

**PROPUESTA CON ENFOQUE SISTÉMICO Y CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD
PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA
YUCA (Manihot Esculenta Crantz) EN EL MUNICIPIO DE PIVIJAY
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, COLOMBIA**

JULIO CESAR CUELLO BOLAÑO

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
INSTITUTO DE FORMACIÓN AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES
SANTA MARTA, D.T.C.H.**

2002

**PROPUESTA CON ENFOQUE SISTÉMICO Y CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD
PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA
YUCA (Manihot Esculenta Crantz) EN EL MUNICIPIO DE PIVIJAY
DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA, COLOMBIA**

JULIO CESAR CUELLO BOLAÑO

Monografía para optar al título de
Especialista en Ciencias Ambientales.

Director
CESAR BAQUERO
Ingeniero Agrónomo
M.Sc Suelos

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
INSTITUTO DE FORMACIÓN AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIAS AMBIENTALES
SANTA MARTA, D.T.C.H.
2002

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santa Marta, Diciembre 23 de 2002

AGRADECIMIENTO

El autor del presente trabajo expresa sus agradecimientos a:

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA Por brindarle esta oportunidad de reencontrarse con la actividad académica.

Lic. Luis Carlos Gutiérrez por sus valiosas orientaciones, que fueron vitales en la elaboración de este documento.

Lic. Miguel Cantillo, por su constante motivación y comprensión.

Ingeniero Cesar Baquero por su apoyo técnico.

Al Dr. Alvaro Toloza P. Director Regional 3 de Corpoica por todo el apoyo suministrado.

A Dios por suministrarme a diario energía

Y perseverancia para seguir luchando.

A mi Madre Juana y hermana Adela (Q.E.P.D.) por

Inculcarme el amor y ser humilde.

A mis hijos Julio, Jose y María de Jesús

al igual que mi esposa Elsa, por convertirse

en el eje central para seguir luchando y por

el afecto reciproco que nos proporcionamos.

A mis hermanos por inculcarme la rectitud.

PCA
00018
E.3



CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GENERAL	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. MARCO REFERENCIAL	8
3.1. ANTECEDENTES	8
3.2. ASPECTOS A DESARROLLAR EN LA INVESTIGACIÓN DE YUCA EN COLOMBIA.	12
4. METODOLOGÍA	20
5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	24
5.1. PRINCIPALES ASPECTOS DEL MUNICIPIO DE PIVIJAY	24
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
6.1. CARACTERIZACIÓN DE NÚCLEOS PRODUCTIVOS DE YUCA	32
6.2. PROBLEMÁTICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES SOBRE EL RECURSO SUELO	35
6.2.1. Problemática	35
6.2.2. Impacto Ambiental	36
6.2.2.1. Caracterización de los Impactos	37
PROPUESTA CON ENFOQUE SISTÉMICO Y CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA YUCA EN EL MUNICIPIO PIVIJAY EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA	41
7. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE YUCA	41
7.1. MORFOLOGÍA	41
7.2. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PLANTA DE YUCA	42
8. PRACTICAS AGRONÓMICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE YUCA	47
8.1. MATERIAL DE PROPAGACIÓN	47

	Pág.
8.2. LA SIEMBRA	49
8.3. EL CONTROL DE MALEZA	52
8.4. EL RIEGO	53
8.5. LA PODA	54
8.6. COSECHA	54
8.7. LA ROTACIÓN DE CULTIVOS	54
9. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESTACAS DE YUCA PARA SIEMBRA	55
10. EL CULTIVO DE LA YUCA EN CULTIVOS MULTIPLES	56
10.1. VENTAJAS DEL CULTIVO INTERCALADO	56
11. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN LA YUCA	58
11.1. PRACTICAS CULTURALES RECOMENDADAS PARA CONTROLAR LAS ENFERMEDADES A ESCALA COMERCIAL	59
11.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EN EL CONTROL DE PLAGAS	61
11.3. CONTROL BIOLÓGICO	62
11.4. CONTROL VARIETAL	64
12. TRANSFORMACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA YUCA	66
12.1. DETERIORACIÓN POSTCOSECHA	66
12.1.1. Causas de la deterioración fisiológica	67
12.1.2. Factores que afectan la susceptibilidad a la deterioración fisiológica	68
12.2. ALMACENAMIENTO DE RAÍCES FRESCAS DE YUCA PARA EL CONSUMO HUMANO	69
12.2.1. Principios de almacenamiento	69
12.2.2. Prácticas sencillas de almacenamiento	70
13. IMPORTANCIA DE LA YUCA INDUSTRIAL EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES	72
13.1. POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE YUCA EN COLOMBIA	73
13.2. ASPECTOS SOBRE EL USO DE HARINA DE YUCA EN ALIMENTACIÓN ANIMAL	74
13.3. ASPECTOS NUTRICIONALES DE LA MEZCLA O DEL NÚCLEO HARINA DE YUCA - SOYA INTEGRAL	74
14. CONCLUSIONES	76
15. RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 01. Eficiencias en el uso de nutrientes, de acuerdo con el tipo de planta (kg materia seca en raíces/kg Nutrientes totales absorbidos)	15
TABLA 02. Comparación de parámetros agronómicos a través de dos formas de propagación para material derivado, del genotipo CM 430 – 30	16
TABLA 03. Estructura normal de costos para producción de yuca en la Costa Norte de Colombia.	16
Tabla 04. Deterioro poscosecha para genotipos extremos almacenados por 15 días en Palmira y Villavicencio.	18

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Limites, entradas y salidas sistema de producción	22
FIGURA 2. Diagrama de un Sistema de Producción Yuca en el Municipio de Pivijay	23
FIGURA 3. Mapa de División Política y Administrativa del Departamento del Magdalena	25
FIGURA 4. Mapa de la jurisdicción del Municipio de Pivijay	26
FIGURA 5. Mapa de Zonas Agroecológicas Homogéneas del Municipio de Pivijay	29
FIGURA 6. Mapa Ecológico del Departamento del Magdalena	30
FIGURA 7. Mapa de suelos del Departamento del Magdalena	31
FIGURA 8. Destino y trayectoria de los pesticidas y herbicidas biodegradables	38
FIGURA 9. Trayectoria de los fertilizantes.	40

INTRODUCCIÓN

La investigación agrícola generalmente se dirige a estudiar uno o varios casos específicos que se relacionan con el sistema de producción de diferentes especies de cultivo. Los resultados de tales investigaciones pocas veces se integran a un paquete lógico de producción. Recientemente, las investigaciones se han orientado hacia el estudio de cultivos específicos, no por disciplinas, logrando que sea posible la integración de equipos de científicos estudiando un cultivo dado, lo cual nos parece más razonable; estos pueden desarrollar un concepto integral sobre el cultivo y sus problemas, lo cual conlleva a resultados más aplicados.

Son varias las razones que soportan la necesidad de llevar a cabo un manejo integrado en el cultivo de yuca (**Manihot esculenta crantz**), como requisito indispensable para la estabilización en los rendimientos con producciones satisfactorias. Dentro de las cuales podemos citar las siguientes:

La yuca es un cultivo perenne, con indeterminada madurez biológica (CIAT, 1976). Consecuentemente, un problema biótico establecido en una región dada puede perpetuarse.

El ciclo vegetativo del cultivo es considerablemente largo (entre 8 a 24 meses según variedad o ecosistema). En un mismo ciclo la planta sufre presiones climáticas (sequías, bajas o altas temperaturas, etc), edáficas (deficiencia o toxicidades nutricionales, etc) y ataques de patógenos, insectos y ácaros. Estas presiones varían en intensidad y magnitud entre un ciclo a otro, lo cual generalmente depende de las condiciones ecológicas imperantes en cada ciclo del cultivo y de que exista material genético susceptible.

La yuca se propaga comercialmente en forma vegetativa, sembrando estacas de tallos lignificados. La calidad del material de siembra, determinada por las presiones climáticas y edáficas, y el ataque de plagas; además de la tolerancia de los genotipos, influye sobre el éxito del cultivo en cada ciclo. Además, la diseminación de enfermedades y plagas, por el uso de material de siembra infectado y/o infestado es mucho más probable que en cultivos comerciales propagados por semilla botánica, sobre todo entre distintos ecosistemas (CIAT1976).

La yuca está formada de clones domesticados que por milenios han sido seleccionados por poseer características deseables de cada ecosistema, sobre

todo por su resistencia a los factores negativos a la producción existente en un ecosistema específico

Varios clones de yuca se siembran durante todo el año en algunos ecosistemas y durante periodos largos, en otros consecuentemente es común que exista en la mayoría de los ecosistemas tejidos de diferentes clones a diferentes edades y susceptibles a agentes abióticos durante varios meses o todo el año. La ausencia de epifitias en los cultivos tradicionales o la presencia de problemas bióticos a niveles de poca o ninguna importancia económica es debida al equilibrio biológico existente en los ecosistemas, el cual en lo posible debe mantenerse.

El ciclo genético de la yuca es largo (tres años generalmente), dificultando un poco el mejoramiento varietal a problemas específicos e induce a que se prefiera el mejoramiento genético con caracteres estables.

Los cultivadores de yuca necesitan producir su propio material de siembra para evitar problemas sanitarios, agronómicos y económicos, debido a:

La baja rata de multiplicación del cultivo (5-10 estacas/plantas).

La gran fragilidad de las estacas y su sensibilidad al almacenamiento tradicional (Las yemas pierden cerca del 40% de su germinación después de solo 2 semanas de almacenamiento).

Su dificultad para empacar y transportar por su peso y volumen ya que las 10.000 estacas que se necesitan para sembrar 1 ha, pesan aproximadamente 1 t y tienen un volumen de 2 m³.

Los yuqueros en su mayoría son cultivadores tradicionales, de bajo poder adquisitivo y cultural. Por lo tanto los problemas del cultivo deben solucionarse con simplicidad pero con eficiencia, sólo posible mediante la integración de todas las alternativas culturales adecuadas, el equilibrio biológico y la siembra de genotipos apropiados por el ecosistema.

Experimentos recientes sugieren que los pequeños agricultores que están bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas muy desfavorables en el Norte de Colombia, podrían incrementar sus rendimientos en un 70% a través del uso de simples prácticas agronómicas mejoradas que requieren cantidades muy limitadas de insumos, (CIAT 1978), es también interesante anotar que en Kerala, India, los promedios de rendimiento, en los suelos ácidos e infértiles del área están entre los más altos del Asia y esto es probablemente debido a las buenas prácticas agronómicas desarrolladas en muchos años de investigación en el Instituto Central de Investigación d Tubérculos. Al respecto, la investigación agronómica de factores como fertilización, población, control de malezas, periodos de siembra, cosechas y rotación de cultivos, ofrecen tremendas oportunidades de desarrollo de sistema agrícolas capaces de incrementar la producción de yuca en diferentes

áreas. El desarrollo de estos sistemas individuales tiene que ser hecho por las Instituciones nacionales o las agencias locales.

La yuca es tradicionalmente considerada como una planta altamente tolerante a las enfermedades y los insectos, sin embargo, cuando las áreas de producción se expanden fuera de las áreas tradicionales y los métodos de cultivos se vuelven más intensivos, las enfermedades y los insectos podrán atacar más severamente. Para ello, Thurston (CIAT 1978), concluyó que los sistemas de control integrado de plagas en la yuca deberían enfatizar la combinación de tres tácticas fundamentales:

1. Resistencia varietal
2. Control Biológico
3. Control cultural

El uso de pesticidas químicos y formas similares de control, deberían tenerse en cuenta únicamente como medidas suplementarias. La yuca es una planta ideal para ser intercalada con cultivos de corto ciclo, dado el lento desarrollo inicial y la capacidad de recuperación tardía que tiene el cultivo.

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

El rendimiento potencial de la yuca bajo condiciones agronómicas excelente es tremendo, Coursey y Haynes (1970) compararon diferentes cultivos y vieron que la yuca era potencialmente uno de los cultivos más eficientes como productores de carbohidratos dentro de los cultivos alimenticios. Estudios del CIAT, Corpoica e ICA han mostrado que se pueden obtener rendimientos hasta de 28 t. de materia seca por ha/año en campos experimentales, bajo condiciones de moderados niveles de radiación, pero con una buena distribución de lluvias y alta fertilización.(CIAT. 1978). No obstante a que el cultivo de la yuca se perfila hoy en día como de grandes proyecciones para el país, por sus diversos usos: alimentación humana; animal; fuente de materias primas para la industria como pegantes, papelería, plásticos, almidones, alcoholes, dextrosas, etc; los rendimientos promedios por hectárea de los cultivos tradicionales debido a su baja tecnificación son muy bajos, obteniéndose sólo 7 t/ha aproximadamente.

Ensayos realizados en el CIAT han demostrado que la poda de la parte aérea de la planta antes de la cosecha reduce el nivel de deterioración fisiológica de la cosecha. Cuando el período entre la poda y la cosecha fue solo de una a dos semanas, las raíces cosechadas y mantenidas adheridas al tallo se deterioraron menos que las raíces sueltas, pero cuando el período fue de tres semanas las raíces mantenidas en una u otra forma fueron muy resistentes a la deterioración.

En el Departamento del Magdalena, la yuca figura entre los cuatro principales cultivos al lado de la palma africana, el banano y el maíz, pero no obstante ello, su rendimiento promedio por hectárea es bajo (8 toneladas) obedeciendo ello a problema; entomológicos, fitopatológicos, edáficos, uso de variedades no adecuadas y deficientes prácticas de manejo agronómico, entre otros. Al respecto debe señalarse que en la Costa Norte se cultivan aproximadamente unas 120.000 hectáreas, en el Departamento del Magdalena se siembran aproximadamente unas 20.000 hectáreas, y en el Municipio de Pivijay se siembran de 3.000 - 4.000 hectáreas anuales con rendimiento promedios (5 - 6 T/Ha) por debajo al promedio que arroja dicho cultivo en el Departamento del Magdalena. (Corpoica, Caracterización Sistemas Producción Departamento Magdalena – 1999)

Debido a lo anterior y teniendo en cuenta que el cultivo de la yuca es de ciclo largo y el municipio de Pivijay resulta ser uno de los municipios del departamento que más yuca siembra durante el año, las cuáles se realizan en forma ininterrumpidas e igualmente existe un marcado interés por parte del Gobierno Nacional de incrementar rendimientos y áreas de producción en razón a sus diversos usos (consumo fresco y uso industrial), aspectos estos que demandan por parte de los productores del desarrollo de un manejo integrado del cultivo, en aras de poder minimizar los problemas antes referenciados y lograr así cultivos competitivos, equitativos y sostenibles.

Igualmente entidades como el CIAT, Corpoica e ICA han obtenido variedades mejoradas adaptadas a la región Caribe, también han evaluado variedades regionales con buenos resultados, lo mismo que han generado tecnología para cada una de las fases del cultivo y como tal, demandan ser validadas, ajustadas y transferidas, en procura de aumentar la competitividad del cultivo.

Teniendo en cuenta que hoy en día se continúa propagando y cultivando la yuca como lo hacían nuestros ancestros y si queremos lograr un salto cualitativo en la región y en todo el país, debemos trabajar para integrar diferentes aspectos que aumenten la producción, reduzcan los costos, mejorar el valor unitario del producto, pero todo ello enmarcado en acciones congruentes con la diversidad biológica de los agroecosistemas.

A pesar de contarse hoy en día con la ayuda de herramientas muy importantes como la Biotecnología y la informática, sino se realiza un esfuerzo conjunto o

integrado que incluya a todos los sectores relacionados con el cultivo, los esfuerzos aislados no tendrán el impacto esperado.

Finalmente para lograr un aumento del rendimiento por hectárea, una reducción de los costos de producción, un aumento en el valor de la raíz y en general cultivos competitivos y sostenibles, se requieren de unas acciones que permitan: Reducir la incidencia de factores bióticos y abióticos, aumento de la capacidad fisiológica, manejo de fertilidad del suelo, densidad de siembra, rotación de cultivos, cultivos asociados, uso de semilla de buena calidad de variedades adecuados, control de malezas, mejor almacenamiento, mayor contenido de almidón, diversidad de almidones y usos alternativos del cultivo entre otros, razones por las cuales es menester que las acciones que se desarrollen en un proyecto de yuca se adelanten en una forma integral, con un enfoque de sistema de producción, teniendo en cuenta para tal efecto, los aspectos biológicos, físicos, sociales, económicos, y culturales. Con la propuesta en estudio se busca que con el apoyo de los funcionarios de la UMATA y de los asistentes técnicos, un 70% de los productores del Municipio de Pivijay, la adopten como una alternativa tecnológica de solución a las limitantes allí existentes como son los problemas: Edáficos (pérdida fertilidad de los suelos) fitosanitarios, los cuáles muchos de ellos se asocian a las deficiencias de nutrientes en los suelos y lo referente a deficiencias en las prácticas de cultivos (uso de semilla de baja calidad, no rotación de cultivos, monocultivos, densidades de siembra no adecuadas entre otras); también se pretende ayudar a la conservación del entorno ecológico mediante un uso racional de los agroquímicos, igualmente se adelante un manejo integrado de las plagas y prioritariamente sean desarrolladas prácticas de recuperación y/o conservación de los suelos mediante el uso de abonos orgánicos y abonos verdes, acciones estas que en su conjunto conlleven a aumentar los rendimientos por hectáreas en un 30%, disminución de los costos de producción en un 20% y sobre todo propender por un desarrollo sostenible del cultivo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Formular una propuesta con enfoque sistémico y criterio de sostenibilidad para el manejo integrado del cultivo de la Yuca que contribuya a mejorar los niveles de producción y productividad de los sistemas de producción que involucran a la yuca en el municipio de Pivijay.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Denotar la importancia sobre el aprovechamiento de los factores favorables involucrados en la interacción insecto/plaga/medio ambiente y las consideraciones que hacen que un sistema de manejo resulte atractivo y práctico.

Recomendar un buen manejo del cultivo articulando un uso adecuado de variedades con un manejo integrado de plagas y el desarrollo adecuado de prácticas agronómicas.

Resaltar las bondades del manejo integrado del cultivo, como factor fundamental para la producción agrícola, por su efecto protector o conservacionista del suelo, insectos benéficos, cultivo o demás condiciones agroecológicas.

Difundir el manejo integrado del cultivo como alternativa variable en términos económicos, aplicable en los diferentes niveles de producción y congruentes con la diversidad biológica de los agroecosistemas.

3. MARCO REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

El Doctor Regirial H. Painter (1908-1968) al adelantar trabajos de investigación sobre plantas resistentes a los insectos nocivos coadyuvó a establecer el concepto del control integral de las plagas.(Maxwell G. Fowden, et. al, 1984).

También encontramos que el control biológico no es una idea nueva, el hombre a través de su existencia ha observado pájaros, avispas, hormigas y otros predadores alimentándose de plagas y de tiempo en tiempo, ha hecho esfuerzos para conservar y explorar esta condición.(Guevara Benavides Luis, 1993)

El registro más antiguo sobre el empleo del control biológico se encuentra en China, donde en la tercera centuria antes de Cristo, se vendían hormigas ***Oecophylla smaragdina*** cerca de cantón para el control de plagas en cítricos. Desde entonces los chinos han mantenido la tendencia a emplear los métodos biológicos para el control de plagas. En la China de hoy se emplean patos para el control efectivo de plagas del follaje en campos de arroz.

El conocimiento de la existencia de pequeños organismos y microorganismos que pudieran emplearse como parásitos específicos, se inició en el siglo XVI en Europa con la invención del microscopio y se fue desarrollando lentamente con las observaciones de los naturalistas. Sin embargo, el control biológico moderno se inicio en 1888 en EE.UU. con un espectacular y bien conocido suceso: La Catarinita (***Rodolia cardinalis***) fue introducida desde Australia a California para el control de la escama algodonosa de los cítricos : (***Icerya purchasi***). Este hecho exitoso originó entusiasmo por los coccinelidos, particularmente en EE.UU. ; Australia y Sur África, donde muchas especies fueron introducidas y liberadas para el control de escamas y áfidos. Al haberse sucedido múltiples fallas, se creó la necesidad de obtener mayor conocimiento sobre materias como biología de las especies involucradas, clima y hábitat.

Durante este período, el primer control exitoso de una plaga con un parásito importado, se obtuvo en Italia en 1906 donde (***Prospaltella berlesi***) se empleó con éxito para el control de la escama de la mora. Este hecho inició una controversia acerca de los méritos relativos de parásitos y predadores.

El control microbiológico se inició en Rusia en 1879, cuando el hongo de la mescardina verde (**Metarhisius anisopliae**) fue producido y aplicado para el control de plagas de la remolacha.

El control biológico de malezas empezó en 1902 cuando varios insectos fitófagos incluyendo el hoy ampliamente utilizado: **Teleonimia serupulosa** se emplearon para el control de la maleza lantana.

La cría masiva y liberación de parásitos fue sugerida en 1905, pero no se realizó hasta 1913 cuando la cría masiva de **Trichogramma spp**, comenzó en Rusia y ha continuado hasta nuestros días. La cría masiva de este insecto comenzó su impulso en la década de los 60, especialmente en algunos países productores de caña de azúcar, aunque actualmente el uso de **Trichogramma spp** para el control de barrenadores en caña se ha estado discutiendo.

Durante el período (1913) que finalizó en la Primera Guerra Mundial, el departamento de Agricultura de los EE.UU. realizó múltiples exploraciones en Europa para obtener parásitos de la polilla gitana (**Lymantria dispar**). Esto marcó el comienzo de múltiples estudios antes de hacer las introducciones y se produjo el famoso reporte de Harward y Fisk (1911), quienes examinaron los principios del control biológico por primera vez.

Al finalizar la guerra se dio nuevo impulso al control biológico. En Inglaterra se estableció el Laboratorio de "Famham house" que dio inicio al Instituto de Control Biológico de la Comunidad Británica (CICB), el cual se estableció para dar asistencia a las naciones de la comunidad en la búsqueda de enemigos naturales de las plagas. Su primer director W.R. Thompson, se preocupó por promover los estudios teóricos que proporcionaron las bases de las teorías modernas de la dinámica de poblaciones.

Algunos ejemplos del empleo exitoso del control biológico contra insectos plagas a través de la historia son:

- Escama algodonosa (**Icerya purchasi**) en cítricos, con (**Rodolla cardinalis**) (coccinelidae) en EE.UU., 1988.
- Piojo de los cítricos (**Planococcus citri**) con (**Criptolaemus montrouzieri**), coccinelidae, en California, 1981.
- El áfido de la manzana (**Erisoma lanigerum**) con (**Aphelinus mali**), EE.UU. ; Francia y Uruguay, 1919-1920.
- Mosca negra de los cítricos (**Aleurocanthus Woglumi**) con (**Eritmoceris serius**) en Malasia y Cuba, 1930.
- La escama del cocotero (**Aspidiotus destructor**) con (**Criptoquatha nodiceps**) en Trinidad y Fiji, 1927.

El control biológico de malezas tiene su ejemplo más famoso, en el control alcanzado sobre las malezas (**Opuntia spp**) por los benéficos (**Dactylopius spp**)



y (**Cactoblastis cactorum**) en cerca de 60 millones de acres en Australia. Esto fue el resultado de 30 años de trabajo que culminaron en 1940.

El cultivo del algodón en Colombia, durante 1977, llegó a lo que se ha llamado estado de catástrofe en lo que se refiere a control de plagas, el (**Heliothis**) su principal plaga alcanzó tal grado de resistencia a los insecticidas que su control se hizo más que difícil, imposible.

