino. El almidón y el orujo se emplean mucho para los cerdos en el

sudeste de Asia, donde se consideran como un pienso valioso. Se ha utilizado en las raciones para las aves de corral hasta un 10%.

<http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/Data/555.H>
TM

2.21.- COMERCIALIZACIÓN DE LA YUCA

2.21.1.- Yuca para consumo humano

Una alternativa para estimular el consumo es difundir, a nivel nacional e internacional, presentaciones como la yuca congelada, en croqueta prefrita, reconociendo las tendencias de consumo de los hogares en los cuales el menor tiempo de cocción es un factor de demanda por parte de los consumidores. La yuca prefrita también puede convertirse en una alternativa a la papa ofrecida por las cadenas de comida rápida. En el ámbito internacional, la demanda de esta presentación se encuentra en crecimiento dado que la población de origen latino y su capacidad de consumo han aumentado en los últimos años en los países desarrollados, y con ellos el interés de comercializadores por productos étnicos. Algunas ventas de yuca prefrita se han realizado en Venezuela y Estados Unidos.

El almidón agrio se utiliza en la producción de almojábanas, pan de queso, buñuelos, etc., y es una producción informal, dispersa y de bajas escalas. Por el contrario, las posibilidades de usos del almidón dulce son numerosas, en particular en la producción de edulcorantes y de jarabes con altos contenidos de fructosa, y en la producción de sorbitol, glutamato monosódico, aminoácidos, ácidos orgánicos y levaduras como resultado de la fermentación de la glucosa.

2.21.2.- Yuca para alimentación animal

Si bien las raíces frescas para alimentación animal constituyen el segundo uso más importante de la yuca (su uso es ilimitado en rumiantes, parcial en cerdos e inadecuado para aves por su contenido de humedad), la producción de mezclas balanceadas es la opción más atractiva del mercado.

No obstante lo anterior, los altos costos de producción, la baja productividad del cultivo, los precios de la yuca para consumo humano y los precios ofrecidos por la industria procesadora, referenciados por el principal producto sustituto, el maíz importado, constituyen obstáculos para la consolidación de un cultivo de yuca destinado al sector procesador. Lo anterior puede superarse en la medida en que se incremente la productividad de los cultivos difundiendo variedades mejoradas e innovando en las técnicas de cultivo.

<http://www.cci.org.co/publicaciones/Perfil%20de%20producto/perfilyuca6.htm>

2.22.- INDUSTRIALIZACIÓN

La yuca se utiliza tanto en la alimentación humana y animal, en forma fresca y procesada. Más adelante se presenta un listado de las posibles presentaciones en las que se puede transformar la yuca, esta información sirve de base para la diversificación del procesamiento que hasta ahora se ha aplicado a este cultivo.

2.22.1.- Productos derivados de la yuca

Listado de productos derivados:

- a) Raíces frescas para consumo humano (cocidas en agua con algún endulzante).
- b) Raíces frescas para consumo animal.
- c) Productos fritos.
- d) Productos deshidratados: Tradicionales
- e) Hojuelas
- f) Harina:
 - Para alimento animal (alimentos concentrados).
 - Para industrias alimentarias: Panaderías, galletas, bases para sopas, carnes procesadas, pastas, bases de bebidas.
- g) Almidón:
 - para consumo humano.
 - para industria papelera, etc.
- h) Productos fermentados: raíces enteras almidón agrio.
- i) Productos congelados: trozos, puré.
- j) Productos empacados al vacío: trozos semicocidos y esterilizados.
- k) Productos derivado del proceso industrial: corteza, fibra.

2.22.2.- Proceso de elaboración de la harina de yuca

Una forma de preservar la yuca fresca es picarla, secarla y molerla para ser incorporada en los alimentos concentrados para aves, camarones, cerdo y ganado lechero. También la harina de yuca se puede utilizar para la industria de alimentos.

El potencial de mercado de la harina de yuca para uso de productos alimenticios diferentes al pan ha creado la necesidad de evaluar sistemas para producir harinas en el nivel de la planta de procesamiento de las raíces.

La yuca puede convertirse en una harina de alta calidad para utilizarse como sustituto de la harina de trigo, maíz y arroz entre otros. En formulaciones de alimentos tales como pan, pasta, mezclas, etc. como lo muestra la tabla # 15.

También se puede utilizar la yuca para la producción como espesante y extensor de sopas deshidratadas, condimentos, papilla para bebé y dulces.

Tabla # 17.- Alimentos en los que se puede utilizar la harina de yuca.

Alimento	Materia prima sustituida	Nivel de sustitución	Ventajas de la harina de yuca
Galletas	Harinas de trigo	10%	Más crocante
Carnes procesadas	Harina de trigo Almidón agrio de yuca	100%	Mejor absorción de agua
Pan	Harina de trigo Almidón agrio de yuca	3-20%	Menor costo, mejor sabor
Condimentos	Harina de trigo Harina de maíz	50 - 100%	Menor costo
Pastas de bajo costo	Harina de arroz, Harina de maíz	20-35%	Menor costo
Dulces de leche y frutas	Harina de arroz, almidón de maíz	50-100%	Más brillante, mejor sabor

2.22.2.1.- Pesada de las raíces frescas

El peso antes y después del secado permite establecer parámetros de rendimiento, tanto para las diferentes variedades como para el proceso mismo. También es posible evaluar diferencias en rendimiento en una misma variedad

durante el proceso de secado, mediante el peso de los diferentes lotes de yuca.

2.22.2.2.- Lavado

Si las raíces tienen tierra adherida, el producto final resultará con alto contenido de cenizas, especialmente de sílice, que reduce de manera notoria su calidad. Generalmente esto ocurre durante épocas lluviosas y en suelos pesados, en ese caso hay que lavarlas. Además esta operación permite detectar la presencia de pudriciones, piedras, etc. que podrían afectar la calidad del producto final.

2.22.2.3.- Pelado de las raíces

La eliminación de la cáscara se hace si se va a elaborar harina blanca, si se desea integral no se pela. El pelado puede hacerse con equipos abrasivos o bien manualmente con cuchillos.

2.22.2.4.- Troceado o corte de las raíces

Para que las raíces se sequen más rápidamente es necesario aumentar la superficie expuesta al aire caliente. Esto se logra al cortarlas en trozos pequeños y uniformes, labor que se realiza con una máquina picadora tipo tailandés. Según el tipo de disco, así será la característica del trozo. También puede hacerse en forma manual.

2.22.2.5.- Secado

El secado de las raíces se realiza mediante métodos naturales o artificiales, los cuales difieren no sólo en las tecnologías empleadas sino también en sus costos. El secado natural aprovecha la energía solar, hecho que restringe su uso a las épocas del año en que no hay lluvias, mientras que el

secado artificial se utilizan otras fuentes de energía, tales como los combustibles fósiles (petróleo, carbón, y gas) y los residuos agrícolas (bagazo de caña, tocones de yuca, cáscara de arroz, etc.) En algunos casos se pueden combinar los dos sistemas para hacer más rentable la agroindustria.

La literatura reporta que el sistema quemador intercambiador operado con carbón es el que presenta los menores costos de operación (gas, diesel y gas propano). El secado se realiza aproximadamente en 10 a 12 horas con aire a 60°C a razón de 100m³ /min / t, y una densidad de carga de 200 kg de yuca fresca / m² y un consumo de carbón de 450 kg / T de producto.

Cuando los trozos crujen al partirlos, se quiebran con facilidad al presionarlos entre los dedos y marcan como si fuera una tiza, han alcanzado un nivel de humedad entre 12 y 14%, señalando el final del proceso. Lo mejor es realizar análisis de humedad para garantizar la calidad y estabilidad del producto final.

2.22.2.6.- Molienda

El transporte de yuca seca a lugares distantes es costoso debido al poco peso por unidad de volumen, lo cual hace conveniente moler los trozos y empacar la harina resultante en sacos de polietileno. Esa molienda se hace en molinos de martillos, al cual se le acondicionan filtros de tela para recoger el polvo fino que resulta del proceso.

2.22.2.7.- Empaque

La harina se almacena en sacos de polipropileno, papel y algodón y pueden tener una vida útil de hasta ocho semanas a una temperatura de 28°C y 69% de humedad relativa en promedio.