Pero lo que se debe recordar es que cuando recién se inició en Colombia, hace más de 40 años el cultivo del algodón, eran pocas las plagas que lo atacaban y su control relativamente fácil. Podría decirse que era una condición similar a la presentada hoy en día por el cultivo de la yuca; también podrá asegurarse que al no manejar racionalmente las plagas de la yuca y de aplicar insecticidas indiscriminadamente se llegará en un futuro no muy lejano a la misma situación de desesperación a que llegaron los algodóneros.

El control biológico fue eclipsado por la utilización de productos químicos después de la II Guerra Mundial, observándose que durante las décadas de los 50 a los 70 se incrementó en 3000 la producción de plaguicidas químicos y simultáneamente se duplicó el porcentaje de los cultivos perdidos por el ataque de plagas, pero la reconocida inconveniencia del uso indiscriminado de productos químicos, ha hecho que se vuelva a replantear su utilidad, especialmente como "Componentes de programas de manejo integrado".

Investigaciones del CIAT muestran que (**Trichogramma australiana**) es una de las especies con mayor actividad parasítica sobre posturas del gusano de la yuca (**Erinnyis ello**) (Annual Report, 1978).

El barrenador del tallo de la yuca (**Chilomina clarkei**) conocido como plaga importante desde la década de los 70 ha motivado la realización de investigaciones básicas, principalmente en el CIAT, en el Centro de Investigaciones Carimagua (Meta, Colombia 1978) y en el Centro de Investigaciones de Nataima (Tolima, Colombia 1985).

Después de los planteamientos presentados anteriormente, quizás se facilite el entendimiento del término manejo de plagas que no es una definición más, sino un estado de cosas que nos obliga a entender que antes de tratar de eliminar a los insectos plagas debemos aprender a convivir con ellos, a realizar un inteligente manejo de nuestros recursos razonando no solo en función económica sino también en función ecológica. Manejo de plagas es una categoría superior al control integrado que además de los factores considerados por éste, tiene como base fundamental en la lucha contra los insectos nocivos, los principios biológicos y ecológicos. Reconociendo que el estado a que llega una plaga es el resultado de las actividades del hombre introduciendo plagas a regiones antes no infestadas, introduciendo a áreas nuevas plantas y animales exóticos, produciendo

variedades o razas de organismos, y simplificando los ecosistemas como un resultado de las actividades agrícolas o industriales.

De acuerdo a proyecciones recientes de la FAO, la producción actual mundial de yuca es de aproximadamente 110 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente el 60% se emplea para consumo humano, ya que es un alimento básico en las dietas de más de 500 millones de personas en los trópicos. El resto se utiliza como alimento para animales o para fines industriales (e.g. ; almidón, alcohol). Las raíces son altamente perecibles pero, si se les seca o procesa, se pueden almacenar como la mayoría de los cereales.

Hasta hace poco, los investigadores agrícolas no le habían puesto la debida atención a esta raíz, a pesar de ser el cultivo que ocupa el séptimo lugar en importancia en el mundo.

Aunque su potencial de rendimiento parece ser mucho mayor que el de otros cultivos que se han investigado ampliamente (se han registrado rendimientos experimentales de más de 70t/ha) el rendimiento promedio mundial es de sólo 9.4t/ha (Reporte CIAT - 1986). Cock (CIAT) ha sugerido que los rendimientos a nivel de finca son bajos debido a las prácticas agronómicas deficientes y a la falta de variedades adecuadas. Entre las prácticas agronómicas a desarrollar, se pueden mencionar las siguientes: Selección de material de propagación, siembra, control de malezas, riego, poda, cosecha, fertilización, cultivos múltiples y rotación de cultivos.

Para un manejo integral del cultivo en áreas cultivadas de yuca tradicional, entidades como el CIAT- Corpoica, ICA, las cuales han desarrollado trabajos de investigación en el país, recomiendan el adelanto de las siguientes actividades:

- Uso de variedades adecuada.
- Buena preparación del suelo.
- Selección y tratamiento del material de propagación.
- Siembra al comienzo de la estación lluviosa.
- Siembra de estacas de 20 cm de longitud en posición vertical, con las yemas orientadas hacia arriba.
- Siembra en camellones donde los suelos son pesados y la precipitación es mayor de 1.200 m.m/año.
- Una población de 10.000 estacas/ha, a menos que la investigación local recomiende otra cantidad.
- Manejo integrado de plagas.
- Cultivo múltiples.
- Rotación de cultivos.

Desarrollo de ciertas prácticas que permitan recuperar y mantener la fertilidad de los suelos, como uso de:

Bovinaza.

Mulch de gramínea y maleza.

Abono verde incorporado (Mucuna, Leucaena, Capizuna, etc.).

Coberturas vivas (mucuna, capizuna, guandul, etc.).

Esta propuesta incluye la información básica sobre el cultivo de la yuca, presentada en una forma sencilla e integral, comprensible por el agricultor y por los asistentes técnicos. En su primera parte incorpora aspectos como la morfología de la planta, ciclo productivo, variedades, la semilla y su propagación, sistemas de producción, manejo del suelo y nutrición. En otra sección, se contemplan actividades sobre el manejo del cultivo, problemas fitosanitarios y su manejo, integrado. Finalmente se abarcan los temas sobre cosecha, postcosecha, industrialización y comercialización. La información técnica registrada ha sido generada y validada durante varios años por instituciones como CIAT, ICA y Corpoica.

Los sistemas de producción, son los esquemas espaciales y temporales determinados por las circunstancias, biofísicas y socioculturales del medio, mediante los cuales los productores planifican y llevan a cabo su proceso productivo; en tal sentido en el Municipio de Pivijay entre los distintos arreglos, se pueden mencionar el monocultivo, la yuca intercalada con maíz, yuca intercalada con frijol y yuca intercalada con ajonjolí.

3.2 ASPECTOS A DESARROLLAR EN LA INVESTIGACIÓN DE YUCA EN COLOMBIA

La yuca participa en tres canales de mercadeo como son: consumo en fresco, producción de almidones, tanto agrio como nativo y producción de "Chips". Hoy en día los niveles de consumo de yuca en los centros urbanos en América Latina son bajos, obedeciendo ello a los altos márgenes de intermediación, los cuales inciden en los altos precios a nivel de consumidor. En la medida que sea posible ofrecer al consumidor un producto a menor precio, y a una mejor calidad, en razón a la mejora en tecnología de producción, el consumo per cápita aumentará en los centros urbanos.

Concerniente a la línea del almidón puede manifestarse que se encuentra en franco crecimiento en razón a una demanda en expansión por parte de diferentes sectores de la industria y la manufactura de alimentos.

Finalmente, se ha observado últimamente un interés creciente en el uso de yuca seca, como componente de raciones. Debe anotarse que la experiencia se inició con la adaptación de tecnología tailandesa a principios de los años 80, y hoy día se está intentando desarrollar con base en plantas de secado diseñadas por los productores de yuca seca. Este es el mercado más sensible en términos de

márgenes de beneficio y competitividad, en razón a que su precio siempre va a estar condicionado por el de los granos importados o producidos internamente.

Las perspectivas futuras de la investigación en yuca, ciertamente, se relacionan con el desarrollo armónico y dinámico de esos tres mercados. El punto focal de la investigación en yuca en Colombia debe ser reducir los costos de producción por tonelada de raíz, bien sea a través de un aumento en el rendimiento por hectárea o por una reducción de los costos totales por hectárea. Otra área que debe observarse es la del aumento del valor unitario de producto final, lo que puede reflejarse en una posibilidad de mayor precio pagado por raíces al productor.

AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE RAÍCES

El aumento en la producción de raíces puede lograrse al trabajar en dos áreas: a) reducción de la incidencia de factores bióticos y abióticos limitantes, y b) aumento de la capacidad fisiológica de la planta para usar más eficientemente la luz. Si consideramos la Costa Norte de Colombia, las principales limitantes biológicas a la producción están dadas por bacteriosis (*Xanthomonas axonopodiss* pv, manihotis) y por el barrenador del tallo (*Chilomina clarki*). Las perspectivas de investigación en ambos casos son muy alentadoras. Por un lado, trabajos realizados por Restrepo et al (1997), indican que existe una diversidad genética del patógeno, muchas veces asociadas a diferencias en patogenicidad.

Hay variantes genéticas en la Costa que son diferentes a las del Llano y a las del Cauca. Hay también variabilidad en la capacidad de diferentes genotipos de yuca para resistir o tolerar dichas variantes del patógeno. Esto ha de desembocar en una estrategia mucho más racional de desarrollo de nuevas variedades y de difusión de las mismas, de acuerdo con la estructura del patógeno predominante en cada región.

En el caso del barrenador, si bien se ha detectado una preferencia diferencial por parte del insecto, de acuerdo con factores como coloración del tallo, no hay al momento fuentes de resistencia importantes. El enfoque que se le ha dado a la investigación para el desarrollo de materiales resistentes ha sido a través de la introducción de un gen foráneo proveniente del *Bacillus turingiensis*, que estimula la producción de la toxina natural del *Bacillus*, pero dentro de la planta y solo cuando esta haya sido atacada. El Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, está desarrollando construcciones génicas para introducir a las variedades más cultivadas en la Costa Norte, y se espera contar con pruebas extensivas de campo en un mediano plazo.

El área de manejo de la fertilidad de suelo es muy importante si se pretende aumentar la productividad del cultivo y sostenerla en el tiempo. La respuesta de

la yuca a la fertilización (química u orgánica) está muy bien documentada (CIAT, 1992). Si bien la investigación es necesaria, hay que hacer viable la aplicación de los resultados obtenidos (extensión, crédito, etc.). Cuando se habla de hacer viable la producción de yuca para cierto mercado, no debemos de olvidar que lo que intenta es tener sistemas de producción rentables y sostenibles; por lo tanto, es de suma importancia investigar y difundir sistemas de rotación que faciliten la producción como un todo.

La acumulación de patógenos en el suelo y la reducción en el nivel de nutrientes disponibles en el mismo, pueden hacer declinar de forma rápida los rendimientos de raíces obtenidos inicialmente.

El mejoramiento del potencial de producción per se de la yuca se relaciona con dos aspectos: el aumento en la densidad de siembra y la mejora de la productividad en sí. La yuca se cultiva normalmente con densidades que no sobrepasan las 12.500 plantas. Sin embargo, conceptos recientes relacionados con el uso más eficiente de los nutrientes del suelo a través del desarrollo de genotipos intermedios a bajos (CIAT, 1996), ha abierto una nueva perspectiva para aumentar densidad de siembra, producción y eficiencia de uso de nutrientes (Tabla No. 1).

Variedades que no sobrepasen 1.2 metros a la cosecha son cultivadas en algunas regiones del mundo, con densidades que llegan a las 20 mil plantas/ha. (i.e. Mandim Branca en el sur de Brasil), dado su menor capacidad de competencia entre plantas. Por supuesto que estas variedades requieren una estrategia muy particular para su propagación. Sin embargo, los agricultores en esas regiones han aprendido a manejarlas. Dichos materiales abren un nuevo concepto en lo que se refiere a mecanización del cultivo, sobre todo en lo que tiene que ver con el control de malezas y otras prácticas culturales.

En el caso del mercado para procesamiento, la posibilidad de implementar programas de mejoramiento basados en la productividad de materia seca por hectárea, sin tener que considerar contenido de ácido cianhídrico, calidad culinaria, color de raíz, etc., llevaría a obtener ganancias genéticas mayores a las normalmente observadas en programas dirigidos al doble propósito. Combinando potencial de rendimiento con índice de cosecha, se lograría no sólo aumentar la producción por hectárea, sino hacer usos más eficientes de los nutrientes y el agua del suelo.

El área de calidad de material de siembra afecta a todos los aspectos del cultivo de yuca. Mucha investigación se ha hecho en relación con la necesidad de contar con material de siembra que no sólo tenga calidad fitosanitaria adecuada, sino calidad fisiológica. La posibilidad de multiplicar rápidamente nuevos materiales con características deseables ha sido ajustada a través del cultivo *In vitro*. Sin embargo, esta sigue siendo una opción costosa y solo aplicables para la implantación de lotes básicos pequeños. Hoy día, se está investigando la

aplicación de biorreactores en la multiplicación acelerada de la yuca, un concepto que puede revolucionar la difusión de nuevos materiales, al reducir el costo de producción y aumentar la masificación del proceso.

Tabla 1. Eficiencia en el uso de nutrientes, de acuerdo con el tipo de planta (kg. Materia seca en raíces/kg. Nutrientes totales absorbidos). Ciat. 1996.

Clones	N	P	K	Ca	Mg
Altos					
CG 402-11	76	676	120	244	462
CM 4574-71	126	950	149	374	680
M Bra 110	79	634	114	304	524
M Mal 48	95	773	156	393	635
M Pan 51	89	753	138	321	694
Promedio	92	756	136	327	593
Intermedios					
CM 507-37	130	927	181	414	606
CM 2766-5	115	1001	141	451	795
CM 4729-4	113	836	145	472	699
CM 3299-4	108	995	197	349	664
SG 107-35	107	860	133	474	645
Promedio	115	913	156	428	676
	(24)*	(21)*	(15)*	(31)*	(14)*
Bajos					
CG 1141-1	125	1063	201	588	789
CG 1420-1	109	928	155	458	698
M Col 22	107	887	168	499	842
M Bra 900	91	797	125	408	658
SG 536-1	98	913	148	331	727
Promedio	107	926	161	456	746
	(16)*	(23)*	(18)*	(40)*	(26)*

***Valores en paréntesis representan porcentaje incremento en eficiencia de uso de nutrientes para clones intermedios comparados con los altos.**

Un área de investigación que fue iniciada en Ciat pero interrumpida, es la de propagación del cultivo a través de semilla sexual (Iglesias et al., 1994). Las ventajas de este sistema de propagación son las de actuar como filtro para la mayoría de las enfermedades, la posibilidad de manipularla más fácilmente y un potencial comparable o superior al de la yuca cultivada convencionalmente (Tabla No. 2). Sin embargo, deben investigarse aspectos relacionados con la producción de dicha semilla, la densidad de siembra y el manejo de malezas, entre otros aspectos. Este sistema de propagación sería sólo apto para la producción de raíces destinadas al procesamiento. La variabilidad intrínseca del cultivo propagado por semillas lo hace inconveniente para el mercado en fresco.

Tabla 2. Comparación de Parámetros Agronómicos a través de dos formas de propagación para material derivado del genotipo CM 430-30

Sistema de Propagación	Área foliar a los 120 días	Rendimiento de raíces (ton/ha).	Rendimiento de follaje (ton/ha)	Índice de cosecha
Vegetativa	5.4	41	50	0.45
Semilla sexual	2.4	43	35	0.55

Fuente: Iglesias et al, 1994.

REDUCCIÓN EN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Si observamos una estructura de costo normal para la Costa Norte (Tabla 3) la mayor parte de ellos se asocia con uso de mano de obra; a la siembra (24.4%) para el control de malezas (31%) o en la cosecha (33.3%). Esto puede considerarse como un aspecto favorable cuando se dispone de suficiente mano de obra familiar y se la quiere valorizar. Sin embargo, cuando se tienen planes ambiciosos para el desarrollo del cultivo, es importante reducir esa participación de la mano de obra en los costos totales, no sólo por reducir costos, sino por logística de trabajo. La forma lógica de hacerlo es a través de la mecanización parcial de las operaciones.

Siembra. Existen una serie de modelos de sembradoras y plataformas para siembra, que permiten aumentar la eficiencia de siembra de dos a seis veces. Las experiencias de las diferentes personas que las han utilizado en Colombia varían desde positivas a muy negativas, dependiendo la eficiencia del tipo de suelo y de la humedad del mismo. Igualmente, cuando se tiene la tradición de siembra vertical de estacas, la siembra mecánica se dificulta bastante.

Tabla 3. Estructura normal de costos para producción de yuca en la costa norte de Colombia. CIAT 1996.

Actividad o Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo/hectáreas
1. Preparación del terreno	Ha	1	120.000	120.000
2. Semilla/siembra				
Varas largas de 1 m.	Vara	2000	35	70.000
Transporte	Viaje	1	20.000	20.000
Preparación semilla	Jornal	5	6.000	30.000
Tratamiento	Jornal		6.000	3.000
Siembra (mano de obra)	Jornal	6	6.000	36.000
3. Control de maleza				
Aplicación				

preemergente				
Herbicida	Kg./lt.	3	9.250	27.750
Aplicación	Jornal	1	6.000	6.000
Desyerba manual (mo)	Jornal	12	6.000	72.000
Aplicación posemergente				
Herbicida	Lt.	2	10.000	20.000
Aplicación	Jornal	1	6.000	6.000
4. Fertilización				
Fertilizante	Kg	300	400	120.000
Aplicación	Jornal	5	6.000	30.000
5. Cosecha				
Mano de obra	Jornal	15	6.000	90.000
6. Asistencia técnica		1	30.000	30.000
7. Imprevistos (5%)				35.387
8. Subtotal costos directos				716.137
9. Costos indirectos				311.753
TOTAL				1.027.890

Control de Malezas. Lo ideal para producir un cultivo de yuca es la aplicación de una mezcla de herbicida en preemergencia más una limpia antes de cerrar el cultivo. Sin embargo, controlar las malezas a tiempo en yuca es uno de los aspectos más difíciles de infundir, sobre todo entre agricultores que tienen la tradición de cultivar granos. La dinámica de malezas en el campo es afectada también por el sistema de rotación, el riego, la época de siembra y la calidad del material de siembra.

Hoy día se cuenta con una nueva generación de herbicidas, los cuales no se han probado en yuca, y que podrían llegar a revolucionar el control de malezas.

La posibilidad de introducir genes de resistencia a herbicidas a través de ingeniería genética, no debería descartarse como una medida más en un paquete integrado de control de malezas.

Cosecha. El uso de diferentes modelos de arrancadoras, facilita la cosecha y puede representar un ahorro de hasta el 50% de la mano de obra. Sin embargo, la eficiencia de estos aparatos depende mucho del tipo de suelo, humedad del mismo, enmalezamiento, sistema de siembra, etc. (Díaz, 1981). El ajuste de estos aparatos, para minimizar las pérdidas en el campo y aumentar la eficiencia del trabajo, por ejemplo, a través del picado mecanizado del follaje cuando no se requiere cosechar material de siembra, son aspectos que merecen investigación en el futuro. Aquí también el área de mejoramiento puede hacer una contribución

importante a través del ajuste de forma y distribución de raíces que se adapten mejor a la mecanización.

AUMENTO DEL VALOR UNITARIO DE LAS RAÍCES DE YUCA

Una de las características intrínsecas de la yuca es su capacidad para deteriorarse rápidamente luego de cosechada (2-7 días). Este es un aspecto que tiene influencia directa sobre los altos márgenes de comercialización de las raíces en fresco, pero que en cierta forma afecta a la capacidad de funcionamiento de plantas de extracción de almidón o producción de material seco, al no poder almacenar materia prima, y verse obligadas a una compra continua. Dentro del germoplasma que maneja el Ciat (Iglesias et al, 1996) se han podido seleccionar materiales con capacidad de mantener su calidad por 15 días (Tabla No. 4). Sin embargo, esta es una característica muy influida por el ambiente, y se están investigando alternativas a través de biotecnología para modificar alguno de los genes que intervienen en el proceso del deterioro fisiológico.

Tabla 4. Deterioro poscosecha para genotipos extremos almacenados por 15 días. En Palmira y Villavicencio.

Genotipos	Villavicencio		Palmira	
	% Deterioro	% Materia seca	% Deterioro	% Materia seca
SM 627-5	2	33.9	5	35.1
SM 979-20	7	39.3	16	37.2
CM 7033-3	11	39.1	13	33.6
CM 7251-1	56	39.3	90	35.8
SM 985-9	64	33.9	91	32.7
CM 6986-10	76	37.1	79	33.4
Promedio	38	35.3	34	34.8
Correlación Det- %MS	-0.13 ns		0.08 ns	
Heredabilidad	0.44		0.59	

Fuente: Iglesias et al., 1996

Un alto contenido de almidón es deseable para todos los mercados. Específicamente, en el caso de producción de almidón o yuca seca si existiera un sistema de precios que premiase a las variedades de mayor contenido de almidón, se estaría valorizando la unidad de raíz mejorada.

El almidón de yuca se caracteriza por la capacidad de producir geles con alta viscosidad, claridad, resistencia al rozamiento, acidez y congelamiento. Una característica que afecta directamente al mercado de esta materia prima es la posibilidad de modificar genéticamente su estructura, pudiendo acceder a nuevos mercados, o aumentando el margen de beneficio, lo que podría traducirse en mejores precios para los agricultores.

Los almidones modificados tienen una amplia gama de aplicaciones en la industria y en la manufactura de alimentos. De acuerdo con sus aplicaciones son las necesidades de modificación del almidón nativo.

El trabajo de investigación en yuca se ha centrado en la obtención de variantes genéticas que permitan producir almidones con muy bajos contenidos de amilosa ("waxy"). El rango normal de concentración de amilosa varía de 16% a 28% (Wheatley et al. 1992). Se ha observado que el almidón de la especie silvestre *Manihot craccisepala* es de tipo "waxy"; sin embargo, existen bastantes problemas para transferir dicho gen a un entorno genético cultivado.

Hoy día se tienen construcciones de los genes que determinan la mayor parte de los procesos bioquímico que resultan en diferentes cadenas de carbono. Es así como ya se ha conseguido aislar al gen de la enzima que sintetiza el almidón y que está ligada al gránulo de éste (GBSS), la cual se responsabiliza de la síntesis e incorporación de amilosa. Silenciándola, se pueden tener genotipos con muy baja concentración de amilosa. También se están adelantando trabajos de mutagénesis en variedades ya cultivadas, para intentar cambiar genes que afectan el proceso de síntesis del almidón.

Otro tipo de almidón que está teniendo una demanda muy alta en el mercado internacional para la producción de papel y la industria alimenticia es el almidón fosforilado (Pi). En raíces y tubérculos, la fosforilación del almidón es de 5 a 10 veces más alta que en los granos; sin embargo, se necesita aumentarla aun más para que no haya la necesidad de una fosforilación química. En papa, ha sido posible incrementar por tres el contenido de Pi en el almidón, a través de selección convencional. Ya se han iniciado estudios para determinar el rango de variabilidad en yuca y poder implementar esquemas semejantes de selección.

Dentro de la valorización de los productos que se obtienen a partir del cultivo de la yuca, está la posibilidad de producir harina para el consumo humano. Se ha demostrado ampliamente (Eggleston E. Omoaka, 1994) la posibilidad de sustituir parcialmente a la harina de trigo en galletería y otros productos alimenticios. El uso del follaje de la yuca podría aparejar mayores beneficios al productor; pero aquí también se necesita investigación para implementar una logística para tal fin y estudiar el costo que representa en términos de nutrientes que se remueven del campo.

4. METODOLOGÍA

La propuesta del presente trabajo se desarrolló utilizando un Marco Teórico Conceptual, utilizando en tal sentido diversas fuentes para recabar la información sometida a análisis. En virtud de lo anterior se recurrió a información primaria y secundaria. La información primaria se obtuvo, utilizando el método exploratorio consistente en una serie de entrevistas informales a funcionarios de la Umata Municipal, de la Secretaria de Agricultura y Planeación Departamental, de Corpoica y a Personas conocedoras del Municipio; igualmente se hizo uso del método en profundidad, utilizando en tal sentido una encuesta el cual anexo, que alberga 55 preguntas, la cual en su elaboración se contó con la orientación del programa Regional de Sistemas de Producción de Corpoica en aras de recaudar una información, lo más amplia, posible que nos permitiese con el conocimiento de la zona y de la información procedente de fuentes secundarias, caracterizar el sistema de producción yuca en un Municipio tan importante como Pivijay.

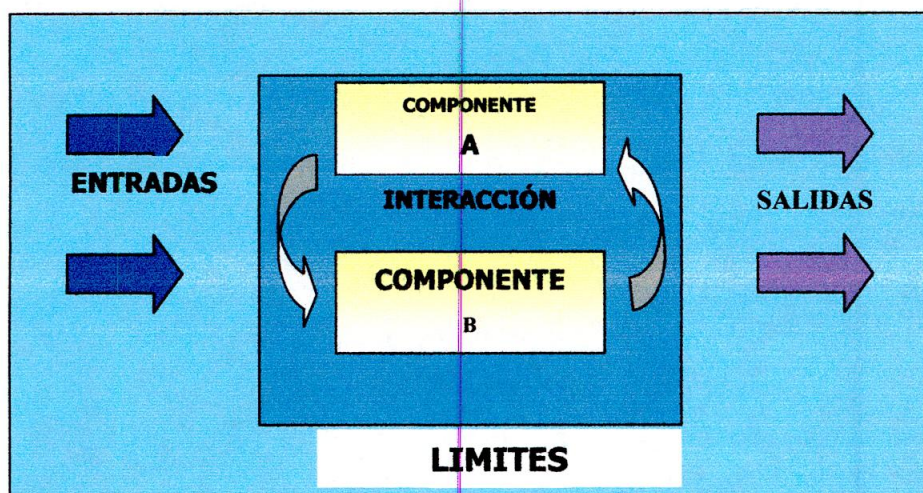
Al respecto puede anotarse que el presente trabajo se adelantó desarrollando cierto tipo de investigación descriptiva y teniendo en cuenta que sobre el municipio de Pivijay, se han efectuado algunos estudios previos importantes, y un 70% aproximadamente del área que se cultiva, se encuentra en la vereda La Colorada, constituida en su gran mayoría por pequeños productores, se optó por encuestar a 35 productores en el Municipio que representan aproximadamente un 5% del total de productores dedicados a este cultivo, cuya información obtenida sumada a las ya existentes, nos ayudó a efectuar una descripción tecnológica y socioeconómica del sistema de producción yuca y como tal identificar indicadores tecnológicos como: preparación del suelo, sistemas de siembra, rendimientos por hectárea, variedades utilizadas, practicas culturales, etc.; indicadores socioculturales como: tamaño promedio de los predios, tipo de productor, mano de obra e indicadores socioeconómicos, como mercadeo, infraestructura, créditos y comercialización.

Con la información captada de las fuentes secundarias proporcionada de estudios realizados por Corpoica, ICA, IGAC, URPA Magdalena y diagnóstico efectuados por el Municipio, se hizo la descripción del entorno natural, social y económico del municipio de Pivijay. Al respecto debe anotarse la importancia del apoyo en este trabajo del Programa de Agroecosistema de Corpoica, que con la identificación de las zonas agroecológicas del Municipio de Pivijay, sumada al conocimiento de la Zona, se puede conocer la aptitud de los suelos y confrontar la oferta con la demanda ambiental.

Finalmente con la metodología utilizada y el producto obtenido con la caracterización del sistema de producción en estudio que nos permite conocer la tecnología local del productor, identificar y priorizar las necesidades y potencialidades del mismo (Sistema Productivo), se procedió a elaborar y someter a consideración del Comité Evaluador del Instituto de Postgrado de la Universidad del Magdalena, este trabajo denominado "Propuesta con enfoque Sistémico y Criterio de Sostenibilidad para el Manejo Integrado del Cultivo de la Yuca en el Municipio de Pivijay, Departamento del Magdalena y que como tal, ella no constituya un fin en sí misma, sino que constituya sólo una de las fases del proceso de investigación – transferencia, sustentándose en los logros de etapas anteriores y posibilitando el avance hacia otras posteriores.

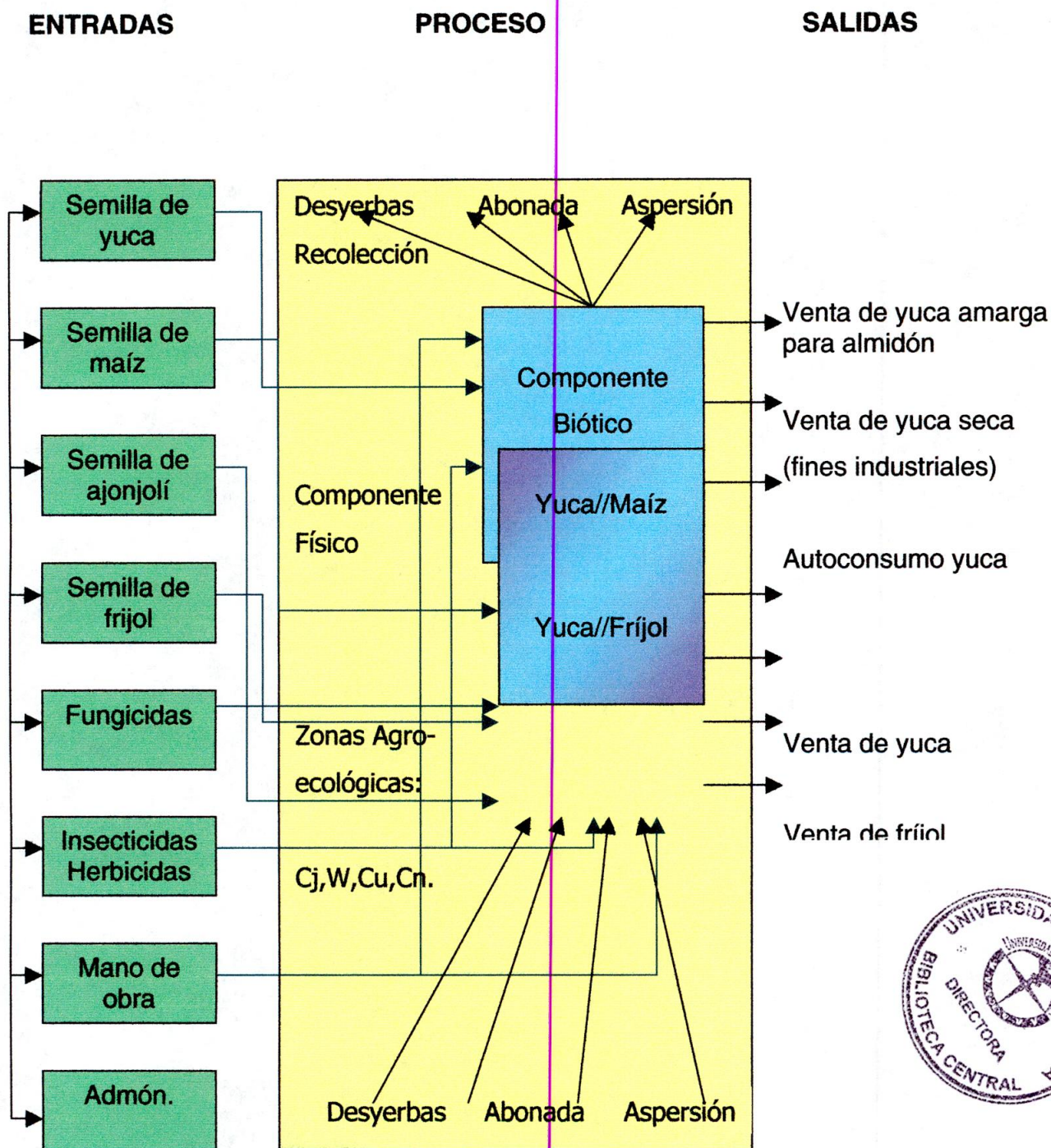
Como algo adicional puede manifestarse que la metodología de sistemas de producción está siendo aplicada en el campo agrícola por varios países e instituciones desde la década de los 70. En Colombia, después de algunos esfuerzos aislados, esta metodología ha venido institucionalizándose para abordar procesos de investigación, transferencia de tecnología y asistencia técnica. La metodología de sistemas de producción busca analizar la problemática y potencialidad de los sistemas de producción mediante una visión integral de los diferentes componentes, teniendo como centro de decisión al hombre, en razón de que un sistema de producción agropecuario es un conjunto de actividades que un grupo humano (pequeños productores, por ejemplo) organiza, dirige y realiza de acuerdo con sus objetivos, cultura y recursos, utilizando distintas prácticas tecnológicas en respuesta al medio físico, para obtener diferentes producciones agrícolas, definición esta que nos da una idea de los distintos tipos de componentes que interactúan en un sistema de producción agropecuario como son: Físico (clima, suelos, etc.), biótico (cultivos, especies animales, etc.), económico (capital invertido, variabilidad de precios, etc.) y sociocultural (costumbres, tradiciones, grupos étnicos, etc.) y las características de esos componentes son la base para la clasificación de los sistemas agropecuarios que de una manera univariada pueden ser de tipo antropológico, geográfico, ecológico, biológico, agroalimentario, físico, social, económico, etc. según el objetivo que se tenga para el análisis. Por ejemplo, un sistema de producción yuca, constituye aquella combinación de factores de producción en el tiempo y espacio geográfico, continuo o discontinuo, que hacen los productores cuya función objetivo es la producción de raíces (tubérculos) indistintamente de su uso posterior, ya sea para fines de consumo fresco o industrial (almidón – concentrado animal, etc.), igualmente que como todo sistema posee: límites, entradas, componentes, interacciones y salidas, el cual puede representarse así: (Figura 1)

Figura 1. Limites, entradas y salidas Sistema de Producción



Igualmente para comprender toda la complejidad de un sistema real, se requiere una simplificación en el cual se encuentran especificados todos los elementos e interrelaciones que son relevantes con respecto al objetivo del análisis; es decir se debe construir un modelo el cual se representa por medio de diagramas simples o de modelos matemáticos complejos. Teniendo en cuenta que los diagramas más utilizados para la representación de sistemas son los llamados "Diagramas de Hart" en los que cada sistema es conceptualizado como un conjunto de subsistemas, el sistema Yuca en términos generales y en particular en el Municipio de Pivijay se puede representar así: (Figura 2)

Figura 2. Diagrama de un sistema de producción yuca en el Municipio de Pivijay



5. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1. PRINCIPALES ASPECTOS DEL MUNICIPIO DE PIVIJAY

El Departamento del Magdalena está conformado por 30 Municipios (Figura No. 3), los cuales cubren un área de 23.188 Km², resultando Santa Marta, el de mayor extensión con 2.323 Km², siguiéndole en su orden Aracataca con 1.985 Km², Plato con 1.808,7 Km² y Pivijay ocupando el cuarto lugar en 1.671,7 Km².

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Latitud Norte: 10° 28' 00"

Longitud Oeste: 74° 37' 14"

Arrea Km²: 1.671.7

Altura sobre el nivel del mar: 4m

Temperatura promedio X: 28°C

Precipitación media anual: 1.525 mm

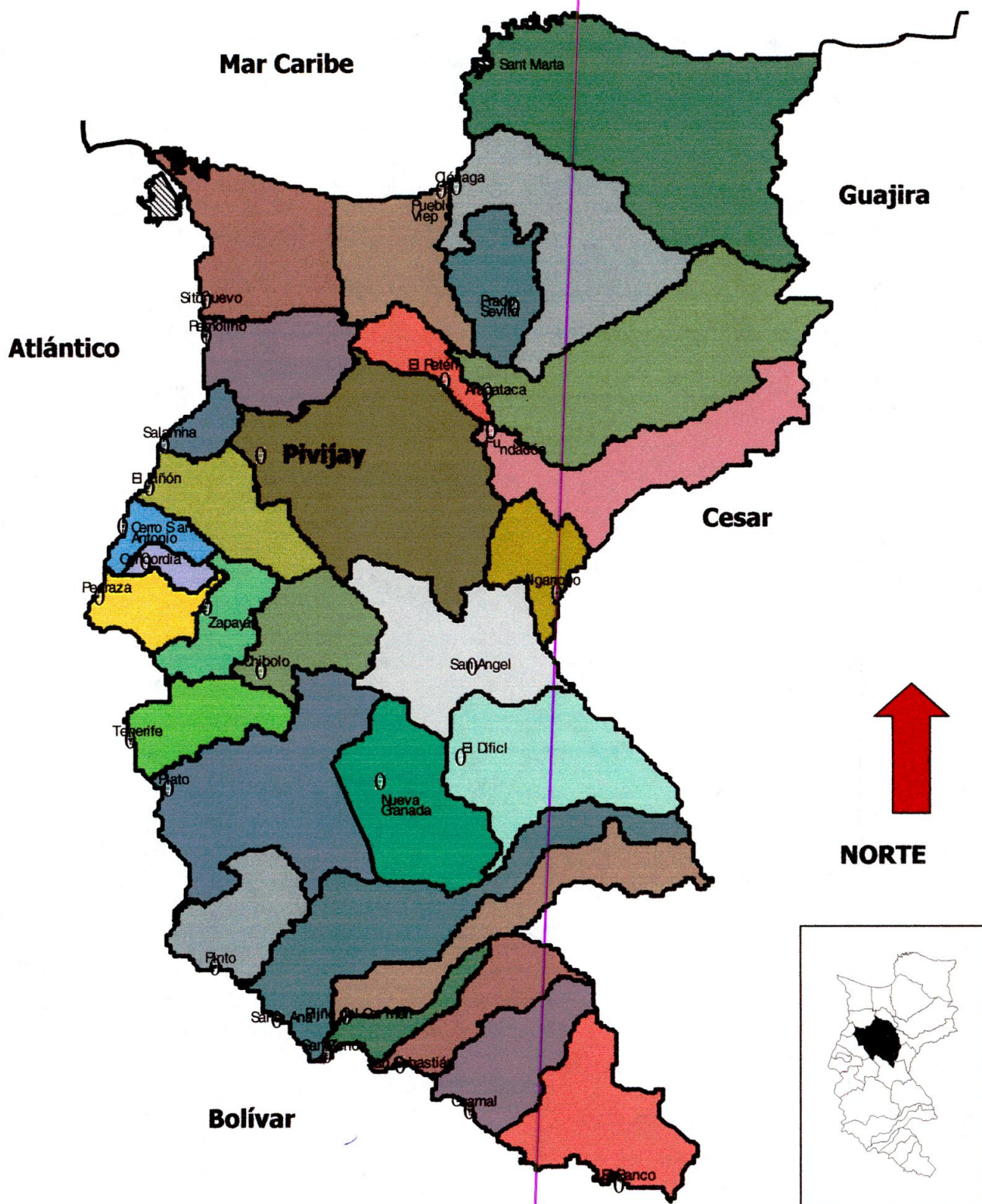
Piso término: Cálido

Limites: N: Remolino, El Retén
 E: Aracataca, Fundación, Algarrobo
 S: Chivolo y San Angel
 O: El Piñón, Salamina

Hacen parte del municipio los corregimientos de Avianca, Caraballo, Chinoblas, Estación Villa, Flores de María, Garrapata, Las Canoas, Las Piedras, Medialuna, Monterrubio, Paraco, Piñuela, Placita Pueblito de los barrio y Salamina (Figura No. 4).

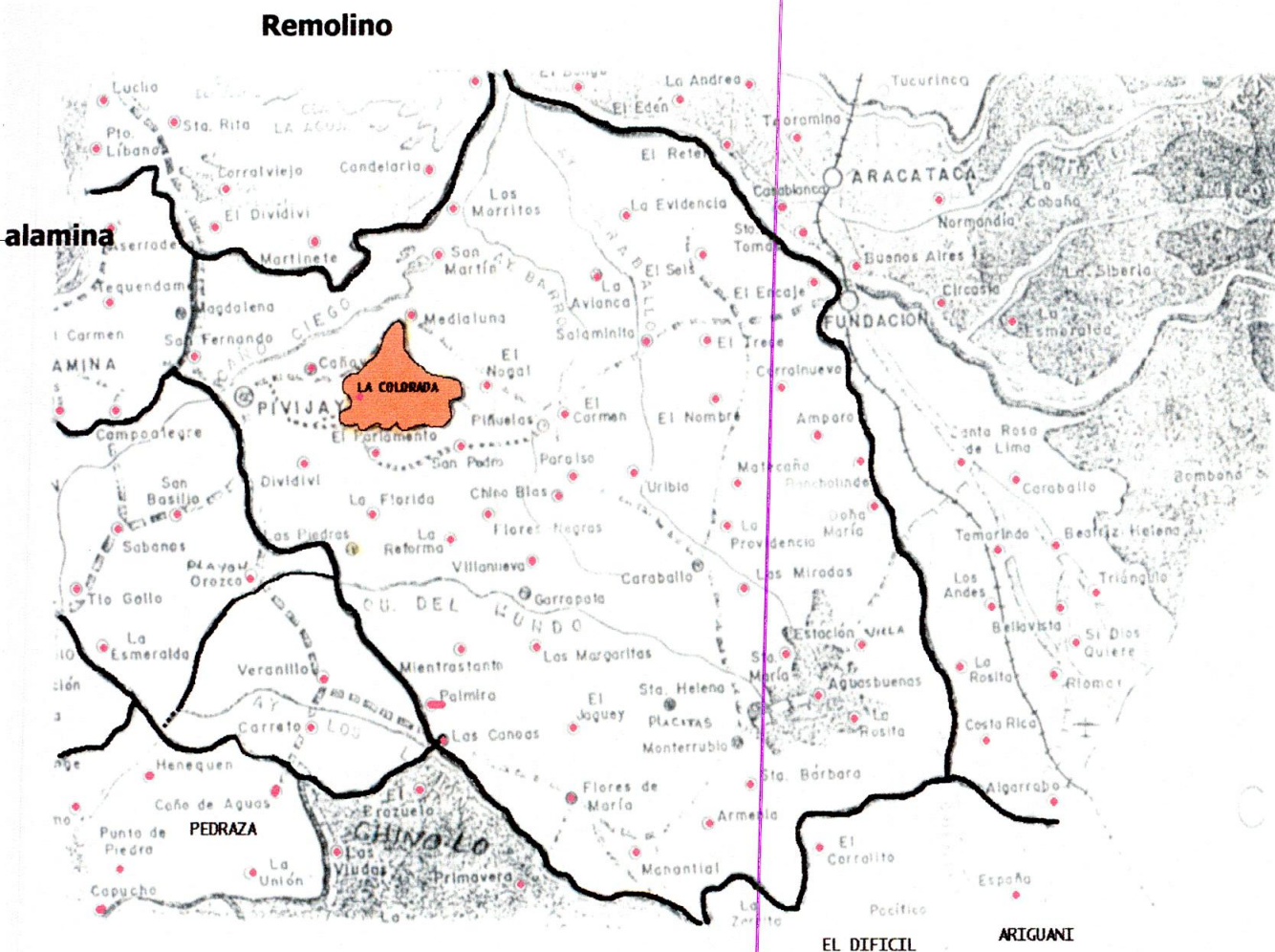
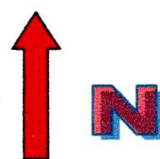
El terreno es plano con algunas elevaciones al sur y oriente que no sobrepasan los 150 m sobre el nivel del mar y un sector pantanoso al norte, cerca de la Ciénaga Grande de Santa Marta, donde se destacan las ciénagas de Don Miguel, La Burra y el Playazo; los caños Cuatrobocas, Ciego (Schiller), La Concepción, etc. En el Departamento del Magdalena se observan tres Microrregiones como son Sierra Nevada, Zona Bananera y Bajo Magdalena, microrregión ésta última en donde se encuentra el Municipio en estudio, la cual representa un 64% de la superficie total del Departamento.

Figura 3. Mapa de División Política y Administrativa del Departamento del Magdalena.

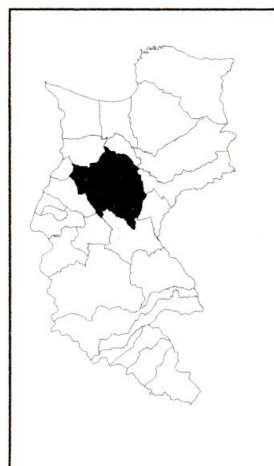


Fuente: Gobernación del Magdalena
Anuario Estadístico, 1999

Figura 4. Mapa de la Jurisdicción del Municipio de Pivijay



Fuente: Gobernación del Magdalena.
Anuario Estadístico 1999



Las zonas Agroecológicas conforman, espacios claramente delimitados, en donde interactúan variables agrofísicas poco modificables a corto y mediano plazo. Entre las zonas agroecológicas más importantes figuran: Cj, Cu, Cn y W. (Figura 5). El Municipio según la clasificación de Holdridge se encuentra en la vegetación Bosque seco tropical (Ver Figura 6). Al respecto en una zona factores tales como el clima, el relieve, el suelo, los animales y el hombre influyen en el tipo de vegetación.

Debe Señalarse que el Bosque seco tropical (bst), presenta como características climáticas y orográficas alturas que oscilan de 0 a 1.100 metros aproximadamente; precipitación promedio anual entre 1.000 y 2.100 mm., y una temperatura superior a 24°C. Este tipo de vegetación se desarrolla sobre suelos de la clase I, que son normales de los planos aluviales y bien drenados, con pendientes del 1 –3%, y texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas y su capacidad de retención de agua aprovechable es relativamente baja; pero prácticas combinadas de riego y fertilización hacen que estos suelos se conviertan en productivos.

Este tipo de formación o sea el bosque seco tropical representa una de las zonas agrícolas más importantes de Colombia y su tipo de pasto predominante es la guínea, pará, angleton, estrella africana y gramíneas naturales, en todas las sabanas ya que “los pocos bosques originales que aún quedan en esta formación, tienden a desaparecer, debido a la continua incorporación de ellos a sistemas de agricultura intensiva y a ganadería.

Igualmente debe señalarse que este tipo de vegetación, del cual el Municipio de Pivijay hace parte, se encuentran también suelos de las categorías II – III y IV de acuerdo al estudio de suelos en el Departamento del Magdalena (Figura 7).

Referente a los humedales del Magdalena encontramos en el Municipio de Pivijay, el caño Schiller que es el mismo caño ciego que trae sus aguas del Río Magdalena y alimenta por el sur a la Ciénaga Grande e irriga extensas zonas de los Municipios de el Piñón, Salamina, Pivijay y Remolino. La Ciénaga Grande de Santa Marta, es considerada como la más importante de todas las ciénagas del Departamento, tanto por su extensión, su situación geográfica y por la riqueza ictiológica que contiene, cuyo valor económico es inestimable. Tiene una extensión superior a los 1.500 Km², con una profundidad que varía de los 2 a los 6 metros que le permite ser navegable por embarcaciones menores.

Población: Urbana: 20.823 hab. Rural: 22.569 hab. Censo: 93 (Total 43.392 habitantes).