2.22.2.8.- Almacenamiento

Es importante que la bodega disponga de buena ventilación, baja humedad y limpieza adecuada. Los bultos se apilan sobre estibas o bases de madera, dejando corredores para que haya circulación del aire. En condiciones de alta humedad en el ambiente hay peligro de reabsorción de agua que favorecerá el crecimiento de hongos y la producción de toxinas que impiden posteriormente el uso del producto para la alimentación cualquier tipo de alimento. La yuca seca puede ser atacada por alrededor de 40 insectos, principalmente del orden de los coleópteros, aunque sólo se consideran importantes aquellos que pueden reproducirse en ella.

2.22.2.9.- Control de Calidad

Las normas de calidad para la yuca seca, fijada hasta el momento por parte de las empresas compradoras, son las siguientes las que se listan en la siguiente tabla:

Tabla # 18.- Normas de calidad establecidas para la yuca seca.

Humedad	Entre 12 y 14% máximo
Fibra	4% máximo
Ceniza	5% máximo
Aflatoxinas	Ausentes

Asimismo, el producto debe estar en buenas condiciones, es decir, sin olor a fermento y sin contaminaciones (libres de piedras y otras basuras).

http://www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo_Agroid/documentospdf/Yuca_FTP.pdf

2.23.- MEJORAMIENTO GENÉTICO

2.23.1.- Métodos de mejoramiento en yuca

Mejoramiento asexual

La selección clonal es el primer método aplicado al mejoramiento de la yuca. Consiste en la reproducción vegetativa de un cultivar, que lo mantiene libre de impurezas (mezclas de cultivares o mutaciones) y si se da un tratamiento a las estacas (productos químicos), puede librarse de algunas enfermedades.

Mejoramiento sexual

Por autofecundaciones. Las dificultades para obtener líneas de yuca endocriadas son: la diferencia en aparecer la flor femenina y masculina de la misma planta y la reducción de vigor que produce una disminución de floración.

Abraham (1970), considera que el cruzamiento de líneas endocriadas es el mejor método de mejoramiento en la yuca.

Cruzamientos (cruzamientos intervarietales)

Este puede provenir de polinización abierta o al azar, o de polinización controlada. En la polinización artificial controlada el porcentaje de éxito no es superior al 40 %.

Cruzamientos polivarietales

Abraudeau (1962), sugiere el método de policruzamientos, en que cada cultivar que intervenga reciba, en lo posible, polen de todos los otros cultivares que se establezcan en el campo.

Cruzamientos interespecíficos

Koch (1934), hizo uno de los primeros trabajos, en Indonesia, al cruzar *Manihot esculenta* con *Manihot glaziovii* y *Manihot dichotoma*.

Este tipo de cruzamientos ha sido utilizado 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.

Producción de poliploides

Abraham (1964), logra producción de poliploides en yuca por el tratamiento de los brotes axilares con colchicina al 1 %. Algunos tetraploides se mostraron de un aspecto muy promisorio, no así en las subsiguientes pruebas de rendimiento, en que fueron inferiores a los diploides.

Se ha intentado mejorar el cultivo con métodos convencionales pero los resultados han sido muy escasos. El progreso se ha revelado lento, debido a la compleja composición genética de la mandioca que hace difícil su desarrollo eficaz. La FAO afirma que las nuevas herramientas como la biología molecular avanzada y la biotecnología pueden invertir esta situación, ofreciendo nuevos enfoques para la mejora de la mandioca. Las nuevas tecnologías tienen el potencial para conseguir que la mandioca sea más productiva, más nutritiva y su cultivo más satisfactorio.

La Asociación Mundial para el Mejoramiento Genético de la Mandioca fomentará y utilizará biotecnologías avanzadas, como la de los genomas, para incorporar al cultivo destinado a la siembra los rasgos deseados, entre ellos mayor resistencia a las plagas y enfermedades, modificación de la calidad del almidón para su mejor comercialización, y niveles enriquecidos de proteínas y micronutrientes para hacer más nutritiva la mandioca, dice Eric Kueneman, Jefe del Servicio de Cultivos y Pastos de la FAO.