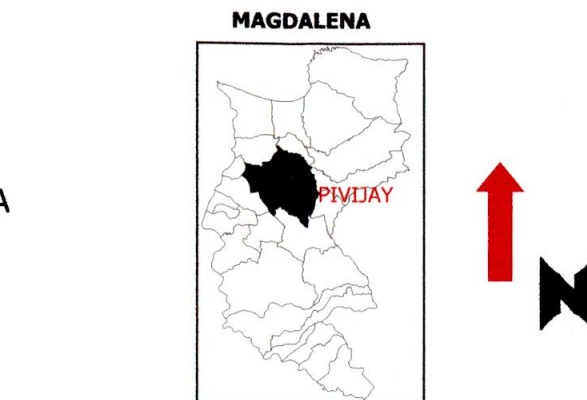
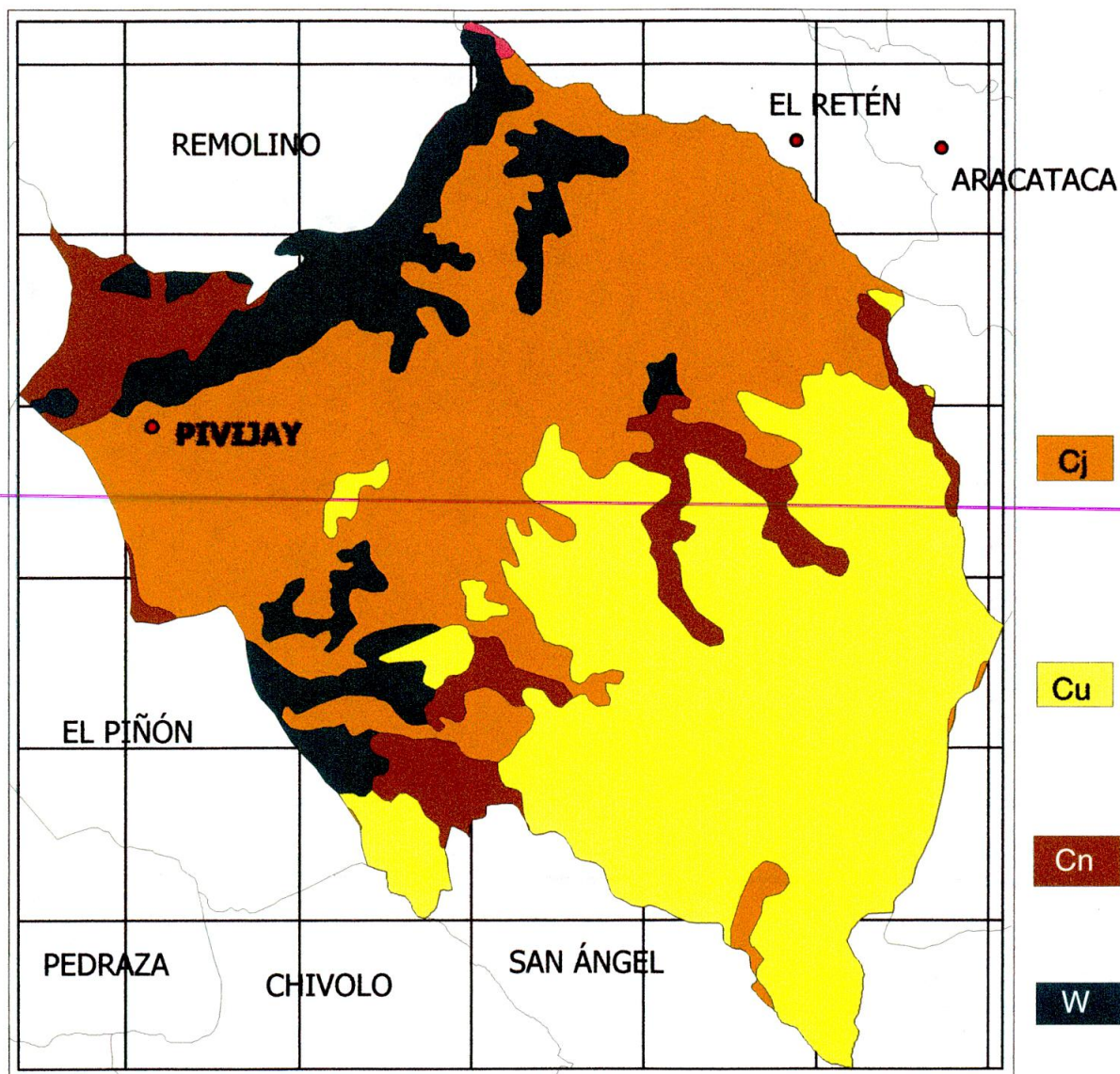
Actividades económicas: sobresalen la ganadería, la agricultura y el comercio; Principales cultivos: maíz (3.850 has), yuca (3.500 has), ajonjolí (3.000 has), Palma africana (60 has), arroz (2.500 has), frijol (225 has) y pastos. En el

municipio se destinan unas 13.265 hectáreas a la parte agrícola y 195.728 hectáreas para pastos para un total de 221.216 hectáreas, con una población bovina aproximada de 142.865 animales.

José Florez, Julián Valera y Antonio Sánchez fundaron la población en el año de 1774; el municipio fue creado mediante ordenanza No. 74 de 1912. También debe anotarse que los suelos de la vereda la Colorada son explotados en forma de ejidos, que vienen siendo tierras explotadas por la comunidad sin derecho a enajenarlas; sus suelos son de textura liviana y de una muy baja fertilidad.

Tiene una de las más dilatadas áreas territoriales entre los municipios del Magdalena con 1.671.7 Km². la zona montañosa apenas alcanza altura de 150 mts, y tiene una región pantanosa, en que se encuentran varias ciénagas, que dan opciones en algunos tiempos la pesca artesanal.

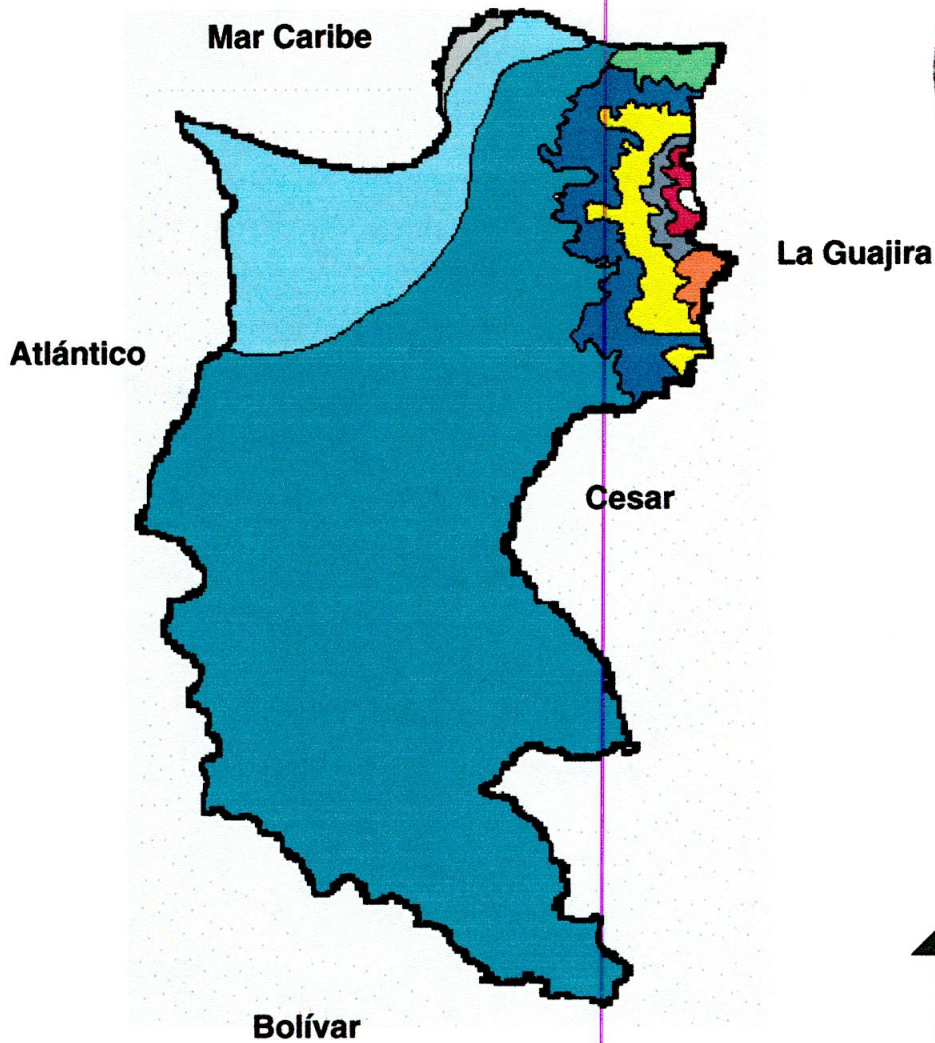
Figura 5. Mapa de Zonas Agroecológicas Homogéneas del Municipio de Pivijay



LEYENDA

- Cj** Tierras de las planicies aluviales, de relieve plano con pendientes menores del 3%. Sus suelos, desarrollados a partir de materiales sedimentarios, presentan de muy baja a moderada evolución, son superficiales a profundos, bien drenados y de fertilidad de moderada a alta. Tierras aptas para cultivos transitorios (arroz, yuca, ñame, sorgo, algodón y maíz), permanentes (plátano, palma africana) de tipo comercial y para ganadería semi-intensiva. Para su utilización intensiva se requiere riego suplementario.
- Cu** Tierras de las colinas, de relieve ondulado a quebrado, con pendientes hasta del 25%. Sus suelos, desarrollados de materiales sedimentarios a arcillosos, presentan de baja a moderada evolución, son superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, de moderada fertilidad y susceptibles a la erosión; localmente están afectados por sales y/o sodio. Tierras aptas para ganadería extensiva; en algunas áreas, con adecuadas prácticas de manejo, pueden establecerse ganadería semi-intensiva y cultivos transitorios y permanentes (maíz, tabaco negro, ñame, frutales).
- Cn** Tierras de las planicies aluviales y fluvio-lacustres, de relieve plano a ondulado con pendientes menores del 12%. Sus suelos, desarrollados a partir de materiales sedimentarios, presentan de baja a moderada evolución, son superficiales, bien drenados y de fertilidad de moderada y están localmente limitados por pedregosidad o nivel freático. Con adecuadas prácticas de manejo y/o riego pueden esblecerse cultivos transitorios (arroz, yuca, ñame, algodón y maíz), permanentes (palma africana) y en ganadería semi-intensiva.
- W** Tierras de las planicies aluviales sujeta a inundaciones periódicas de relieve plano con pendientes hasta del 3%. Sus suelos formados a partir de materiales sedimentarios, presentan poca evolución y mal drenaje. En épocas secas son aptas para ganadería. Con obras de adecuación pueden establecerse cultivos (arroz). Incluye áreas pantanosas que se deben proteger para mantener el equilibrio ecológico.

Figura 6. Mapa Ecológico del Departamento del Magdalena



Norte

-  Monte espinoso tropical
-  Bosque muy seco tropical
-  Bosque seco tropical
-  Bosque muy húmedo subtropical
-  Bosque muy húmedo montaña bajo
-  Páramo pluvial subalpino tundra pluvial alpina
-  Bosque pluvial montaña
-  Bosque muy húmedo montaña
-  Bosque húmedo tropical
-  Formación nival

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1973

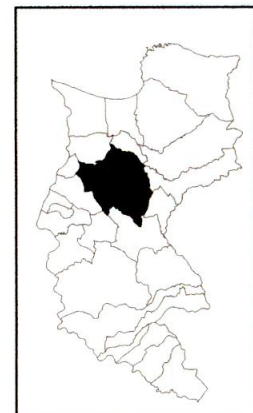
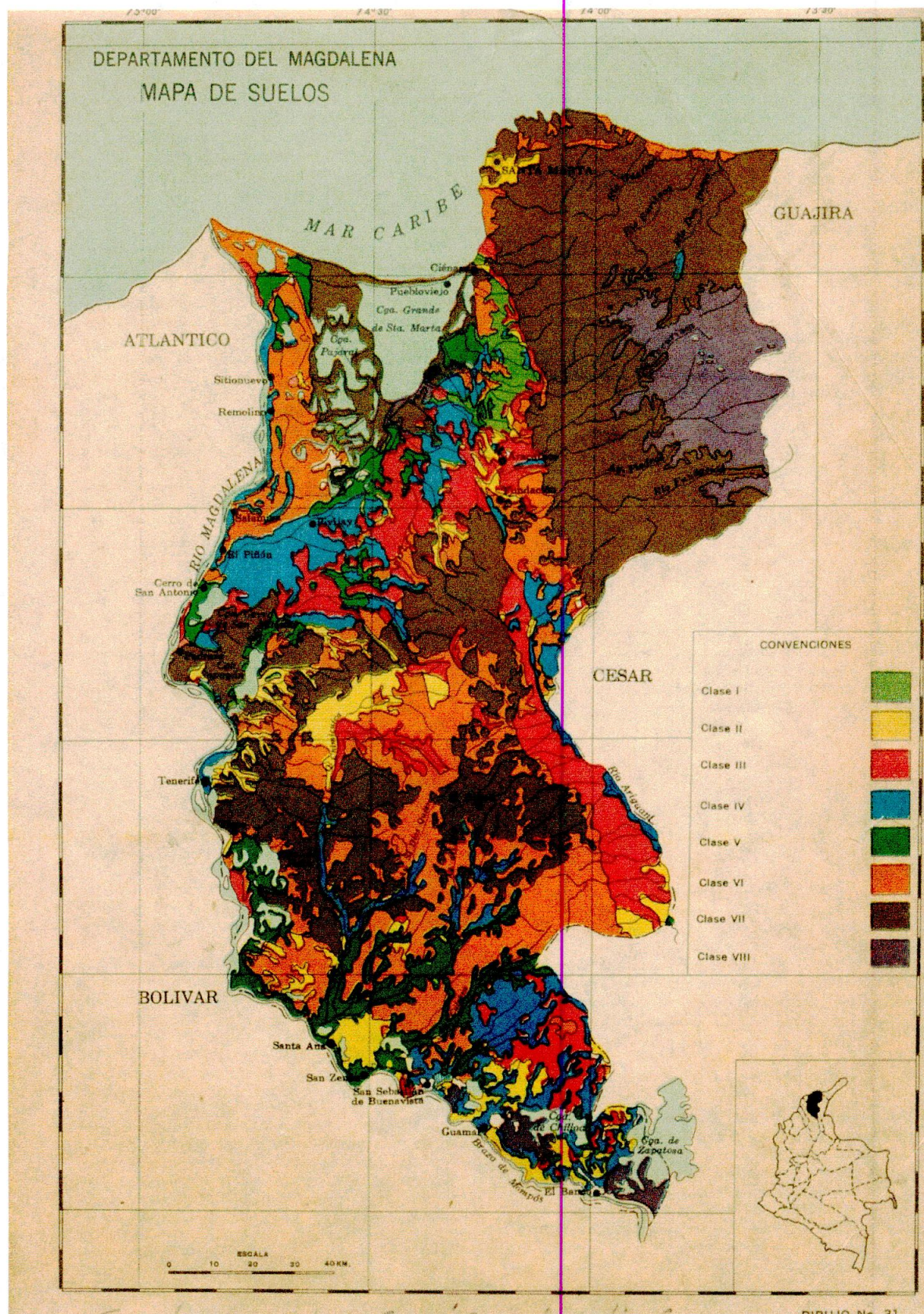


Figura 7. Mapa de Suelos del Departamento del Magdalena.



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1973

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 CARACTERIZACIÓN DE NÚCLEOS PRODUCTIVOS DE YUCA

La caracterización arrojó la siguiente información para cultivos semitecnificados y tradicionales, tal como se relaciona a continuación:

IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y ACTORES

El 40% de los agricultores de yuca de esta zona utilizan maquinaria para la preparación de suelo; un bajo porcentaje (2%) realizan práctica de fertilización y la asistencia técnica en su gran mayoría la presta la UMATA.

El 90% de los agricultores manifiestan que la variedad de yuca que más siembran es la Venezolana, la cual viene siendo afectada por la enfermedad denominada bacteriosis (Xanthomonas sp), y el 10% de los agricultores restantes manifiestan que siembran otras variedades como ICA-Costeña, Blanca Mona, ICA Negrita y la Luis, entre otras.

La preparación del suelo se realiza con arado y rastrillo. Al respecto generalmente aplican dos pases de rastrillo y en algunos casos antes de hacer estas labores se utiliza el corta malezas.

Para el tratamiento de semilla los agricultores usan algunos productos como Oxiclورو de Cobre, Malathion y Lorsban. Esta práctica únicamente la hace un 5% de los agricultores, lo que indica que un 95% de los agricultores no protegen su semilla para su almacenamiento y estado inicial de desarrollo en campo del cultivo.

El control de malezas es manual en su gran mayoría (90%) y un 10% utiliza pre-emergentes como Lazo y Karmex, situación esta que debe manejarse con criterio técnico por la naturaleza liviana de los suelos.

Las plagas que más se presentan son el barrenador del tallo (Chilomina clarkei) en un 48%, comején en un 11% y gusano cachón (Erinnyis ello) en un 28%, y el resto 13% corresponden a ataques de ácaros (Mononychellus tanajoa y Tetranychus

urticae) y Trips (Frankliniella sp y Corynotrips stenopterus) La mayoría de estas plagas son controladas con aplicación de productos como Malathion a excepción del control del cachón que se efectúa en forma manual. En cuanto a enfermedades se reporta la presencia de la bacteriosis "Chamusquina" (Xantomona sp.), cuero de sapo, pudrición bacteriana del tallo (Erwinia carotovora) y pudriciones del tallo (Diplodia sp) entre otras. Para estas enfermedades no se realiza ningún control fitosanitario.

Con relación a la cosecha se realiza en forma manual y la clasificación de las raíces comerciales como las no comerciales se hace en el lote para luego empacarlas en bulto o en sacos de fique y polietileno. El transporte en el lote se maneja con animales (burros) o tractores.

Cuando la yuca se vende para consumo en fresco, el transporte lo asume el comprador. Cuando se vende a la industria para el picado y secado, los costos del transporte lo asume el productor.

Con relación a los agricultores que siembran en forma tradicional (60%) la preparación del suelo consiste principalmente en tumba de rastrojo alto, quema y descepe. No se hace tratamiento químico a la semilla (cangres). Al respecto puede expresarse que con la quema se afecta la materia orgánica de los suelos.

El control de malezas mayoritariamente es manual (95%) y en contados casos (5%) hacen aplicaciones de post-emergentes (herbicidas).

Para el control de plagas, que son similares a las anotadas anteriormente, los agricultores utilizan el control químico, con productos como Lorsban y Malathion. Para el control de enfermedades no se hace ningún tratamiento, siendo las más frecuentes bacteriosis y cuero de sapo.

La cosecha es similar a la descrita en el sistema de producción semi-tecnificado.

En general las malezas predominante en este sistema de producción, son Hoja ancha: malva (Malachra alceifolia), Bledo (Amaranthus sp), Verdolaga (Portulaca oleracea), Escobilla (Sida rhombifolia), Topotoropo (Physalis spp) y malezas de hoja angosta, como: Paja Mona (Leptochloa filiformis), Guardarrojo (Digitaria sanguinalis), Coquito (Cyperus rotundus), Rabo de Zorro (Andropogon bicornis), Pata de Gallina (Eleusine indica), etc.

TIPIFICACIÓN POR ESLABONES

Para la priorización de categorías de productos se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: nivel tecnológico, importancia del cultivo, nivel de integración, tamaño de la finca, capacidad de gestión y tipo de organización.

Nivel Tecnológico: El nivel tecnológico en esta zona es heterogéneo está distribuido de dos formas: una parte de los agricultores (40%) utilizan arado, rastrillada y corta maleza. La otra parte (60%), no utiliza maquinaria, solamente hace la preparación del suelo, como tumba de monte, quema y desplante o descepe.

Importancia del Cultivo: La yuca es el cultivo más importante en la zona y en su gran mayoría (80%), esta es sembrada en asociación con cultivos, como: maíz, frijol, ajonjolí y patilla. Estos cultivos se utilizan para amortizar parte de los costos del cultivo antes de cosechar la yuca. Al respecto los municipios del Departamento donde más se cultiva yuca son: Plato, Pivijay, Guamal, San Sebastián, Chibolo, Tenerife y otros, y que de acuerdo al URPA (Secretaría de Agricultura) del Magdalena en el año 2001 se sembraron en el Departamento del Magdalena aproximadamente unas 18.267 hectáreas.

Nivel de Integración: La mayoría de los agricultores (95%) vende su producción de yuca sin contrato previo. Algunos productores (5%) reciben insumos a crédito, de asociaciones como Asoyuca, a la cual le pagan con la venta de la cosecha, cuyo destino principal es el picado y secado.

Tamaño de la finca: El 68% de los predios de este núcleo tienen un tamaño que fluctúa entre 0.5 y 10 hectáreas: el 9% entre 20 y 30 hectáreas y el 23% restante con áreas mayores a 30 hectáreas.

Del área cultivada, el 70% está en manos de pequeños productores, con extensiones que fluctúan entre 0.5 y 1 hectárea. El 18% de los agricultores cultivan entre 1 y 3 hectáreas y el 12% cultivan más de 3 hectáreas.

La tenencia de la tierra en este núcleo está distribuida así: propietario o poseedores 50%, arrendatarios 32% y aparcero o colono 18%.

Capacidad de gestión: El 97% de los agricultores no utiliza crédito bancario, utilizando el mercado extrabancario y/o capital propio.

Tipo de organización: El 11% de los agricultores está organizado en asociaciones y cooperativas, llevando registros contables de la producción. El resto (89%) cultiva en forma individual.

De todo esto, puede expresarse que la yuca es el cultivo de mayor importancia en el Municipio de Pivijay, Departamento del Magdalena e igualmente se presentan

algunas diferencias en cuanto a preparación del suelo, ya que un 60% de los agricultores no utilizan mecanización y el resto hace algunas labores como arada, rastrillada y cortamaleceada. Con relación al sistema de siembra, el 80% del área se siembra en asociación y el 20% restante como monocultivo.

La producción en su gran mayoría 95% se vende para consumo en fresco y el 5% para el picado, secado y la industria del almidón.

6.2 PROBLEMÁTICA E IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES SOBRE EL RECURSO SUELO

6.2.1 Problemática

En el municipio de Pivijay, ubicado en la subregión del Bajo Magdalena, en el Departamento del Magdalena y en especial la vereda la Colorada, la cual constituye un poco más del 70% del área que se cultiva, de acuerdo a la información obtenida a través de las fuentes secundarias y primarias, se siembran aproximadamente de 3.000 a 4.000 has en yuca por unos 800 pequeños productores, identificándose en tal sentido en el citado Municipio, diferentes arreglos como son: yuca sola, yuca intercalada con maíz, yuca intercalada con frijol y en menor proporción yuca intercalada con ajonjolí. Los rendimientos promedios para consumo fresco están alrededor de las 5 a 6 toneladas de raíces frescas por hectáreas, los cuales están muy por debajo del promedio nacional, que es de 9 toneladas/Ha. (Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural. 1997).

Estos bajos rendimientos obedecen a varios factores entre los cuales sobresalen lo referente al uso de semilla de baja calidad, malezas, y contenidos muy bajos de nutrientes (M.O, fósforo, potasio, etc.) en los suelos, ataque de plagas y enfermedades entre las cuales sobresalen: El añublo bacterial (Xanthomonas campestris), pudrición bacterial del tallo (Erwinia carotovora), pudriciones del tallo (Diplodia sp), pudrición radical (Phytophthora y Pytium sp), Ácaros (Mononychellus tanajoa, Tetranychus urticae), Trips (Frankliniella sp, Corynotrips stenopterus), Barrenadores del tallo (Chilomina sp), gusano cachón (Erinnys ello), y últimamente se vienen observando focos de la enfermedad cuero de sapo.