La Asociación Mundial para el Mejoramiento Genético de la Mandioca fue concebida en el curso de una reunión de los treinta líderes mundiales de la investigación sobre este cultivo, celebrada en octubre en el Rockefeller Foundation Conference Center. Las instituciones fundadoras son: FAO, Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola Internacional, Fida; Centro Rockefeller; Centro Internacional de Agricultura Tropical, Ciat; Instituto Internacional de Agricultura Tropical, IITA; Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria, Embrapa; Centro de Ciencias de las Plantas Donald Danforth, Iltab; Instituto Federal Suizo de Tecnología, ETH; Organización Nacional de Investigación Agraria de Uganda; Instituto Central de Investigación de Cultivos de Raíces de India; Organismo Internacional de Energía Atómica Departamento conjunto FAO/Oiea; Organismo Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología de Nigeria; Instituto de Investigación para los Cultivos de Legumbres y Tubérculos de Indonesia; Universidad de Bath, de Reino Unido, y el Programa de Mejoramiento Genético de Raíces y Tubérculos de Ghana.

<http://www.encolombia.com/veterinaria/fenavi9303actualidad4.htm>

Diversas entidades fundaron la Asociación Mundial para el Mejoramiento Genético de la Yuca que pretende fomentar la utilización de tecnologías avanzadas para mejorar su rendimiento y valor nutritivo y para diversificar sus usos.

"La biotecnología puede contribuir a la mejora genética de muchos cultivos y eso es particularmente cierto en el caso de la yuca mandioca porque su mejoramiento tiene algunas complicaciones que lo hacen relativamente ineficiente comparada por ejemplo, con el maíz.

<http://www.radiouniversidad.org/secciones/reportajes/yuca.html>

El CIAT ha estado haciendo investigación en mejoramiento de la yuca desde mediados de los años 70. Algunos criterios de selección empleados por los mejoradores, como el potencial de rendimiento y el contenido de materia seca, se aplican en los diversos ecosistemas en que se cultiva la yuca. Otros, como la resistencia a enfermedades y a plagas específicas, son propios de un ecosistema dado. La colección general de yuca, dada en fideicomiso por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT (URG), contiene 6, 000 clones; sin embargo, el trabajo de selección que hacen los Fitomejoradores del CIAT se centra en un subconjunto más pequeño pero representativo de esa colección, denominada "colección básica".

2.23.1.- Algunos logros importantes del CIAT

Algunos logros importantes del trabajo corporativo de fitomejoramiento de yuca que hace el CIAT:

- El desarrollo de líneas de yuca de alto rendimiento, especialmente adaptadas a usos industriales como la producción de almidón.
- La identificación de fuentes de resistencia a diferentes razas de la bacteriosis común.

- La identificación de genotipos de buena resistencia a diversos patógenos de la pudrición de la raíz, los cuales se cruzaron para combinar los genes de resistencia o para "acumularlos en pirámide".
- El hallazgo de resistencia a la mosca blanca en algunas líneas de yuca y la combinación que se hace de ésta con caracteres agronómicos deseables.
- La estabilidad que han logrado en muchos sitios las fuentes de resistencia al ácaro verde.
- Los análisis de raíces y de hojas de yuca para determinar el contenido de micronutrientes han indicado que hay buen potencial en la yuca para aumentar los niveles de vitaminas y minerales en las raíces y en las hojas.
- Los genotipos que fueron seleccionados porque sus raíces duraron más en almacenamiento y los cruzamientos a que están siendo sometidos éstos en el programa de fitomejoramiento.

Muchos caracteres agronómicos importantes de una variedad o línea mejorada de yuca tendrán un comportamiento en el campo que variará de un agroecosistema a otro. Es importante entonces que los productores o los investigadores que solicitan materiales mejorados de yuca envíen al CIAT información específica acerca de la producción que desean obtener o acerca del medio ambiente en que ensayará la yuca. Asimismo, las solicitudes deben indicar el uso que se quiere dar a la yuca —por ejemplo, para consumo humano directo como raíces frescas, para obtener almidón industrial o para elaborar trozos para la alimentación de los animales. Estos factores tienen una influencia decisiva en la selección de variedades apropiadas.

http://www.ciat.cgiar.org/improved_germplasm/germoplasma/yuca.htm

2.23.1.1.- Descripción de algunos aspectos notables de la investigación en yuca en el 2002

Variedad de Yuca Resistente a la Mosca Blanca

La resistencia de la planta hospedante (RPH) constituye una tecnología eficaz, de bajo costo, que es fácil de emplear para controlar plagas severas en la yuca, como es el caso de la mosca blanca. Se han identificado varias fuentes de resistencia a la mosca blanca en yuca y se están desarrollando híbridos de yuca de alto rendimiento, resistentes a esta plaga. El híbrido CG 489-31 (Código de Mejoramiento del CIAT) fue oficialmente liberado por CORPOICA en noviembre de 2002 bajo el nombre Nataima – 31. Esta variedad se desarrolló en un período de 15 años, en un esfuerzo colaborativo de CIAT-CORPOICA (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR –). Nataima-31 brinda a los productores de yuca, especialmente a los pequeños agricultores, una variedad de alta calidad y altos rendimientos que requerirá poco o ningún uso de plaguicidas. Nataima-31 tiene también niveles moderados de resistencia a tisanóptaros y ácaros. Ésta puede ser la primera variedad de un cultivo alimenticio que es liberada con resistencia a la mosca blanca.

Mejoramiento para Proteína en las Raíces

Una evaluación extensa de 600 genotipos de yuca respecto a su contenido de micronutrientes en las raíces y hojas arrojó información útil sobre la variación genética en las propiedades nutricionales de diferentes tejidos de la yuca. El hallazgo de varios genotipos con niveles de proteína radical por encima de 5% fue muy pertinente. Aunque estos resultados son aún preliminares, fue muy interesante observar que muchos de estos genotipos eran originarios de Meso – América, en particular de Guatemala, lo que indicaría que puede haberse presentado una introgresión de parientes silvestres de *Manihot esculenta* que crecen en esa región. En consecuencia, actualmente se está

haciendo un esfuerzo por recuperar accesiones de esta región que permitan confirmar este resultado.

<http://www.ciat.cgiar.org/yuca/resultados.htm#marcadoresgeneticos>

2.23.2.- Recursos genéticos

El banco de germoplasma de yuca del CIAT consta de 6,000 clones que comprenden razas nativas de América Latina y de Asia, clones elite seleccionados por el CIAT y por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), situado en Nigeria, y varias especies silvestres de *Manihot*. Estos materiales se almacenan como plántulas in vitro, que son de crecimiento lento. De cada accesión se conservan cinco plántulas en tubos de ensayo, que servirán para diversas finalidades, entre otras la conservación a largo plazo, la distribución para atender los pedidos de germoplasma, las copias de seguridad y la provisión de duplicados para conservar el germoplasma en el país de origen. Parte del germoplasma de yuca se conserva también como semilla.

El actual método in vitro da a las plántulas una duración efectiva de 12 a 14 meses solamente; contrasta con ella la viabilidad larga (de varias décadas) de las semillas congeladas. Pasado ese tiempo, hay que retirar tejidos de las plántulas más viejas y recultivarlos en un medio de cultivo fresco.

El CIAT está probando actualmente dos métodos alternativos para mejorar la conservación del germoplasma de yuca y la prolongación de su período de almacenamiento. El primero consiste en extender la vida de las plántulas in vitro empleando mejores técnicas de cultivo; por ejemplo, alterando el medio de cultivo utilizado en los tubos de ensayo. Esta opción puede duplicar, más o menos, el período de viabilidad de las plántulas de yuca.

La segunda opción es elaborar semillas "artificiales" y congelarlas. Los ápices de la parte aérea de la yuca (meristemas) son recubiertos con alginato de sodio y luego se hacen coagular en gotas diminutas, sumergiéndolos en una solución de cloruro de calcio. Después de reducir el contenido de agua de las gotas mediante un proceso que consta de dos pasos, éstas se almacenan en nitrógeno líquido. Este ambiente extremo de -196 °C detiene eficazmente toda actividad biológica. La técnica permite conservar la yuca durante 30 años o más sin otro mantenimiento que el seguimiento periódico. Además, es menos laboriosa que el cultivo in vitro, requiere menos espacio para el almacenamiento y permite duplicar la colección y transportarla hacia otros sitios fácilmente. Su desventaja principal es que el proceso de regeneración de plantas completas de yuca a partir de las gotas congeladas es mucho más difícil que partiendo de las plántulas mantenidas en tubos de ensayo y por ello el porcentaje de resultados exitosos es todavía bastante bajo.