Lo anterior (Niveles altos de competencia de malezas y de daños de plagas y enfermedades entre otros), en ocasiones conllevan a un uso inadecuado de agroquímicos originando como producto de ello resistencia gradual de las plagas a dichos productos, así como la contaminación ambiental y los efectos colaterales sobre organismos no dañinos, especialmente sobre animales domésticos, fauna natural, aves, el hombre y por ende, se ocasiona una reducción y simplificación de los componentes bióticos de los ecosistemas agrícolas.

Debe señalarse que el cultivo de la yuca es muy tradicional y prioritario en la zona y en razón a problemas de manejo sus rendimientos han venido decreciendo en forma notoria, igualmente sus suelos arrojan cada vez más una disminución en su fertilidad, situación esta que denota interés para las entidades investigadores del ramo.

Teniendo en cuenta que hoy en día la yuca figura en los planes del gobierno (pro agro) debido a sus diversos usos (alimentación humana, animal y fuente de materia prima para la industria) de incrementar áreas y rendimiento, es menester que ello debe ir acompañado de alternativas tecnológicas que al integrarse a otras prácticas de cultivo (uso de semilla de buena calidad, rotación de cultivos, cultivos asociados, control de malezas y densidades de siembra adecuadas, entre otras) garanticen un manejo integrado del cultivo que conlleve a unos mejores rendimientos, a una recuperación y mantenimiento de los niveles de fertilidad de los suelos donde se cultiva y cultivará la yuca, lo mismo que a un uso racional de los agroquímicos enmarcado en un manejo integrado de plagas y dentro de los principios de equidad, competitividad y sostenibilidad.

6.2.2 Impacto Ambiental

Los impactos producidos por las comunidades humanas sobre el recurso “suelo” se remontan en el pasado hasta la revolución de la agricultura en el Neolítico cuando el hombre desarrolla las técnicas de domesticación de plantas y animales. Desde el Neolítico hasta la época moderna, la sociedad fue acumulando una serie de conocimientos en torno a las relaciones entre planta – suelo – agua que se concretan en los modernos agro-ecosistemas, donde las relaciones entre estos tres componentes son controladas conscientemente en aras a conseguir una mayor productividad vegetal (cultivo) o animal (ganado).

La agricultura y la ganadería continúan siendo las actividades generadoras de mayor impacto sobre los suelos, los cuales se expresan por erosión y degradación, por contaminación química y por avance de las áreas cultivadas a expensas de los ecosistemas naturales.

Los impactos ambientales de las actividades humanas sobre el recurso suelo, por lo general se concatenan con impactos que se extienden a otros componentes de los ecosistemas, especialmente a las aguas, la flora, la fauna y al valor estético del paisaje.

6.2.2.1 Caracterización de los Impactos

Algunas acciones importantes arrojadas en las fuentes de información, que se realizan dentro de las actividades en el cultivo, en el Municipio de Pivijay son:

- Manejo inadecuado del suelo.
- Uso de pesticidas para el control de malezas, plagas y enfermedades.
- Uso de fertilizante en algunos cultivos para garantizar aumentos en los rendimientos por hectárea.

Manejo inadecuado del suelo. Las continuas quemas y siembras con yuca sin ningún tipo de rotación y el uso de maquinaria agrícola en la preparación de los suelos, no obstante a su textura liviana vienen incidiendo notablemente en la erosión y degradación de los suelos.

Uso de pesticidas (herbicidas, fungicidas y plaguicidas). El uso de estas sustancias tropieza inicialmente con ciertas dificultades como son: las sustancias empleadas son demasiadas amplias en sus efectos, resultando no solo toxicas a los organismos contra los cuales se aplica sino también para otras especies. Los insecticidas se convirtieron en un arma de doble filo, que termina atacando a los enemigos naturales de los insectos, a los insectívoros; dependiendo de su persistencia en el tiempo y algunas veces incluso al incrementar su concentración, como ocurre a lo largo de las cadenas alimenticias constituye un peligro para otros organismos incluido el hombre; para el caso de los insecticidas, los insectos desarrollan gracias a su plasticidad y alta tasa reproductiva, cepas resistentes al veneno, no así sus predadores naturales (insectívoros).

Para evaluar la propensión general a la contaminación del suelo con pesticidas es necesario conocer la naturaleza y tipo del contaminante. Los contaminantes se clasifican en dos grupos: Biodegradables, que pueden absorberse y descomponerse en el suelo y los persistentes en el suelo, que lo contaminan y afectan la fauna edáfica.

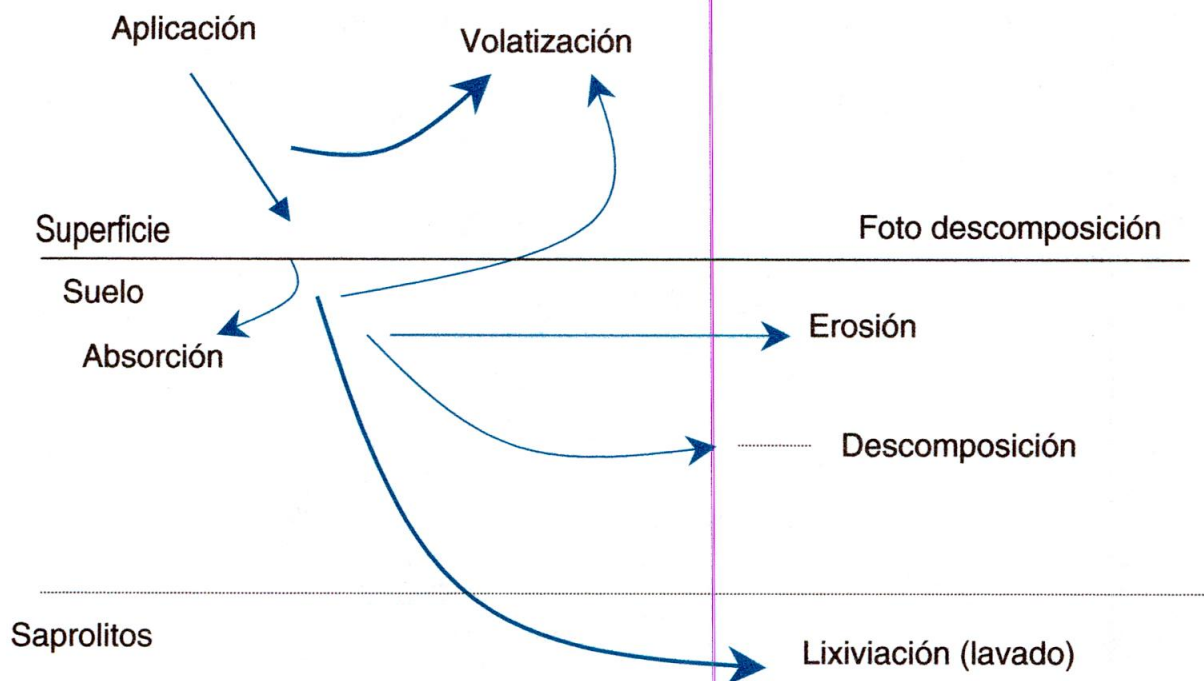
El factor mas importante en la contaminación de los suelos con pesticidas y herbicidas es el contenido de materia orgánica. Las sustancias contaminantes pueden:

- Absorberse en la materia orgánica
- La presencia de materia orgánica favorece el crecimiento de los organismos del suelo, los cuales a su vez descomponen las sustancias biodegradables.

En estos casos, el grado de contaminación de los suelos con pesticidas y herbicidas biodegradables, es función del grado de actividad biológica en el suelo. Para el caso de pesticidas y herbicidas persistentes, depende de la capacidad de absorción del suelo.

El destino y trayectoria de los pesticidas y herbicidas biodegradables es como sigue (Figura No. 3).

Figura 8. Destino y trayectoria de los pesticidas y herbicidas biodegradables



Fuente: Cuervo Fuentes Hernán, 1997.

Los plaguicidas de elevada vida media (persistentes) provocan una fuerte depresión de la fauna edáfica y por consiguiente inciden en una disminución de la fertilidad.

Un estudio de características químicas de los suelos en el municipio de Pivijay, arrojó los siguientes resultados: (tabla No. 5).

Textura	Ar.
PH	7.3
M.O %	0.42
P(p.p.m.)	5.8
Ca meq/100g	1.68
Mg meq/100g	0.18
K meq/100g	0.13
Na meq/100g	0.17
C.E. dSm	1.56
PSi	7.87

Con base a los resultados arrojados en los análisis de suelos adelantados en la zona, podemos manifestar que los suelos del municipio de Pivijay, son livianos, de baja fertilidad, pobre en materia orgánica y en los elementos potasio y fósforo, lo que denota una baja capacidad de absorción y baja actividad de los organismos del suelo, razón por la cual el uso de los pesticidas debe hacerse en forma racional y por recomendaciones técnicas, en razón a la baja capacidad de descomposición de las sustancias biodegradables en el suelo. También debe anotarse que por su textura liviana (Arenosos) la lixiviación (lavado) es alta corriéndose el riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Igualmente es de manifestarse que los fertilizantes, necesarios para garantizar una explotación continuada de los suelos, son a la vez, origen de impactos negativos. Una parte de los fertilizantes aplicados son retomados por las plantas cultivadas; otra proporción se retiene en el suelo y posteriormente sale del medio edáfico a través del proceso de lixiviación.

En la figura 4 se anotan las trayectorias de los fertilizantes en el suelo. Los porcentajes involucrados en cada trayectoria varían de acuerdo con el tipo de fertilizante utilizados y con naturaleza del suelo. El nitrógeno es particularmente soluble y puede emigrar del suelo fácilmente por lixiviación, situación esta a la cuál es propensa los suelos del municipio de Pivijay; en estas circunstancias la aplicación de fertilizantes en suelos arenosos o en suelos con buena permeabilidad requieren de manejo cuidadosos utilizándose únicamente las dosis mínimas necesarias.

Con el fósforo ocurre algo contrario, los suelos lo absorben de tal forma que llegan a no estar disponible para las plantas, aún así se encuentre en cantidades significativas. La acumulación de fosfatos en los suelos parece no afectar la productividad de los suelos. En el caso del lavado del nitrógeno, los efectos colaterales sobre los cuerpos de aguas son más graves que los efectos sobre el mismo suelo.

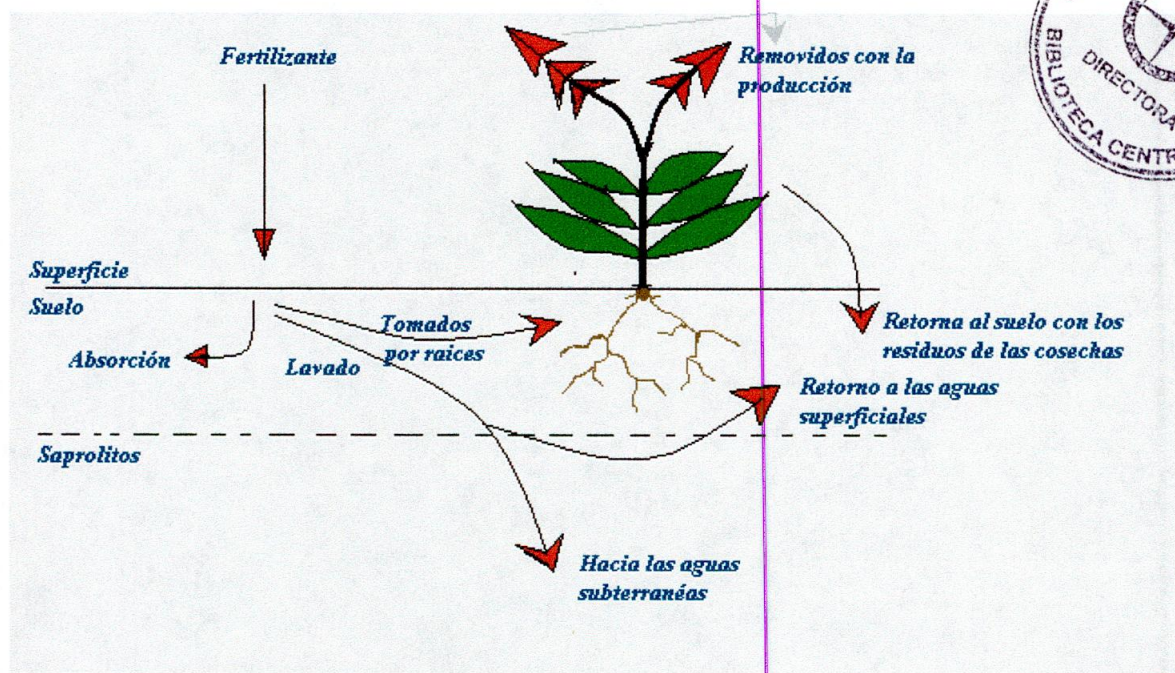
La llegada de fosfatos, nitratos o cloruros a las aguas superficiales para consumo crean una dificultad, ya que no existen tratamientos baratos y eficaces que remuevan estas sustancias. Igualmente los fertilizantes tienen sus efectos en el equilibrio biológico de ríos, arroyos, playones, etc. Las entradas excesiva de nutrientes a los cuerpos de agua favorece el crecimiento de plantas acuáticas hasta grados tales que alteran la bioscenosis animal. El tránsito de lagunas de un estado oligotrófico a un eutrófico es una de las consecuencias más frecuentes del uso de fertilizantes en la agricultura comercial.

Un manejo adecuado en la aplicación de fertilizantes es una necesidad tanto para los costos de las actividades agrarias como para la estabilidad

ecológica de los cuerpos de aguas cercanos. Al respecto debe anotarse que el municipio tiene una región pantanosa, en que se encuentran varias ciénagas, que dan opciones en algunos tiempos a la pesca artesanal.

También debe resaltarse que en el Municipio existen, los humedales, caño ciego, caño Schiller, el cual irriga los Municipios de él Piñón, Salamina, Pivijay y Remolino y vierte sus aguas por el sur a la Cienaga Grande, razón por la cual debe guardarse precaución con la aplicación de los agroquímicos.

Figura 9. Trayectoria de los fertilizantes



Fuente: Cuervo Fuentes Hernán, 1997.

PROPUESTA CON ENFOQUE SISTÉMICO Y CRITERIO DE SOSTENIBILIDAD PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA YUCA EN EL MUNICIPIO DE PIVIJAY DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

El presente documento es producto de la confrontación de la demanda tecnológica arrojada en el estudio de caracterización del sistema de producción Yuca en el área en referencia frente a la oferta tecnológica existente y sujeta a validación y que, debido a la importancia y perspectiva del cultivo se procedió a estructurar esta propuesta con enfoque sistémico y criterio de sostenibilidad sin hacer abstracción de lo competitivo y que para tal efecto ella (propuesta) contempla aspectos vitales que van desde la morfología de la planta hasta la importancia industrial del cultivo en aras en que su manejo adquiera el carácter integral y en tal sentido se presenta tal como sigue.

7.0. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE YUCA

7.1. MORFOLOGÍA

La yuca es una de las principales plantas útiles tropicales difundida en todos los continentes. Sobre su origen existen varias versiones, pero sin embargo, la mayoría de los botánicos y ecólogos consideran la yuca como una planta originaria de América Tropical, y el Nordeste de Brasil como el más probable centro de origen. La diversidad más amplia del género Manihot se encuentra en el Brasil, sur – occidente de México y Guatemala.

La yuca pertenece a la clase Dicotyledoneae, caracterizada por la producción de semilla con dos cotiledones, y a la subclase Archichlamydeae; al orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihoteae, género Manihot y especie Manihot esculenta crantz (Tabla No. 6).

Tabla 6. CLASIFICACIÓN TAXONOMICA DE LA YUCA

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

Dentro de la familia Euphorbiaceae se encuentran plantas de porte muy diferentes: árboles, arbustos, hierbas y de diversa importancia económica; unas se caracterizan por la producción de látex(ej: hevea brasilensis), de aceite(Ricinus comunis), o de raíces comestibles, (Manihot spp), y otros se comportan como malezas(Euphorbia spp).

Dentro del género Manihot se han clasificado alrededor de un centenar de especies, entre los cuales la única cultivada comercialmente es Manihot esculenta (crantz), cuyos sinónimos son: Manihot utilissima, Manihot edulis y Manihot aipi. Comúnmente se conoce como yuca, mandioca, cassava, manioca, tapioca, etc.

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

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

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

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

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

El fruto es una cápsula dehiscente y trilocular, que al hacerle un corte transversal se observan una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpo, mesocarpo y endocarpo.

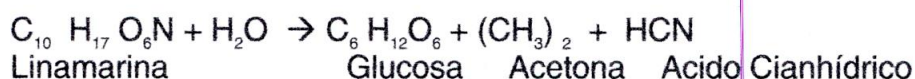
La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y por consiguiente es de incalculable valor en el mejoramiento genético del cultivo y está constituido por la testa, que es la parte más externa; el endospermo, el cual está situado inmediatamente después de la testa y está formado por células parenquimatosas y

el embrión, formado por las dos hojas cotiledonares, la plúmula, el hipocotilo y la radícula.

Los tallos son el medio para la multiplicación asexual de la especie al servir como “semilla” para la producción comercial de la yuca. Igualmente produce dos tipos de ramificaciones: las ramificaciones reproductoras que constituyen el carácter varietal más estable y las ramificaciones laterales.

Las raíces de las plantas de yuca tienen como característica principal la capacidad de almacenamiento de almidones, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico. El sistema radical de la planta de yuca tiene una baja densidad de raíces pero una penetración profunda, lo cual le da a la planta capacidad para resistir periodos largos de sequía. Las plantas provenientes de semilla sexual desarrollan una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. En las plantas provenientes de material vegetativo las raíces son adventicias; se forman en la base interior cicatrizada de la estaca que se convierte en una callosidad y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo la tierra.

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



El ácido cianhídrico se halla en mayor concentración en la corteza de la raíz; también se encuentra pero en menores cantidades en las hojas y en otros órganos de la planta.

Las condiciones ambientales pueden afectar el contenido de ácido cianhídrico, incidiendo de tal manera que el cultivar dulce procedente de una zona, se torne amargo en otra zona.

7.2. ASPECTOS FISIOLÓGICOS

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

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

Las semillas de yuca germinan más rápidamente y con mejor porcentaje bajo temperaturas constantes de 35°C. Semillas que han estado almacenadas por algún tiempo necesitan una temperatura óptima más baja, sin embargo con semillas frescas o almacenadas el régimen de temperatura recomendado para máxima germinación es una temperatura alternante de 25/35°C.

Las estacas de yuca pueden sembrarse inmediatamente después de cortadas de plantas maduras o luego de un período de almacenamiento. Las estacas para almacenar, se cortan normalmente en varas (1 m ó más largas) y colocados a la sombra por períodos mayores de seis meses. Durante este período las yemas axilares en la porción apical de las varas brotan pero se descartan antes de la siembra. Las estacas almacenadas regularmente tienen menor porcentaje de brotación, vigor y rendimiento que las provenientes de estacas frescas, no obstante gran parte de este efecto está relacionado con el ataque microbial al material almacenado. Cuando las estacas son tratadas con funguicidas antes del almacenamiento, el porcentaje final de brotación a los 180 días disminuye ligeramente y el rendimiento final aumenta un poco debido al incremento en el índice de cosecha.

Las estacas para producción comercial normalmente varían entre 10 y 30 cm de largo y provienen de las partes leñosas de las plantas, maduras. Las yemas axilares de estacas verdes también se desarrollan, pero son muy susceptibles al ataque microbial y no son usadas comercialmente, pero pueden ser empleadas para multiplicación rápida de materiales en experimentación o nuevas líneas. El estado nutritivo de las estacas afecta el desarrollo inicial de los brotes produciendo mayor crecimiento en estacas tomadas de plantas obtenida de parcelas fertilizadas. Estas diferencias en el crecimiento inicial son suficientes para aumentar rendimiento cuando estas estacas son sembradas en un suelo infértil.

La velocidad de brotación y el vigor inicial de las plantas depende de la variedad usada. Las bases fisiológicas de estas diferencias no son bien comprendidas, sin embargo Wholey (1974) estimó que los clones que producen más raíces de la

parte basal del tallo, la cual tiende a estar en la zona húmeda del suelo, puede tener crecimiento más uniforme en la etapa inicial bajo condiciones de campo.

La germinación de las estacas es muy sensible a cambios de temperatura. En un ensayo con doce variedades las estacas de dos variedades solamente alcanzaron 20% de germinación a 16°C y en las demás la brotación fue muy demorada, a bajas temperaturas (Cock 1975). La germinación más rápida ocurre a 28.5 – 30°C y se inhibe cuando las temperaturas son superiores a 37 – 39°C o inferiores a 12 – 17°C.

Las estacas de yuca se pueden sembrar en posición vertical, inclinada u horizontal. La mayoría de las yemas axilares de las estacas comienzan a desarrollarse, pero el crecimiento de los brotes en la parte superior suprime el desarrollo de las otras yemas. El mayor número de retoños se producen cuando la siembra se hace horizontalmente, en razón a que los efectos de supresión de brotes es menor.

Los principales órganos de almacenamiento en yuca son las raíces. A los 28 días después de la siembra se puede encontrar un gran número de gránulos de almidón en el parénquima del xilema de las raíces fibrosas. Cerca de seis semanas después de la siembra algunas raíces fibrosas empiezan a engrosar rápidamente dejando grandes cantidades de gránulos de almidón en el parénquima del xilema. Parece que el fotoperíodo no induce el engrosamiento de las raíces y que esta es la respuesta directa de la planta al exceso de carbohidratos suministrados para el desarrollo de la parte aérea.

El cultivo de la yuca desarrolla simultáneamente el área foliar y las raíces, contrastando fuertemente con los cereales que desarrollan primero el área foliar y luego la parte útil económicamente.

En temperaturas de 24°C o más, las hojas de yuca alcanzan su expansión total aproximadamente a las dos semanas después de iniciar su crecimiento. A temperaturas más bajas el desarrollo es más lento. Las hojas nuevas totalmente desarrolladas van siendo más grandes hasta los 4 meses de edad de la planta y más pequeñas a partir de esta edad. Algunos clones tienen áreas máximas de hoja individual de 800cm²/hoja.

La longevidad foliar puede llegar a 200 días en condiciones de baja temperatura, pero comúnmente es del orden de 60 - 120 días. Se han observado grandes diferencias varietales en la longevidad foliar (Ciat 1977). Comúnmente se cree que durante períodos secos las hojas de yuca se caen, pero parece ser que en períodos secos el área foliar total producido es menor y que la vida de la hoja **per se** no se reduce. No obstante la longevidad foliar es notablemente disminuida por la sombra. Cuando las hojas se someten a períodos de oscuridad de 10 días estas se caen (Cock 1975). El efecto de la sombra tiende a reducir los máximos índices de área foliar (IAF) obtenibles.

El cultivo de la yuca tiene el potencial de incrementar su producción a través del incremento de la tasa de crecimiento, el cual puede lograrse con mayores tasa fotosintéticas en las hojas. Además el engrosamiento de raíces ocurre cuando las hojas tienen alta capacidad fotosintética y no cuando están declinando como ocurre cuando las hojas envejecen en varios cultivos.

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

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

La planta de yuca se siembra en áreas con precipitaciones bajas (750 mm por año) y sobrevive en áreas con períodos secos de 5-6 meses. El cultivo tiene una utilización del agua extremadamente eficiente. En el comienzo de un período seco el área foliar se reduce, esto complementado con un sistema radicular muy disperso resulta en la transpiración reducida del cultivo (Cock, 1975). Además los estomas se cierran rápidamente con cambios mínimos en el potencial de agua en la hoja. Las plantas que han sido previamente expuestas a estrés por agua, responden rápidamente cuando las hojas son expuestas a aire seco, por lo tanto la planta maximiza el uso del agua cuando el potencial de evaporación es máximo. El área foliar reducida y el cierre de estomas durante el período de estrés reducen las tasas de crecimiento del cultivo, sin embargo la respuesta heliotrópica de las hojas maximiza la intercepción de luz favoreciendo la fotosíntesis en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde cuando la evapotranspiración potencial es baja. Un mecanismo separado reduce las cargas de calor en las hojas al medio día. Estos dos mecanismos permiten a la planta utilizar el agua disponible eficientemente en un período seco y prolongado.

La yuca crece muy bien en suelos pobres. Bajo condiciones de extrema acidez crece bien y da rendimientos razonables. La yuca tiene requerimientos similares a otros cultivos de potasio, nitrógeno y calcio para máximo desarrollo, pero a niveles más bajos de estos nutrientes el crecimiento se reduce menos que en otros cultivos. En el caso del fósforo, el requerimiento para máximo desarrollo en solución nutritiva es superior que para la mayoría de los cultivos, (Ciat., 1977), sin embargo bajo condiciones de campo la yuca utiliza muy eficientemente la asociación con micorrizas y por lo tanto los requerimientos de fósforo son menores.(Ciat 1980).

La palabra micorriza se origina del griego myco, que significa hongo, y rhiza, que indica raíz. Etimológicamente se define como una simbiosis mutualista entre algunos hongos del suelo y las raíces de las plantas. En 1894 Albert Bernard Frank demostró que la colonización de la raíz por estos hongos ayudaba a las

plantas a absorber los nutrimentos del suelo y que estos microorganismos no causaban daños a las raíces.

8.0. PRACTICAS AGRONÓMICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE YUCA

La yuca, una euforbiácea nativa de América Tropical, es tolerante a la sequía, se desarrolla bastante bien en suelos pobres con pH bajo y es relativamente resistente a las enfermedades e insectos. El cultivo generalmente se propaga en forma vegetativa y como no tiene una época precisa de madurez, la raíz se puede dejar en el terreno y cosechar prácticamente en cualquier época del año.

La producción mundial con base a información de la FAO está por el orden de los 110 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente el 60% se emplea para consumo humano, un alimento básico en las dietas de más de quinientos millones de personas. El resto se utiliza como alimento para animales o para fines industriales (ejemplo: almidón, alcohol). Brasil, el mayor productor de yuca, esta cultivando actualmente una cantidad considerable para la producción de alcohol para fines de suplemento de la gasolina.

No obstante a que el potencial del rendimiento de la yuca parece ser mucho mayor que el de otros cultivos que se han investigado ampliamente, el rendimiento promedio mundial es de solo 9,4 t/Ha. igualmente se ha sugerido (Cock – CIAT, 1975) que los rendimientos a nivel de finca son bajos debido a las prácticas agronómicas deficientes y a la falta de variedades adecuadas.

Como producto de trabajos realizados en estos últimos años por el CIAT, CORPOICA y el ICA, se recomienda tanto para la zona en estudio como para la Región Caribe en razón a su manejo, lo siguiente:

8.1 Material de Propagación:

El tamaño y la calidad de la semilla: son de importancia fundamentalmente para lograr rendimiento óptimo en cualquier sistema de producción. De acuerdo con Lozano et al (Ciat – 87), la calidad de la “semilla” de yuca per se está determinada por la edad del tallo empleado como material de propagación, el número de nudos por estaca, el espesor y la longitud de la estaca, la duración del almacenamiento y el grado de daños mecánicos que sufre la estaca durante la preparación, transporte, almacenamiento y siembra.

Tamaño de la estaca: Los agricultores generalmente usan estacas de 15 – 25 cm de largo. Las recomendaciones de los diversos investigadores se encuentran dentro estas dimensiones y se pueden aplicar, a menos que un ensayo de campo efectuado bajo condiciones locales indiquen lo contrario.

Con estacas muy pequeñas con solo una yema se puede obtener una planta de yuca, pero que las posibilidades de brotación bajo condiciones de campo son muy bajas, especialmente cuando la humedad del suelo es deficiente.

Número de nudos/edad del tallo: como se mencionó anteriormente se pueden emplear estacas con un solo nudo pero los riesgos bajo condiciones de campo son grandes. En dos experimentos efectuados en la zona de bosque de Ghana bajo condiciones adecuadas de precipitación (1080 mm) se evaluaron estacas con 2 – 8 nudos. El rendimiento aumentó con el número de nudos hasta cinco; los incrementos subsiguientes en el número de nudos no afectaron los rendimientos. Las estacas más largas tenían más nudos enterrados que las cortas; presumiblemente esto daría más tallos y más hojas que a su vez producirían rendimientos más altos.

Almacenamiento: Para obtener producciones óptimas, las estacas de tallos frescos de plantas maduras son ideales. Esto no siempre es factible en razón del suministro insuficiente debido a tallos infestados o infectados, a los efectos del frío, a las sequías prolongadas o incluso al exceso de humedad. El almacenamiento prolongado ocasiona pérdida de humedad y expone los tallos al ataque de plagas.

Stephens afirmó que para cualquier método de almacenamiento era necesario mantener estos factores en mente: a) los tallos deben estar bien maduros cuando se les almacena b) no se les debe almacenar húmedos ni permitir que se humedezcan; y c) se les debe cubrir ligeramente al comienzo para permitir que escape el exceso de humedad y luego deben quedar bien cubiertos para protegerlos del frío.

Experimentos efectuados en la Costa Atlántica, se almacenaron estacas de 30 – 50 cm de longitud, cubiertos con hojas de banano durante 40 días con resultados óptimos. La viabilidad de las estacas de más de 30 cm mejoró cuando los extremos se sumergieron en cera.

En otros experimentos efectuados en el CIAT (Cali), las estacas conservadas a 4°C durante 29 días no brotaron, en tanto que aquellas cuyos extremos estaban protegidos con un fungicida fueron viables durante 65 días. Cuando los extremos de las estacas se sumergieron en parafina líquida, su viabilidad aumentó a 85 días; en este caso, la cera se retiró en el momento de la siembra. En experimentos posteriores se observó que la viabilidad era mejor con estacas largas envueltas en costales y almacenadas en un cobertizo con techo de palma, que con estacas cortas sin protección. Después de dos semanas, los brotes aparecieron en el extremo apical de las estacas; estos brotes no solamente agotan las reservas del tallo si no que transpiran agua.

Lozano et al (CIAT, 1977) recomendaron mantener el área de almacenamiento bien sombreada pero dejando pasar algo de luz; la humedad relativa no debe ser

excesiva (alrededor del 80%) y la temperatura moderada (20 – 23°C). Un tratamiento anterior a la siembra con funguicidas favorece la germinación aún más.

8.2. La siembra:

Preparación del terreno: como cualquier otro cultivo, la yuca requiere una buena preparación del suelo. Las prácticas varían considerablemente según el clima, el tipo de suelo, la vegetación, la topografía, el grado de mecanización y otras prácticas agronómicas.

Cualquiera que sea el método de preparación de la tierra empleado, debe hacerse énfasis en que la buena brotación y enraizamiento de las estacas requiere una humedad adecuada del suelo y una buena preparación; por consiguiente, el método empleado dependerá principalmente del tipo del suelo y del clima.

En suelos arenosos, livianos, la preparación de la tierra debe ser tal que requiera un mínimo de gasto de energía cuando se piensa sembrar en plano, en tanto que en suelos deficientemente drenados se deben hacer camellones de 15 cm de alto. El Ciat también informa que la siembra en camellones facilita la cosecha, aunque los rendimientos son algunas veces ligeramente menores que los obtenidos cuando se siembra en plano. Con base en los resultados experimentales obtenidos por el programa de yuca del Ciat, se afirma que la yuca se debería plantar en camellones en suelos de textura pesada donde exista peligro de pudrición en las raíces.

Toro et al (CIAT, 1976) informan que los estudios llevados a cabo por el Ciat en los llanos orientales demostraron que la siembra en plano es ventajosa durante la estación seca, mientras que la siembra en camellones es más aconsejable durante la estación húmeda; las camas o camellones no son recomendables para suelos arenosos puesto que no conservarían su forma; por otra parte, el drenaje no constituye un problema en esos suelos, como ocurre con la mayoría de los suelos del Municipio de Pivijay.

Para suelos de textura arcillosa con más de 1200 mm de precipitación pluvial, deberían hacerse camellones para facilitar el drenaje, lo que mejoraría también considerablemente el establecimiento y el rendimiento del cultivo.

Época de Siembra: Tanto el tiempo como la disponibilidad de material de propagación influyen en la época de siembra. Hay muchos factores que pueden influir en la humedad del suelo como son: textura del suelo, materia orgánica, precipitación, humedad relativa del aire, temperatura y viento, que deben ser considerados cuando se va a determinar la estación apropiada de siembra. El exceso de humedad en suelos pesados, deficientemente drenados, favorece el desarrollo de organismos causantes de pudriciones radicales.

La época de siembra apropiada puede disminuir la incidencia de enfermedades y la siembra al comienzo de la estación húmeda garantiza un buen establecimiento. Es recomendable esperar hasta que las primeras lluvias sean definitivas para eliminar el riesgo de perder la siembra.

Es deseable sembrar y cosechar durante aproximadamente la misma estación para evitar el tener que almacenar los tallos durante un tiempo prolongado. La experiencia ha demostrado que, desde el punto de vista de la producción de almidón, el desarrollo de la planta es mejor cuando la siembra tiene lugar al comienzo de la estación lluviosa. El problema de esperar hasta que la estación lluviosa ha entrado es la obtención de buen material de siembra. Si los tallos ya han comenzado a brotar, estos brotes se pueden quebrar fácilmente durante el manipuleo. Por otra parte, si los tallos se almacenan durante un tiempo prolongado, se deshidratan y pierden su vigor.

Posición de la estaca: La variedad y los factores edáficos y climáticos influyen también en alto grado en la posición de siembra. Antes de hacer cualquier recomendación, es necesario experimentar en diferentes zonas ecológicas para determinar la posición más apropiada. Cock (Ciat) afirmó que los resultados de estudios sobre posición de siembra (vertical, inclinada u horizontal), en plano o en camellones, no muestran tendencias consistentes. Según estudios realizados por Chan (Malasia), no encontró diferencias en el rendimiento cuando se sembraron estacas de 15cm inclinada, horizontal o verticalmente. En un experimento de dos años en suelos de turba en Malasia, Chew tampoco encontró diferencias significativas en el rendimiento para las tres posiciones. Con base a la experiencia de resultados obtenidos en muchas regiones yuqueras de América Latina, se debe tener en cuenta el siguiente criterio en relación con la posición de siembra; en regiones con suelo entre medio y pesados, con precipitación adecuada (1000-2000 mm/año), la posición de siembra no es importante puesto que hay una humedad apropiada para estimular la brotación de las yemas. En áreas de suelos arenosos o precipitación irregular, sin embargo, la posición vertical es el método más seguro, toda vez que una estaca de 20cm de longitud tendrá por lo menos 10-15 cm enterrados en el suelo, lo cual le da mejor contacto con la humedad disponible para estimular la brotación de las yemas, situación esta última que se ajusta a la zona en estudio.

Profundidad: algunos investigadores creen que la profundidad de siembra debería regularse de acuerdo con las condiciones ambientales. Una exposición excesiva de las estacas en áreas donde la humedad del suelo es inferior a la óptima podría dar como resultado establecimientos bajos y en consecuencia menor rendimiento, Celis y Toro (CIAT 1974) afirman que las estacas se pueden sembrar superficial o profundamente en varias posiciones. Los criterios que se deben tener en cuenta son: para suelos secos, arenosos, las estacas se deberían plantar a mayor profundidad, mientras que en suelos húmedos, pesados, se debe



hacer superficialmente. En el primer caso debe recordarse que la siembra profunda dificulta la cosecha y aumenta los costos de producción cuando esta última se efectúa manualmente. Holguín, V.J; Castro, M.A. (CIAT 1978) encontraron que, bajo condiciones óptimas en el momento de la siembra (e.g., adecuada humedad del suelo, estacas tratadas de buena calidad), la profundidad de siembra no tiene efecto en el crecimiento o rendimiento de plantas de estacas sembradas verticalmente. Una profundidad de 10 cm para la siembra vertical es la más apropiada en relación con la siembra y la cosecha.

Densidad: la situación en relación con la densidad de siembra y los rendimientos óptimos fluctúa considerablemente de un país a otro e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. Como el hábito de crecimiento de la planta y su morfología, lo mismo que las condiciones ambientales influyen en el efecto de las poblaciones en el rendimiento, las recomendaciones que se hagan para una variedad en un ambiente en particular no son necesariamente aplicables a otra de hábito de crecimiento y morfología diferentes o en otro ambiente.

Los experimentos llevados a cabo por el CIAT y CORPOICA en diferentes zonas demostraron que la población óptima de plantas varía de acuerdo con las condiciones ecológicas. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos en población, en tanto que en los suelos ricos los incrementos en la respuesta a la población dependen del hábito de crecimiento de las variedades. Las poblaciones óptimas de plantas por unidad de superficie también dependen de la forma de la planta. Dos variedades de porte bajo y dos de porte alto con diferentes características de ramificación se sembraron en el CIAT, a densidades entre 2.500 y 40.000 plantas /Ha y se cosecharon a los 12 meses. Se encontró que el rendimiento total de raíces aumentó con el incremento en la población de plantas, una buena característica para el cultivo industrial. Para el consumo de raíces frescas, (es deseable raíces grandes), sin embargo, la población óptima fue de 10.000 plantas /Ha para variedades de porte bajo y alto, erectas y de 5000 plantas /Ha para tipos de porte alto, ramificado.

En general puede decirse que a medida que la población aumenta, el rendimiento total de raíces también aumenta; no obstante, el número de raíces/planta, el tamaño de las raíces y el índice de cosecha disminuyen, mientras que el control de maleza mejora debido a la competencia.

Mecanización: la necesidad de sembrar en forma mecanizada mas eficientemente es cada vez más importante cuando se trata de grandes extensiones que deben sembrarse en un periodo corto. En el Brasil, el grado más alto de mecanización se obtuvo empleando una sembradora de 2 ruedas, enganchada a un tractor, la cual surca, fertiliza, siembra horizontalmente las estacas, las cubre con tierra y compacta el suelo simultáneamente.

La siembra manual de estacas en posición vertical o inclinada es una labor ardua, agobiante que constituye uno de los factores limitantes del desarrollo de las empresas agrícolas a gran escala.

De acuerdo con Cock (CIAT 1979), el programa de yuca en Cuba ha desarrollado una sembradora prototipo para la siembra vertical. Leiner, afirma que probablemente se podría adaptar implementos de la transplantadora de legumbres o tabaco para poder sembrar las estacas verticalmente.

Lo anterior puede ser motivo de reflexión en la zona en estudio, cuando se está pensando destinar amplias áreas al cultivo de yuca industrial.

Resiembra: esta práctica consiste en reemplazar las estacas que, por una u otra razón, no han brotado un mes después de la siembra. Si el material de propagación se selecciona y se trata adecuadamente, los porcentajes de brotación deberán ser suficientemente altos para no requerir el transplante Grace (FAO 1977), sugiere que se debe resembrar a más tardar un mes después de la siembra cuando por lo menos un 5% de las estacas no ha brotado.

8.3 EL CONTROL DE MALEZAS. Un buen control de malezas es uno de los factores más importantes para obtener altos rendimientos. Doll y Piedrahita (CIAT 1976) señalan que sin control de malezas los rendimientos de la yuca pueden disminuir en un 50%, mientras que con un control mínimo, la yuca puede sobrevivir, competir y producir buenos rendimientos.

Las medidas de control dependen de la cantidad y del tipo de malezas que hay en el terreno. Es un hecho conocido que algunas especies de malezas son más difíciles de controlar que otras (e.g. *Cyperus rotundus*). Otros factores que afectan la frecuencia de la desyerba son:

- a) Época de siembra y tiempo prevaleciente. La humedad baja del suelo estimula un menor número de malezas.
- b) Fertilidad y pH del suelo. Los suelos pobres tienen pocas malezas.
- c) Vigor de material de propagación. Emplee estacas frescas cuidadosamente seleccionadas y tratadas químicamente.
- d) Preparación adecuada del suelo. Una buena preparación del suelo antes de la siembra evita que semillas de malezas germinen y reduce por consiguiente, la población de malezas.
- e) Métodos de siembra. La siembra horizontal da como resultado una brotación más lenta de las estacas, lo cual aumenta la competencia de las malezas.
- f) Variedad. Los diferentes hábitos de crecimiento determinan la formación de la parte aérea, la cual a su vez afecta la competencia por parte de las malezas.
- g) Espaciamiento. La sombra proyectada por la parte aérea 3-4 meses después de la siembra, inhibe la germinación y el crecimiento de la maleza.

En suelos sumamente arenosos debe tenerse gran cuidado al utilizar los herbicidas. El trabajo en el CIAT muestra que, incluso con tasas mas bajas, la lixiviación de los productos químicos en los suelos arenosos puede ser tóxico para la yuca. El acaballamiento aparentemente aumentó la toxicidad. Se ha encontrado una diferencia varietal en su susceptibilidad a los herbicidas.

De acuerdo a la textura del suelo se recomienda las siguientes dosis de diurón (Karmex) más alaclor (Lazo), así:

Textura del suelo	Diurón (Kg /Ha)		Alaclor (L/Ha)
Arcillosa	2.0	+	3.0
Franco limosa	1.5	+	2.5
Franco arcillosa	1.5	+	2.0
Arenosa	1.0	+	2.0

En aras de recuperar o mantener la fertilidad de los suelos, se recomienda hacer uso del control cultural de las malezas, utilizando Mulch y coberturas verdes, que ayudan además a reducir la erosión, a la conservación de la humedad del suelo y el mantenimiento de temperaturas bajas en la rizosfera.

8.4 EL RIEGO. Muchos investigadores no incluyen información suficiente sobre el tipo de suelo (Capacidad de retención de humedad), y las condiciones climáticas en sus informes sobre prácticas de riego, factores estos muy importantes para calcular los requisitos de riego de un cultivo. Además se requiere información sobre espaciamiento, edad y vigor del cultivo para poder determinar los requerimientos del cultivo. Se puede anotar que hay poca información sobre los requerimientos de agua de la yuca, los períodos críticos cuando el agua es esencial y la respuesta de la planta al riego.

Meneses (Brasil 1958) concluyó que el máximo requerimiento de agua de la yuca tiene lugar 4 – 6 meses después de la siembra. Si se presenta una sequía después de los 2 primeros meses de crecimiento, las plantas prácticamente dejan de crecer. Bajo estas condiciones, las hojas se caen y la planta entra en un estado de latencia, mientras que otros cultivos como el maíz, el frijol y el arroz mueren. Al comienzo de las lluvias, la planta de yuca utiliza sus reservas de hidrato de carbono de los tallos y las raíces para producir nuevas hojas. Estas observaciones sugieren que la yuca es un cultivo sumamente útil en las áreas tropicales con precipitación fluvial irregular.

Smith (Inst. superior agricultura, Republica Dominicana 1968), encontró que el aumento de riego disminuía el contenido de almidón de las raíces, lo cual podría explicar por qué muchos cultivadores de yuca tratan de cosechar al final de la estación seca antes de que las lluvias provean suficiente humedad para estimular nuevamente el crecimiento vigoroso del follaje que consumirá parte de las reservas de almidón acumuladas en las raíces y tallos. Por otra parte sugiere que

un riego final inmediatamente antes de la cosecha podría humedecer suficientemente un suelo pesado, facilitando la cosecha.

8.5 LA PODA. Algunos métodos de siembra de estacas, como la posición horizontal, dan como resultado 3-5 brotes principales que con el tiempo compiten por espacio durante el desarrollo de la planta, aspectos estos sobre los cuales se recomienda reducir el número de brotes, dejando sólo 2 por planta.

Una práctica común en Colombia es la remoción de chupones que surgen de la base del tallo principal durante el ciclo de crecimiento, después de que la estructura básica de la planta está bien definida.

Lozano et al (CIAT 1980), encontraron que podar las plantas aproximadamente a 25 cm por encima del terreno y dejar las raíces en la tierra hasta 20 días antes de la cosecha disminuyó el deterioro de las raíces posterior a la cosecha de 100 a menos del 20%, según la variedad.

Al respecto puede señalarse que la remoción de chupones es benéfica para algunos cultivares.

8.6 COSECHA. La cosecha manual de yuca es la práctica más común y representa mas del 30% de los costos de producción, debido principalmente al uso de métodos manuales rudimentarios, usualmente ineficientes. Con cualquier método de cosecha, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones generales. Si la siembra se hace en camellones o camas, la cosecha tiende a ser más fácil que cuando se efectúa en plano. En suelos sueltos o arenosos, la operación es más sencilla que en suelos arcillosos o pesados, independientemente del sistema empleado. Finalmente, en cualquier tipo de suelo, la cosecha se facilita cuando el suelo está húmedo.

Toro et al (CIAT, Colombia 1976), describieron varios dispositivos manuales y semimecánicos para facilitar y mejorar la eficiencia de la cosecha.

Bates (London, 1.957) sugirió que una cosechadora de papas modificada podría servir para la yuca. Para aumentar la producción de yuca, muchos fabricantes de maquinaria están interesados en desarrollar nuevas cosechadoras.

8.7 LA ROTACIÓN DE CULTIVOS. La yuca se destaca por su habilidad para dar buenos rendimientos en suelos ácidos e infértiles y generalmente es el ultimo cultivo que se siembra en un programa de rotación, debido a su capacidad excepcional para extraer nutrimentos del suelo. La yuca extrae más nutrimentos del suelo que la mayor parte de los cultivos tropicales, por lo menos en relación con el fósforo, el potasio y el magnesio. Las reservas de potasio del suelo se pueden agotar (la yuca extrae casi 100 kg de K_2O por cada 25 T de raíces producidas) si se cultiva yuca continuamente sin la fertilización adecuada, por esta razón es aconsejable dejar el terreno en barbecho o rotar después de la segunda

o tercera cosecha consecutiva de yuca, especialmente en suelos de fertilidad medio o bajo. Si se siembra otro cultivo inmediatamente después de la yuca se debe fertilizar apropiadamente, a fin de obtener buenos rendimientos. En Africa Oriental, normalmente se siembra maíz, frijol, batata, banano, ñame o caña después del barbecho y a continuación yuca. En la zona en estudio se recomienda hacer rotación con leguminosas y maíz.

Correa (Ministerio Agricultura, Brasil 1977), recomendó comenzar un programa de rotación tan pronto como los rendimientos de la yuca empiezan a decrecer. Se puede emplear soya o cualquier otra leguminosa normalmente cultivada en esa área en particular. En estado de Sao Paulo, Brasil, se han obtenido buenos resultados sembrando *Stizolobium* sp, la cual se corta y se incorpora al suelo como abono verde después de cada 2 ciclos de yuca.