El método estándar con que el agricultor propaga la yuca es plantando esquejes denominados estacas. Aunque las estacas tienen ventajas prácticas como medio de almacenamiento de germoplasma y como instrumento de propagación, son fuente de enfermedades de la planta y no se pueden transportar a través de las fronteras internacionales.

Tipos de material reproductivo: plántulas in vitro; semilla; meristemas criopreservados.

<http://www.ciat.cgiar.org/yuca/urg.htm>

III.- CONCLUSIONES

- La yuca es un cultivo perenne con alta producción de raíces reservantes, las cuales son fuente de carbohidratos, y su follaje utilizado en la elaboración de harinas, contiene un alto porcentaje de proteínas.
- La yuca es una planta monoica, ya que produce flores masculinas y femeninas en una misma planta.
- El Centro de Origen de la yuca es América Latina y El Caribe, donde se viene cultivando desde épocas prehistoricas y actualmente los cultivares de *Manihot esculenta* se encuentran distribuidos en las tierras bajas de los trópicos todo el mundo.
- Su adaptación a diversos ecosistemas, su potencial de producción y la versatilidad de sus mercados y usos finales, la han convertido en una base de la alimentación para la población rural de algunos países. La importancia de la yuca reviste en que es amortizador de la pobreza rural, pues ha demostrado su ventaja comparativa en zonas marginales donde, debido a que se adapta a condiciones extremas en comparación con otros cultivos alternativos, siendo la yuca uno de los más rentables.
- Trae muchas ventajas a los agricultores de bajos ingresos, ya que se da en suelos pobres o tierras marginales donde no se pueden producir otros cultivos, requiere de pocos fertilizantes y plaguicidas, además es un cultivo tolerante a la sequía estacional, ya que necesita poco agua.
- El cultivo se encuentra distribuido en cerca de 90 países tropicales y subtropicales, sus raíces ricas en almidón y sus hojas ricas en proteínas, alimentan alrededor de 5 millones de personas a nivel Mundial.

- De los 180 millones de toneladas de raíces frescas que se cosechan en el mundo, aproximadamente el 34 % es producida por América Latina y El Caribe.
- Ya que el ser humano compite por alimento (granos de cereales), con los animales que cría, esta planta representa una importante alternativa como buen sustituto de los granos que son utilizados para la industria productora de alimentos balanceados y esos granos sustituidos por la mandioca, bien pueden alimentar a una buena cantidad de personas.
- En México existen plantaciones comerciales en Morelos (< 200 has.), que son para cubrir el consumo de la ciudad de México. Y plantaciones comerciales (> 1000 has) para procesos industriales, localizadas en el área subtropical de Chiapas.
- Factores que limitan la producción para consumo humano en México, son de tipo cultural; para propósito industrial, se requiere de mejoramiento genético y mejores prácticas culturales.
- Otro factor limitante de su desarrollo (en expansión), es que las nuevas variedades generadas en los procesos de investigación no cuentan con material vegetativo suficiente para iniciar hoy plantaciones a gran escala.
- El tipo de variedad determina el uso final de la yuca; para consumo humano en fresco, se usan variedades dulces, bajas en HCN; en tanto que si es para uso industrial o para transformación, se pueden usar variedades amargas.
- Es importante difundir la importancia de la yuca que tiene para millones de familias de África, Asia y América Latina y El Caribe.