Finalmente se puede concluir, al igual que Normantha (FAO 1975) que los prácticos culturales más decisivos para la producción de raíces de yuca son:

- a) Selección de estaca sanas y maduras.
- b) Siembra en la época más apropiada.
- c) Buen control de maleza

9.0 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE ESTACAS DE YUCA PARA SIEMBRA

Se debe tener en cuenta que una estaca regular o mala puede llegar a originar, en condiciones adecuadas, una planta aparentemente normal y sana; pero el rendimiento de esta planta será siempre inferior o a veces nulo comparado con el rendimiento de una planta proveniente de una estaca de buena calidad. Para conseguir el máximo rendimiento es necesario realizar una buena selección de las estacas, lo cual se puede resumir así:

1. Escoger de una plantación de yuca sana plantas de una variedad vigorosa, tomar de ellas trozos de tallos con la madurez apropiada de 8 a 18 meses de edad y cortar estacas de 20 cm de longitud, con 5 a 7 nudos y con un diámetro no inferior a la mitad del grosor máximo del tallo de la planta.
2. Debe evitarse que las estacas sufran daños físicos durante su preparación, transporte y siembra.
3. Material de propagación procedente de regiones infectadas de Mosaico debe ser introducido en regiones donde no exista esta enfermedad; también se debe evitar la introducción de materiales provenientes de regiones donde el añublo bacterial, o el superalargamiento estén presente.
4. No se deben tomar estacas de plantas que presenten síntomas de virus, de micoplasma o de cuero de sapo. Toda planta que muestre estos síntomas debe ser quemada.
5. Las estacas se deben tratar con fungicidas e insecticidas inmediatamente después de ser cortada de la planta y antes del almacenamiento.
6. La siembra se debe realizar cuando el suelo tenga suficiente humedad, hay que evitar hacerlo en periodo seco.

10.0 EL CULTIVO DE LA YUCA EN CULTIVOS MÚLTIPLES:

El uso de cultivos múltiples representa una forma de intensificar la producción agrícola a través de un uso más eficiente de los factores de crecimiento de la tierra y el tiempo disponible para cultivar. Con el cultivo múltiple se aprovecha la producción de dos o más cultivos en la misma área y durante el mismo año, razón por la cual la tendencia es a utilizar el gran potencial que el sistema de cultivos múltiple posee para coadyuvar al incremento en la producción alimenticia. Las modalidades para obtener el mejor uso del espacio y tiempo, es como sigue:

1. **Cultivo en secuencias.** Que consiste producir dos o más cultivos de una especie en el mismo terreno y unidad de tiempo.
2. **Cultivo intercalado o asociado,** donde se siembran dos o más especie al mismo tiempo en el mismo campo.

El cultivo intercalado, se puede practicar en cuatro diferentes formas, a saber:

- a) Cultivo intercalado mixto, que consiste en sembrar dos o más cultivos simultáneamente en forma irregular, sin patrón definido.
- b) Cultivo intercalado en surcos, donde los cultivos se siembran simultáneamente en arreglos definidos de surcos.
- c) Cultivo intercalado en franjas, que consiste adelantar siembra simultánea de los cultivos asociados en bandas lo suficientemente anchos como para permitir el cultivo independiente, pero lo suficientemente estrechas para que los cultivos interactúen agronómicamente.
- d) Cultivo intercalado en relevo, que consiste sembrar uno o más cultivos dentro de un cultivo ya establecido en tal sentido que el final del ciclo de vida del primer cultivo coincide con el desarrollo inicial de los demás cultivos.

10.1 VENTAJAS DEL CULTIVO INTERCALADO:

Uso más eficiente del espacio y tiempo. La asociación de dos cultivos de duración similar produce ventajas por el mayor aprovechamiento del espacio. Por otra parte, la asociación de dos cultivos con duración diferentes conllevan ganancia en rendimiento total del sistema a través de un mejor aprovechamiento de las dimensiones espacio y tiempo.

Reducción de la competencia y mejor aprovechamiento de los factores de crecimiento. En un sistema de cultivos intercalados, tanto de duración similar como en los ciclos vegetativos diferentes, la suma de la competencia interespecífica es inferior a la suma de las competencias intraespecíficas en los monocultivos. Es de ahí que se origina una superioridad en el rendimiento total del sistema intercalado, ya sea que el rendimiento por planta sea mayor o que la población total conformada por las plantas de ambos cultivos sea superior. En los cultivos asociados de duración similar, la ventaja viene entonces de una menor competencia total "instantánea" mientras que en asociaciones de cultivos con

ciclos vegetativos diferentes, el mejor resultado se obtiene a través de una menor competencia inicial entre el cultivo precoz y tardío y una menor competencia final intraespecífica en el cultivo tardío.

La yuca considerada como un cultivo tardío en monocultivo no aprovecha en forma completa los factores luz, agua, nutrientes durante los primeros tres meses de su ciclo vegetativo por su lento desarrollo inicial, permitiendo la asociación de un cultivo precoz. De igual manera, al final de su ciclo vegetativo la yuca ya no intercepta toda la luz incidente y probablemente tampoco absorbe ya la gran cantidad de nutrientes y agua que necesita durante su desarrollo más activo. Por tanto, esta última fase en el ciclo de la yuca nuevamente se presta para intercalar otro cultivo.

Estabilidad de la producción. En términos de biomasa total y rendimientos, los cultivos asociados normalmente muestran una menor variabilidad que los monocultivos. Esto se refiere tanto a la producción total del sistema como a las producciones individuales de cada componente. Las causas para la mayor estabilidad aparte del efecto compensatorio entre los cultivos, posiblemente radican en una reducida incidencia de enfermedades, plagas y malezas debido a la diversidad de la vegetación y el mejor y más temprano cubrimiento del suelo. Para el productor de subsistencia, la mayor estabilidad de producción de sus cultivos alimenticios en siembras intercaladas tienen un significado importante, ya que este sistema de producción tiende a asegurar su sustento, mermando sustancialmente el riesgo de una pérdida total de su cosecha.

Balance alimenticio. Si el pequeño productor siembra los cultivos para producir su propio alimento, una parcela muy pequeña alcanza a proveerlo de los elementos básicos para su alimentación sembrando fuentes calóricas (yuca, ñame, plátano) en asociación con fuentes proteicas (Fríjol, Caupí, Guandul). A manera de ejemplo, una hectárea de yuca intercalada con fríjol negro, produciendo 10t /Ha de raíces frescas con 30% de almidón y 600 kg /Ha de fríjol con 28% de proteínas da la siguiente producción calórica y de proteínas:

10.000 kg /Ha yuca = 13'440.000 Kcal.
600 kg /Ha Fríjol = 168 kg proteínas.

Los 10.000 Kg de yuca contienen 3.000 Kg de almidón, cuyo valor calórico es de 4,480 kcal/kg.

Puede anotarse que la productividad de la yuca y cultivos asociados es baja en la mayoría de los sistemas de cultivos tradicionales, debido entre otros a los siguientes aspectos:

- a) Asociación de especies no compatibles por tipo de planta o ciclo vegetativo.

- b) Coincidencia de fase de máxima competencia debido a un tiempo relativo de siembra inadecuado.
- c) Densidad de siembra inadecuada (muy baja o demasiado alta).
- d) Patrones de siembra inadecuados.
- e) Fertilidad del suelo demasiado baja, y
- f) Medidas fitosanitarias ausentes o deficientes.



11. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN LA YUCA

El termino genérico de “plaga” designa a cualquier organismo que afecta a un cultivo, ya sea en forma directa o indirecta, causando perdidas económicas, estos pueden ser invertebrados, organismos patógenos, las malezas y los vertebrados. Se define el manejo integrado de plagas como la selección y aplicación de practicas de combate de plagas basadas en consecuencias predecibles de tipo económico, ecológico y sociológico. El MIP (manejo integrado de plagas) tiene fundamentos o ideas centrales que constituyen las bases sobre las que debe apoyarse cualquier programa del control. Estos son:

El Agroecosistema: Que comprende una serie de componentes en intima relación que incluyen el cultivo, el suelo, la flora, la fauna, etc, dichos componentes se consideran subunidades interconectadas en un solo sistema, si un componente es perturbado, se modifican los otros elementos.

El control natural: La acción conjunta de factores físicos y biológicos sobre las poblaciones de plagas es con frecuencia, capaz de mantenerlas a niveles bajos, por lo que es indispensable para su control racional y rentable, ya que ayuda a reducir las poblaciones de plagas potenciales;

Biología y ecología del organismo: Para poder manipular y dirigir el agroecosistema es necesario tener un conocimiento detallado de la biología y ecología de los organismos presentes en él. Entre otros, el crecimiento de las plagas, sus enemigos naturales y sus interacciones con el ambiente, hacen más fácil diseñar y aplicar los procedimientos de manejo para explotar cualquier eslabón débil que exista en las defensas de la plaga.

El cultivo como enfoque central. El cultivo debe constituir el punto central de enfoque para el fitoproteccionista. Las plagas no tienen importancia económica sino afectan la productividad de un cultivo. Es necesario un entendimiento completo de la fisiología y fenología de la planta, de las relaciones dinámicas entre sus etapas de crecimiento y el ataque de las plagas, así como sus reacciones positivas o negativas ante la aplicación de insumos y el uso de prácticas culturales.

Son varias las razones que soportan la necesidad de llevar a cabo un manejo integrado en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz), como requisito

indispensable para la estabilización en los rendimientos con producciones satisfactorias. Algunas de ellas son las siguientes:

1. La yuca es un cultivo con indeterminada madurez biológica, ocasionando ello que un problema biótico en una región dada (ecosistema) pueda perpetuarse.
2. La yuca se cultiva de 8 a 24 meses, por lo tanto el uso de pesticida es costoso.
3. Por ser un cultivo de ciclo largo, la yuca es ideal para un programa de control biológico, especialmente en áreas donde se cultiva ininterrumpidamente y en grandes extensiones.
4. La selección de material de propagación sano y vigoroso, junto con un tratamiento de fungicida e insecticidas de bajo costo, permite una germinación rápida y exitosa, asegurando el vigor inicial de la planta durante esta fase tan importante y aumentando finalmente el rendimiento.
5. Estudios han demostrado que existen fuentes de resistencia en yuca que, aunque bajas, pueden ser adecuadas para evitar graves pérdidas en el cultivo.
6. A menudo se cultiva la yuca en pequeñas fincas bajo condiciones de cultivos mixtos; este sistema no sólo reduce la incidencia de plagas sino que también evita brotes de plagas en áreas muy dilatadas.
7. El ciclo genético de la yuca es largo (3 años generalmente); esto demora el mejoramiento varietal a problemas específicos e induce a que se prefiera el mejoramiento genético con caracteres estables.
8. Los cultivadores de yuca necesitan producir su propio material de siembra para evitar problemas sanitarios, agronómicos y económicos, debido a la baja tasa de multiplicación de cultivo (5 – 10 estaca/planta), gran fragilidad de las estacas y su sensibilidad al almacenamiento tradicional (las yemas pierden cerca del 40% de su germinación después de sólo dos semanas de almacenamiento y su dificultad para empacar y transportar por su peso y volumen (10.000 estacas que se necesitan para sembrar 1 Ha pesan aproximadamente 1 Ton y tiene un volumen de 2m³).
9. Los yuqueros son en un alto porcentaje cultivadores tradicionales de bajo poder adquisitivo y cultural. Los problemas en el cultivo deben de solucionarse con simplicidad pero con eficiencia, sólo es posible mediante la integración de todas las alternativas tendientes a aumentar la producción por el uso de prácticas culturales adecuadas, el equilibrio biológico y la siembra de genotipos apropiados por el ecosistema.

11.1 PRÁCTICAS CULTURALES RECOMENDADAS PARA CONTROLAR LAS ENFERMEDADES A ESCALA COMERCIAL. La yuca puede ser atacada por más de 30 agentes bacteriales, fungos, vírales o similares y micoplasmas. Las enfermedades de la yuca pueden ocasionar pérdidas en el establecimiento del cultivo, disminuir el vigor normal de las plantas, reducir su capacidad fotosintética o causar pudriciones radicales anteriores o posteriores a la cosecha. Algunos patógenos atacan solo el tallo, que es el material de propagación normalmente usado, induciendo la muerte de sus tejidos o invadiendo el sistema vascular sin

mostrar daño visible pero constituyendo fuentes primarias de infección dentro de las plantaciones. Otros patógenos atacan el tejido foliar y partes tiernas del tallo, causando manchas, quemazones o añublos, defoliaciones, marchitės, muerte descendente e hipertrofias. Otros solo atacan el tejido radical y la parte basal del tallo, causando pudriciones radicales anteriores a la cosecha; el daño se manifiesta en un repentino amarillamiento con marchitės y defoliación inmediata. Estos síntomas pueden ocurrir durante cualquier estado de crecimiento de la planta, generalmente en épocas de lluvias fuertes y persistentes.

Es de anotar que las raíces de yuca recién cosechadas pueden presentar pudriciones suaves o secas al poco tiempo de ser arrancadas. Esto, frecuentemente está correlacionado a un efecto fisiológico-patogénico, siendo acelerado por daños mecánicos que sufren las raíces al ser cosechadas. Aunque es imposible hacer un control efectivo y absoluto de todas las enfermedades de la yuca, se sugiere las siguientes recomendaciones generales para mantener las plantaciones relativamente libres de enfermedades:

1. **Seleccione bien el suelo para el cultivo de la yuca.** Este debe ser suelto, no encharcable y con un contenido no muy alto de materia orgánica. No siembre yuca en suelos en donde anteriormente había monte, cultivos forestales o perennes. En estos casos cultive un cereal (maíz, sorgo, etc) antes de sembrar la yuca.
2. **Prepare bien el suelo,** instale un buen sistema de drenaje y siembre en caballones, cuando la precipitación pluvial sea alta (mayor de 1200 mm/año) o los suelos son pesados.
3. **Use siempre “semilla” sana.** Trate de producir o seleccionar su material de siembra, tomándolo sólo de plantaciones y plantas sanas.
4. **Trate con cuidado el material de propagación, evitando daños mecánicos durante su preparación y siembra.** Trate este material con un fungicida desinfectante de semilla, sumergiendo los cangres durante tres minutos en una suspensión acuosa del 3% del producto comercial (aproximadamente 2000 ppm i.a.). Este tratamiento evitará daños causados por patógenos del suelo.
5. **Siembre las estacas correctamente, dejando una distancia adecuada entre plantas de acuerdo a la variedad usada.** Siembre al comienzo de las lluvias para asegurar una buena germinación y establecimiento del cultivo. Elimine las malezas ya que pueden ser hospedantes de patógenos.
6. **No utilice maquinaria o herramientas de labranza que hayan sido usadas en otras plantaciones,** sobre todo con añublo bacterial.
7. **Si en la plantación se presentan índices de pudriciones radicales mayores del 5%,** rote con un cereal (maíz o sorgo) por un período no inferior a 6 meses; mejore el drenaje.
8. **Queme los residuos de yuca de cultivos anteriores;** no deje socas o residuos después de la preparación del terreno.
9. **Trate de evitar daños a las raíces durante la cosecha;** coloque las raíces con cuidado en empaques apropiados.

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

Con el uso de estacas o cangres (semillas) previamente seleccionadas y tomadas de plantaciones sanas, podemos ayudar a prevenir el ataque de algunas enfermedades a cultivos de yuca en la región como son: El añublo bacterial (Xanthomonas manihotis); Pudrición bacterial del tallo (Erwinia sp); La antracnosis (Colletotrichum o Glomerella manihotis); Referente a las pudriciones radicales (Phytophthora, Pythium sp), con la selección de un suelo apropiado y buenas practicas ayudamos a su disminución y en lo tocante a la enfermedad cuero de sapo que últimamente se han observado algunos focos, se recomienda hacer rotación de cultivos (Cereales).

11.2 MEDIDAS PREVENTIVAS EN EL CONTROL DE PLAGAS: La yuca es atacada por un gran número de ácaros e insectos, algunos de los cuales causan daños económicos de consideración. Por ser un cultivo de ciclo largo, la aplicación continuada de insecticidas para controlar las plagas sería bastante costosa. Hay que tener en cuenta que la yuca tiene buena capacidad para recuperarse del ataque de las plagas cuando las condiciones climáticas le son favorables, especialmente durante los períodos lluviosos. El mejor control consiste en mantener a un nivel bajo la incidencia de plagas. Se recomiendan las siguientes medidas:

1. Use material de siembra sano, tomado de plantas vigorosas.
2. Use cultivares resistentes o tolerantes a plagas.
3. No siembre en suelos altamente infestados de insectos o posponga la siembra hasta que la población sea la más baja posible.
4. No destruya los enemigos naturales de las plagas. Al aplicar pesticida se mata tanto a las plagas como a los parásitos y predadores, lo que hace que se aumenten los insectos dañinos. Por lo tanto, se deben usar pesticidas selectivos, tal como thuricide (Bacillus thurigiensis) contra el gusano cachón. También se pueden localizar nidos de avispas predadoras de las larvas (Polistes sp) cerca al cultivo.
5. Aplique insecticidas selectivos solamente cuando el daño es severo y la planta no parezca estar en condiciones de recuperarse sin la ayuda de estos.
6. Observe las medidas de cuarentena para evitar la introducción de plagas a zonas donde no existen.

Referente a insectos plagas limitantes en el cultivo de yuca en la región figuran: Acaros (Mononychellus tanajoa, Tetranychus urticae, Oligonychus peruvianus), los cuales atacan la yuca frecuentemente durante la estación seca del año, atacando el cogollo, alimentándose de las hojas jóvenes y porciones verdes del tallo. Las hojas infestadas muestran manchas amarillas, pierden el color verde normal y se deforman; Thrips (Frankliniella williamsi, Corynothrips stenopterus, Caliothrips masculinus). De todas las especies la más importante es F. Williamsi que causa daños a los cogollos terminales de la planta. A veces los puntos de crecimiento de

la planta mueren, lo cual induce crecimiento de retoños laterales. El ataque es más frecuente durante los períodos secos, llegando a causar pérdidas hasta de un 25%. El mejor control se consigue con el uso de cultivares resistentes; el gusano cachón (*Erinnys ello*), el cual en poblaciones altas, puede defoliar en corto tiempo plantaciones grandes y si ella ocurre en la fase inicial del cultivo se reducen los rendimientos y las plantas jóvenes pueden morir; Barrenadores del tallo, los cuales se alimentan del tallo y de las ramas de las plantas, causando daños considerables. 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 infectadas. Se pueden reducir las poblaciones, removiendo y quemando las partes o plantas infestadas; Use siempre estacas sanas para la siembra. A lo antes expresado sobre prácticas culturales puede anotarse lo siguiente: La calidad del material de siembra es en gran parte el responsable del éxito en cultivos multiplicados vegetativamente.

En la yuca, este factor es de los más importantes en la producción, responsable no solo del buen establecimiento (enraizamiento de las estacas y germinación de las yemas), sino de su sanidad y producción (número de raíces comerciales/plantas) por unidad de superficie en cada ciclo (CIAT, 1979-1980; Lozano et al). La calidad de las estacas para siembra en yuca depende de ciertas características agronómicas (lignificación, pleno grosor según el clon, tamaño, número de nudos/estaca, corte de los extremos, ausencia de heridas); de su estado sanitario (libres de patógenos sistemáticos o localizados e insectos, y ácaros que se diseminan por estacas) y de la desinfestación y protección que se le suministre a las estacas con fungicidas protectantes antes de la siembra o almacenamiento.

La siembra intercalada con otras especies de cultivos se ha registrado como uno de los factores responsables de la baja presencia de problemas bióticos en los cultivos tradicionales del trópico. Esto, ayudado con el uso común de diferentes genotipos de yuca en el mismo sistema de cultivo asociados, lógicamente influye mucho a que los problemas bióticos sean relativamente de poca importancia económica en los cultivos más tradicionales de yuca del trópico.

La utilización de trampas de luz sónica, cebos tóxicos, feromonas, etc., deben tenerse en cuenta en la programación del control cultural durante los diferentes ciclos del cultivo y de acuerdo al problema biótico a controlar, el ecosistema y la factibilidad de su ejecución en la zona (Belloti y Schoonhoven, CIAT, 1979).

11.3 CONTROL BIOLÓGICO. Debido a que la yuca tiene un ciclo de producción comercial tan largo (8 a 24 meses), limita la posibilidad económica de todo control químico de enfermedades y plagas por medio de aspersiones al cultivo con pesticidas. Sin embargo, estas características y el hecho de que la planta de yuca tiene la capacidad de recuperarse de ataques de patógenos y plagas una vez cesa la presión biótica, hacen que el control biológico (sobre todo de plagas) en cultivo pueda funcionar extraordinariamente. Igualmente, son muchos los agentes

benéficos existentes en el cultivo de la yuca, al respecto se han encontrado alrededor de 30 agentes parásitos, predadores y patógenos del Erinnys ello (Gusano cachón). Entre los enemigos naturales de huevos de E. Ello, encontramos Trichogramma spp., y Telenomus sp. Entre los predadores del huevo se incluyen Chrysopa sp.; las larvas son parasitadas por Apanteles congregatus y A. americanus. Aspersiones con suspensiones bacteriales de Bacillus thuringiensis en dosis de 2 a 3 gm, de producto comercial por litro de agua proveen un control muy efectivo, igualmente debido a la gran atracción de ejercer sobre los adultos de gusano cachón se utilizan las trampas de luz ultravioletas; las recolecciones manuales de larvas y pulpas resultan muy efectivas en la reducción de las poblaciones del gusano cachón, práctica esta que tiene más aplicabilidad cuando se hace en los campos donde se inician los ataques del insecto.

El control biológico debe constituir uno de los principales soportes del control integral, de plagas y enfermedades. Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a mantener el control biológico natural existente y a enriquecerlo, incrementando sus poblaciones benéficas nativas e introducidas.

- 1) Los insecticidas son componentes valiosos del control integrado; sólo deben aplicarse cuando los otros factores de control no sean suficientes y cuando se está seguro que el ataque de una plaga o enfermedad esté causando mermas en los rendimientos (Lozano, 1980, CIAT). Debe reducirse la aplicación de pesticidas al máximo posible; de requerirse la aplicación de un insecticida debe preferirse aquellos productos selectivos, que tienen poco o ningún efecto letal sobre agentes benéficos. (Belloti y Schoohoven, 1979, CIAT).
- 2) En el ecosistema se debe hacer un inventario detallado sobre los insectos, ácaros y microorganismos benéficos, al igual que sobre las plagas, enfermedades, hospederos y fuentes alimenticias de plagas y patógenos. Las evaluaciones sobre los daños causados por los diferentes problemas bióticos del ecosistema, suministran información para establecer prioridades y desarrollar los programas respectivos de control biológico.
- 3) Los estudios ecológicos, que tiendan a explicar la relación parásito – plaga – medio ambiente, suministrarán información valiosa sobre las estrategias de control biológico en el ecosistema.
- 4) El control biológico nativo puede mejorarse favoreciendo el aumento poblacional de las especies nativas más benéficas mediante el sistema de cría masal, liberación y colonización. Este control biológico nativo puede también ser ayudado por la introducción de nuevas especies benéficas, aún más eficientes que las nativas, que se adapten a las condiciones ecológicas de la región. Ejemplo, los campos sembrados con yuca se pueden colonizar con nidos de Polistes colocados en casetas o ranchos. Los Polistes erythrocephalus y Polistes canadensis son enemigos naturales de larvas del gusano cachón (Predadores). En el CIAT se determinó que cada larva de Polistes consume diariamente 0.47 larvas de E. Ello (CIAT Annual Repot, 1978).