IV.- BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

Artículos bibliográficos

1. CIAT, 1979. GUÍA DE ESTUDIO: Manejo y control de las malezas en el cultivo de la yuca. Cali, Colombia.
2. CIAT, 1979. Resúmenes Analíticos sobre Yuca(*Manihot esculenta* Crantz) Centro de Información sobre Yuca. Vol. V. Cali, Colombia.
3. INEGI, 1997. Los cultivos anuales de México. VII Censo Agropecuario. México.
4. INIA – SARH, 1982. CICLOS DE CULTIVOS: Diagramas de las principales especies vegetales con las cuales se efectúan investigaciones agrícolas en México. México, D. F.
5. James H. C., 1985. CASSAVA: New Potential for a Neglected Crop.
6. León J., 1987. BOTÁNICA DE LOS CULTIVOS TROPICALES. 2ª. ED. EDIT. IICA. San José, C. R.
7. Lozano J. C. 1981. Problemas en el Cultivo de la Yuca. 2ª. ED. EDIT. CIAT, Cali Colombia. 208 pp.
8. Martínez M, 1994. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. 3ª. ED. EDIT. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
9. Montaldo A., 1985. LA YUCA O MANDIOCA: Cultivo, industrialización, aspectos económicos, empleo en la alimentación animal, mejoramiento. 1ª. ED. E. IICA, San José C. R.
10. Montaldo A. 1991. CULTIVO DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS TROPICALES. Edit. IICA. 2ª. ED. San José, C.R.

11. Mortensen E., 1986. HORTICULTURA TROPICAL Y SUBTROPICAL. 2ª. Reimpresión. Edit., Pax – México, México, D. F. Pág. 101.

Direcciones electrónicas

1. <http://www.agroandino.com/PAGINAS/NOTICIAS/2003/Agosto/Premerca/PM0308020.htm>
2. <http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/No%2011.pdf>
3. http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int_yuca.htm#m1
4. <http://www.agronegocios.gob.sv/Media/Articulos/COMPENDIO%20DE%20YUCA.pdf>
5. <http://www.cci.org.co/publicaciones/Perfil%20de%20producto/perfilyuca6.htm>
6. <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd53/yuca.htm>
7. http://www.ciat.cgiar.org/es/metodos_herramientas/pdf/Baculovirus.pdf
8. http://www.ciat.cgiar.org/es/sala_not/boletin_12.htm
9. http://www.ciat.cgiar.org/improved_germplasm/germoplasma/yuca.htm
10. <http://www.ciat.cgiar.org/ipm/>
11. http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/curso_corpoica_bellotti.pdf
12. http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/poster_nataima_31_socolen_2003.pdf
13. http://www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/Whitefly_esp_2003_Socolen.pdf
14. http://www.ciat.cgiar.org/yuca/america_latina.htm
15. <http://www.ciat.cgiar.org/yuca/mecanizacion.htm#top>
16. <http://www.ciat.cgiar.org/yuca/resultados.htm#marcadoresgeneticos>

17. <http://www.ciat.cgiar.org/yuca/urg.htm>
18. <http://www.ciat.cgiar.org/yuca/variedades.htm>
19. <http://www.e-campo.com/sections/news/display.php/uuid.401A0A04-1E12-4461-814141128F84460E/>
20. http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm
21. http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/PRODUCTOS/WEB_ULPI/Manual_Yuca/Manual_%20yuca.htm#tecnologia
22. <http://www.encolombia.com/veterinaria/fenavi9303actualidad4.htm>
23. <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/afris/espanol/document/tfeed8/Data/555.HTM>
24. <http://www.fao.org/Noticias/2000/000405-s.htm>
25. <http://www.lamolina.edu.pe/investigacion/programa/YUCA/>
26. <http://www.mag.go.cr/tecnologia/tec-yuca.htm>
27. http://www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo_Agroid/documentospdf/Yuca_FT.P.pdf
28. http://www.proexant.org.ec/HT_Yuca.html
29. <http://www.proexant.org.ec/Manual%20de%20Yuca.html>
30. <http://www.radiouniversidad.org/secciones/reportajes/yuca.html>
31. http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v44_3/v443a070.html
32. http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v12_34/v124m004.html
33. <http://www.sagarpa.gob.mx/Uipm/tuber.htm>
34. <http://www.samconet.com/productos/producto52/descripcion52.htm>

35. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/yuca/yuca_mag.pdf
36. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/YUCA.pdf
37. <http://www.tropicalwhiteflyipmproject.cgiar.org/wf/docs/posters/molecular-markers-cassava.pdf>