- 5) Se deben hacer recolecciones manuales de larvas y pupas las cuales resultan efectivas en las reducciones de las poblaciones de insectos plagas; también se deben eliminar los hospederos alternantes de patógenos y pestes existentes en las plantaciones (Poinseta pulcherrima), hospedero del agente causal del superalargamiento, etc., al igual que toda fuente de alimento de pestes y patógenos (las hojas de caucho alimentan al gusano cachón; Los frutos en descomposición alimentan a la mosca de la fruta; Las raíces de desecho alimentan a patógenos del suelo, etc.). En el ecosistema se deben divulgar sobre las ventajas de estas labores, con el fin de restringir su existencia al mínimo posible.
- 6) Aunque la agricultura moderna tiende a usar el sistema de monocultivo univarietal (clonal), las experiencias con el cultivo de la yuca nos inducen a recomendar como de gran importancia para el control biológico la siembra multivarietal (clonal), ya sea en monocultivo o en asociación con otros. La variabilidad genética de los clones de yuca en una plantación, definitivamente restringen la multiplicación asémica de las pestes y de los patógenos manteniendo su inóculo potencial a niveles bajos. Esto restringe toda posibilidad de epifitotias.
- 7) La liberación de insectos irradiados o de híbridos interespecíficos de plagas al cultivo no se ha intentado en yuca, pero podría ser un excelente control biológico para el futuro. La aspersión del suelo con bacterias, hongos, virus patógenos de insectos y de agentes patógenos que viven en el suelo, es otro excitante campo que debería investigarse.

11.4 Control Varietal.

La estabilidad en los rendimientos a través del tiempo en un ecosistema dado, no solamente depende de las presiones a los diferentes factores negativos de la producción (FNP) existentes en un ecosistema, sino también de la capacidad genética de los clones de yuca para resistir a estas presiones. En razón de que la selección regional aplicada a la yuca viene desde tiempo atrás y a que los clones han sido perpetuados vegetativamente, existe una gran interacción genotipo–ecosistema. Un clon que muestra buena adaptación y tolerancia en un ecosistema dado, puede ser severamente afectado por los FNP existentes en otros ecosistemas diferentes cuando es introducido. Consecuentemente, en un ecosistema dado se debe preferir la utilización de los mejores clones regionales sobre los introducidos; las introducciones deben hacerse específicamente para mejorar genéticamente los clones regionales más promisorios o porque proceden de ecosistemas similares, con iguales FNP.

Los criterios a tener en cuenta en la selección y evaluación varietal deben ser amplios, incorporando con igual nivel de importancia los siguientes parámetros generales de evaluación: a) Buen rendimiento (como raíces frescas o como follaje, según su utilización); b) Alta producción y calidad del material vegetativo (estacas) para siembra; c) Calidad de las raíces aceptable de acuerdo a los requerimientos socio-económicos de la región. Los clones que mejor manifiestan estas tres

cualidades serán los que posiblemente muestren una mayor estabilidad a través del tiempo, ya que podrán ser las que prefieran los agricultores de la región. La evaluación clonal debe ser dirigida a identificar genotipos con resistencia amplia a un mayor número de los FNP existentes en el ecosistema, mediante evaluaciones de campo en localidades en donde los FNP sean más frecuentes y severos.

La resistencia varietal obviamente beneficia los programas de control biológico, ya que amplía el nivel de daño económico facilitando el incremento de agentes benéficos y reduce o elimina la necesidad de aplicar pesticidas.

El cultivo de yuca puede soportar hasta un 40% de defoliación causado por el ataque de *Erinnys ello*, sin causar daños, económicos, permitiendo esto retrasar la aplicación de insecticidas para su control o usar otro método de control compatibles con el equilibrio biológico.

Recientes investigaciones sobre el almacenamiento de raíces frescas de yuca sugieren que deterioración fisiológica es un proceso bioquímico (Lozano, Cock, CIAT, 1980), que puede controlarse mediante la poda de las plantas tres semanas antes de la cosecha, o almacenando las raíces en bolsas plásticas selladas, para que mantengan una humedad ambiental saturada y evite la deshidratación. La deterioración microbial se ha prevenido tratando por inmersión las raíces frescas con soluciones de fungicidas protectantes.

Existe considerable potencialidad en cuanto al desarrollo de plantas de yuca resistentes a los insectos. El trabajo a nivel internacional acaba de empezar y se sabe muy poco sobre la resistencia de esta especie a los insectos. Puesto que la yuca suele ser un cultivo de escaso valor monetario, el empleo de plaguicidas u otros medios de control resulta prohibitivamente caro. Por tanto, el desarrollo de resistencia ofrece una alternativa económica.

Son muchas las especies de ácaros e insectos que atacan la yuca, provocando mermas en la producción. Puesto que la yuca tiene un largo período de crecimiento (8 a 24 meses), los insectos que la atacan en forma prolongada ocasionan mayores pérdidas que las que la atacan por lapsos breves. Por tanto, los ácaros, thrips, cóccidos, pseudocóccidos y mosquitas blancas provocan pérdidas considerables en los rendimientos. La evolución de la resistencia de la planta huésped se encamina hacia estas plagas persistentes. Se han descubierto altos niveles de resistencia contra los thrips y niveles moderados contra los ácaros *Mononychellus tanajoa* y *Oligonychus peruvianus*, así como contra las mosquitas blancas. Recientemente, se iniciaron los estudios sobre la resistencia a los cóccidos y borreguitos.

Por lo general, se considera que la yuca es un alotetraploide con alto grado de heterocigosis. Exhibe fuerte disminución de sus características por consanguinidad y tiene alto grado de esterilidad masculina. Las características importantes, como el índice de producción, el contenido de materia seca en la raíz

y la resistencia a diversas enfermedades, son muy heredables. La participación de genes aditivos en esas características es significativa. La propagación vegetativa del cultivo y la herencia aditiva de sus principales características, indican que una vez obtenido un genotipo superior, se le puede multiplicar en forma indefinida.

12. TRANSFORMACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LA YUCA

Deterioración postcosecha y almacenamiento de raíces de yuca.

La yuca es uno de los cultivos básicos de las regiones tropicales y constituye a su vez en esas regiones más del 50% de la producción total de raíces y tubérculos. Acorde con la FAO (1.981), la producción mundial de la yuca se estimó en unas 122 millones de toneladas. Se estima que la yuca aporta el 39, 12, y 7% de los requerimientos calóricos en la alimentación de las poblaciones de África, América Latina y el Lejano Oriente, respectivamente. Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de la yuca en alimentación humana es el corto tiempo de conservación de las raíces después de la cosecha; las raíces se deterioran rápidamente, disminuyendo su calidad y por tanto se hacen inaceptables para el consumo humano y para otros usos.

El presente capítulo hará alusión a los diferentes aspectos relacionados con la deterioración postcosecha de la yuca, los factores que la afectan, los tratamientos para extender la durabilidad de las raíces y las prácticas de almacenamiento de las mismas.

12.1 Deterioración postcosecha: La parte más importante de una raíz de yuca la constituye la pulpa o parénquima que está básicamente constituida de haces xilógenos (Vasos de xilema) distribuidos en forma de estrías y en los cuales se concentra el almidón de la raíz. En el centro de la raíz observamos el xilógeno fibroso central mientras que en la periferia se localiza la corteza o cáscara formada por capas superpuestas de tejidos corchosos, fibras esclerenquimatosas, vasos con látex y cambium.

Los síntomas de deterioración de las raíces de yuca aparecen durante los 3 primeros días después de la cosecha y se manifiestan por cambios de coloración en los tejidos parenquimáticos y los haces xilógenos. Estos últimos adquieren tonos azulados para luego pasar a coloración café o marrón, en forma de estrías vasculares que se pueden observar en secciones longitudinales de las raíces.

El inicio y el grado posterior de la deterioración de las raíces está estrechamente relacionado con la presencia de daños mecánicos, los cuales son normalmente ocasionados al momento de la cosecha. Algunas características varietales (longitud de las raíces, presencia de pedúnculos largos etc.), la textura y grado de compactación del suelo y las formas de cosecha (manual o mecánica) son algunos de los factores que afectan la incidencia de los daños mecánicos en las raíces.

Las áreas distal y proximal de las raíces son las más propensas a sufrir daños mecánicos. Además de los cambios en la coloración, las raíces pueden también ser atacadas por microorganismos que producen pudrición a los 5 – 7 días después de la cosecha.

Las investigaciones realizadas hasta la fecha han permitido definir dos clases de deterioración, las cuales han sido denominadas primaria y secundaria. La deterioración primaria o fisiológica que se manifiesta normalmente con la presencia de las estrías azul - negras o marrones, con mayor intensidad alrededor de la periferia de la corteza. La deterioración secundaria o microbial ocurre después de la deterioración primaria e implica pudrición microbial causada por varios hongos y bacterias, los cuales actúan como patógenos de las heridas.

Ha sido ampliamente demostrado que las dos clases de deterioración son debidas a procesos distintos. No ha sido posible aislar microorganismos de los tejidos afectados por deterioración fisiológica mientras que en el caso de la deterioración microbial se ha podido aislar hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, etc.

12.1.1 Causas de la deterioración fisiológica. Los mecanismos responsables de la deterioración fisiológica de las raíces han sido poco estudiados, pero en los últimos años las investigaciones sobre este tópico han permitido aumentar los conocimientos que sugieren se trata de reacciones bioquímicas bastante complejas.

Tratamientos aplicados a las raíces después de la cosecha tales como inmersión en agua caliente, conservación a bajas temperaturas, almacenamiento en aire con bajo nivel de oxígeno o en un ambiente de gas carbónico (CO₂) evitan el desarrollo de la deterioración de las raíces y sugieren la participación de enzimas como las peroxidases en el proceso. La actividad total de las peroxidases se incrementa después de la iniciación de la deterioración de las raíces de yuca.

Algunas condiciones ambientales tales como la temperatura y la humedad relativa afectan la deterioración fisiológica, especialmente con la presencia de daños mecánicos. Raíces de yuca con daños mecánicos mantenidas en un ambiente de baja humedad (65 – 80%) se deterioran más rápidamente que las mantenidas en un ambiente saturado de humedad (100% humedad relativa). La respiración de los tejidos se mantuvo a un nivel más alto en un ambiente de baja humedad. Estos resultados demuestran los efectos críticos de la pérdida de agua resultante de los daños mecánicos en las raíces.

Mediante estudios citológicos se ha podido comprobar que los cambios de coloraciones en los tejidos de la raíz obedecen a una respuesta de estos a los daños o heridas que no quedan localizadas sino que se hacen extensivas a lo largo de la raíz. La respuesta inicial se manifiesta como una oclusión de los haces xilómicos y la producción de compuestos fluorescentes en el parénquima. Las

oclusiones contienen carbohidratos, lípidos y compuestos parecidos a la lignina. En las etapas iniciales se encuentran además fenoles libres, leucoantocianinas y catequinas en los haces xilógenos del parénquima.

El compuesto con mayor fluorescencia ha sido identificado como escopoletina, una cumarina (Rickard, 1982), el cual se encuentra en muy bajas concentraciones en las raíces frescas. A pesar del avance en el conocimiento de la deterioración postcosecha aún no se han podido identificar los mecanismos bioquímicos que conducen a la formulación de escopoletina y la aparición de deterioración.

12.1.2 Factores que afectan la Susceptibilidad a la Deterioración Fisiológica

a) Diferencias Varietales.

Evaluación de la susceptibilidad al deterioro fisiológico de distintas variedades de yuca han mostrado una amplia diferencia (CIAT, 1976, 1977) De 65 cultivares evaluados se encontró que 2 no mostraban deterioro a los 7 días después de la cosecha, 11 mostraron deterioro mínimo, 45 presentaron susceptibilidad intermedia y 7 fueron muy susceptible. Además de la variación inter – varietal existen variaciones intra – varietales. Se observan por ejemplo que el porcentaje de deterioración en las raíces de la variedad McoL 22 varía desde menos de 20% hasta más de 90%, lo cual demuestra que esta variedad, según las condiciones de cosecha podría resultar susceptible o resistente a ella. Mientras los factores genéticos no sean los únicos que determinen la susceptibilidad o resistencia de una variedad dada, resulta difícil expresar el grado de susceptibilidad absoluta de las variedades de yuca estudiadas.

b) Condiciones edafoclimáticas (ecosistemas).

Evaluaciones de deterioración postcosecha de varios cultivares en cinco lugares de Colombia con diferentes condiciones edafoclimáticas han demostrado el efecto de estas condiciones sobre la susceptibilidad a la deterioración. Debe señalarse que el porcentaje de deterioración de cada variedad fue significativamente diferente en los lugares estudiados. Al respecto los mayores grados de deterioración se dieron en CIAT – Palmira y en Popayán, resultando considerablemente menor en la Costa Norte y todas las variedades se comportaron como resistentes al deterioro en Carimagua.

En el estudio se pudo notar que existe una correlación positiva entre la materia seca de las raíces y la deterioración fisiológica en aquellos lugares en donde hubo alto grado de deterioración. Igualmente se nota que las plantas de variedades más afectadas por los llamados factores negativos a la producción (FNP) (Lozano, CIAT –1980), tales como ataques de insectos, enfermedades, sequía, etc, presentaban un mayor nivel de defoliación pero a su vez resultaron más resistentes a la deterioración fisiológica de las raíces.

c) Efectos de la poda de la parte aérea.

En muchas zonas productoras de yuca de América Latina las raíces de yuca suelen venderla en los mercados adheridas aún a la parte inferior del tallo como una práctica que ayuda a conservar las raíces por más tiempo. En experimentos montados en el CIAT se ha demostrado que la poda de la parte aérea de la planta antes de la cosecha reduce el nivel de deterioración fisiológica después de la cosecha. Cuando el período entre la poda y la cosecha fue solo de una a dos semanas, las raíces cosechadas y mantenidas adheridas al tallo se deterioraron menos que las raíces sueltas, pero cuando el período fue de tres semanas las raíces mantenidas en una u otra forma fueron muy resistentes a la deterioración. Se puede señalar que este aspecto guarda relación con el punto b), ya que la poda se puede considerar como una defoliación severa y rápida.

Últimamente se ha podido demostrar que el efecto de la poda sobre la disminución a la deterioración fisiológica puede prolongarse hasta 9 semanas después de la poda, pero se reduce la cantidad de almidón de las raíces, debido a la utilización de las reservas radicales para sostener el rebrote de las plantas, igualmente se afecta la textura y calidad culinaria de las raíces, resultando estas inferiores en ese aspecto a de las raíces de plantas sin podar. Es necesario por tanto complementar el proceso de la poda con aplicación de inhibidores del rebrote vegetativo de las plantas, también es menester adelantar más estudios para determinar las condiciones adecuadas para mantener la calidad de las raíces.

12.2 ALMACENAMIENTO DE RAÍCES FRESCAS DE YUCA PARA EL CONSUMO HUMANO

Dado el efecto de los dos tipos de deterioro que padece la raíz de yuca, los cuales afectan el mercadeo del producto fresco, aumentando los costos y riesgos y causando pérdidas graves para mayoristas, minoristas y consumidores, es menester la búsqueda de un método que facilite el almacenamiento de las raíces por un período más largo que los dos o tres días que hoy son posibles. Una raíz almacenable tendrá dos ventajas sobre la raíz perecedera: la primera, se elimina las pérdidas y riesgos de mercadeo con lo cual baja su costo; y la segunda es la mayor conveniencia que tendrá tal raíz para el consumidor, ya que no habrá necesidad de preparar inmediatamente el producto.

12.2.1 Principios de almacenamiento: Teóricamente, hay varios principios que podrían utilizarse para permitir la eliminación de cada uno de los tipos de deterioro. La deterioración fisiológica necesita oxígeno para su desarrollo y, además, involucra reacciones enzimáticas. Su control se puede lograr evitando el acceso del oxígeno a los tejidos parenquimatosos o, por otro lado, inhibiendo las reacciones enzimáticas. El almacenamiento en una atmósfera de gases con Nitrógeno, o en el vacío, evitará la presencia del oxígeno ambiental. También el uso de una barrera artificial, parafina por ejemplo (Zapata and Rivera, 1978, Instituto de Investigaciones Tecnológicas), como una capa delgada cubriendo la

raíz tiene el mismo resultado. Igualmente con el almacenamiento a temperaturas bajas (2°C) se consigue la inhibición de las enzimas de polifenoloxidasas. Y otras, que ayudan a la formación de los pigmentos sintomáticos del deterioro fisiológico.

En razón de que el actual estado del mercado fresco de la yuca no permite el uso de maquinaria que demandan el proceso de refrigeración o de planta de parafinado debido a los altos costos, resulta imperioso buscar un método eficaz y sencillo asequible al agricultor.

La deterioración fisiológica empieza a desarrollarse cerca a los puntos de daños de la raíz, porque ahí la entrada de oxígeno es más rápida. No obstante ello, la raíz tiene la capacidad para formar una nueva hilera de células encima de las células dañadas a manera de barrera protectora, situación esta que se da en otros tubérculos como la papa el cual se puede considerar como un proceso de curación. En la medida en que las condiciones de almacenamiento se realizan en unas circunstancias óptimas (temperaturas de 30° C y en una humedad relativa de 85%), la curación del daño moderado en raíces de yuca demora de 4 – 5 días. También debe señalarse que estas condiciones favorables para el rápido curado, igualmente resultan favorables para el deterioro microbioal, pudiendo ocurrir que el crecimiento de hongos y bacterias pueda ser tan rápida de tal manera, que de inicio a la pudrición microbioal antes que la raíz pueda formar la barrera de células protectoras.

Al respecto existen dos prácticas útiles para evitar problemas con patógenos durante la curación de las raíces como son: bajar un poco la humedad para demorar el desarrollo de los patógenos, pero no tanto para permitir el inicio del deterioro fisiológico; La otra práctica consiste en realizar un tratamiento de las raíces con un agente antimicrobioal que no tenga problemas para el consumo humano antes de colocarlas en las condiciones ambientales del curado.

12.2.2 Prácticas sencillas del almacenamiento.

- a) **Silos de tierra.** Silos de tierra y paja usados para conservación de papas han sido ensayados con raíces de yuca; 300 – 500 Kg de raíces de yuca colocadas sobre una base de paja y cubiertas con paja y tierra con una adecuada ventilación y con una fosa de drenaje han sido conservadas satisfactoriamente hasta por ocho semanas. En condiciones adecuadas (temperatura menor de 40°C y buena ventilación) las raíces se curaron con la formación de suberina y las heridas o daños sobre la superficie se cicatrizaron. La calidad de las raíces se mantuvo cerca de la normal observándose una ligera disminución del almidón y un aumento proporcional de azúcares. El método se ha adelantado experimentalmente con eficiencia, no ha sido aplicado en la práctica.
- b) **Cajas con aserrín húmedo.** Trabajos experimentales utilizando aserrín o tierra humedecidas han demostrado que aproximadamente un 75% de las raíces poseen una calidad aceptable después de 4 semanas de



almacenamiento, situación esta que no ocurre cuando se demora un día entre la cosecha y el empaque lo cual reduce la calidad de las raíces a un 49%. Al respecto es de manifestarse que este sistema, en combinación con temperaturas de almacenamiento menores de 15°C, es usado para exportar raíces de Costa Rica y República Dominicana para mercados de los E.E.U.U. y de Europa.

- c) **Bolsas de polietileno.** Con el simple uso de las bolsas de polietileno como empaque se pueda conseguir las condiciones requeridas para la curación de las raíces, ya que una vez adentro de las bolsas selladas, generan rápidamente las altas temperaturas y humedades necesarias. Sin embargo, el rápido crecimiento de patógenos bajo estas condiciones hace necesario un tratamiento químico para evitar que las raíces queden dañadas por el deterioro microbial. En el CIAT se ha desarrollado una metodología utilizando el empaque en bolsas de polietileno después de un tratamiento con un funguicida, lo cual permite el almacenamiento de las raíces por dos semanas sin cambios negativos de calidad. Para ello, se siguen los siguientes pasos:

1. **Cosecha y selección de raíces.** La cosecha se hace en forma normal descartando las dañadas y las no comerciales.
2. **Tratamiento.** Las raíces seleccionadas se empaquetan en sacos (costales) de fique, con 30 – 40 Kg por costal. Se procura que el sitio de tratamiento se encuentre cerca al lote de yuca, ya que el tiempo que debe transcurrir entre cosecha y empaque no debe ser superior a 3 horas. En ensayos efectuados en donde el empaque se produjo 4 a 5 horas después de la cosecha tenían pérdidas por deterioro fisiológico del 30%, mientras que raíces empacadas de 2 a 3 horas después de la cosecha no manifestaron daño alguno. El funguicida recomendado para tal efecto en razón de que su eficaz control de pudriciones postcosecha como por la seguridad al ser humano por su naturaleza no-tóxica es el Mertect, cuyo ingrediente activo es tiabendazole, que también es utilizado para el tratamiento postcosecha de la papa y el banano. No está de más anotar que está aprobado para el uso humano, ya que posee acción anti-helmintica.
3. **Empaque.** Previo al empaque de las raíces se hace otra selección descartando el material que haya sufrido daño en el tratamiento. En el CIAT se hizo el empaque utilizando bolsas de varios tamaños desde un 1 Kg hasta 20 Kg. El almacenamiento ha sido exitoso en todos los tamaños de bolsas, observándose menores índices de pudriciones en las bolsas pequeñas de 1 a 5 Kg. Al respecto puede expresarse que el tamaño de las bolsas va acorde con las exigencias del transporte o mercadeo, o las preferencias del consumidor.
4. **Almacenamiento.** El sitio de almacenamiento debe permitir que las raíces se protejan del sol directo, la lluvia y los roedores. Además, si el clima es cálido es conveniente un sitio fresco que facilite la

ventilación entre las bolsas. Las raíces deben permanecer mínimo cuatro días en condiciones óptimas para la curación, significando esto que el transporte hasta el mercado urbano en climas fríos no se debe efectuar inmediatamente ya que se corre el riesgo de no permitir la curación. Una vez curadas, las raíces pueden ser transportadas en cualquier clima. Se recomienda mantener las bolsas selladas hasta el momento de vender las raíces al consumidor y el tamaño de ellas vaya acorde con la cantidad requerida o que compra el consumidor.

13. IMPORTANCIA DE LA YUCA INDUSTRIAL EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA ANIMALES.

El consumo de alimentos concentrados para producción animal se ha incrementado a una tasa anual entre 6 y 10% durante la última década. Esta tendencia debe continuar a un ritmo igual o superior durante los próximos años, como consecuencia del aumento vegetativo de la población, pero, principalmente, como resultado de la creciente demanda por carnes blancas, huevos y leche.

La producción total de concentrados por año para el mediano plazo se puede estimar en 3.850.000 toneladas, con base en una cifra mínima de crecimiento del 5% anual. La agricultura nacional no ha podido ni estará en condiciones de satisfacer la demanda de materias primas para atender estos niveles de producción. El déficit principal se presenta en las necesidades de fuentes energéticas, de las cuales el maíz y el sorgo participan entre 50 y 60% en el volumen total del concentrado final.

Teniendo en cuenta las cifras mínimas de concentrados para años venideros la demanda de maíz y sorgo equivale a más de 2.200.000 toneladas por año. La agricultura nacional difícilmente podrá contribuir con una cantidad mayor a 600 mil toneladas de sorgo y 500 mil de maíz para alimentación animal, significando que la diferencia tendrá que importarse de países con mayor competitividad en la producción de cereales.

No obstante lo anterior, Colombia dispone de importantes posibilidades para incrementar la producción de yuca industrial, la cual podría orientarse a reemplazar una buena parte de los cereales utilizados en la preparación de concentrados.

La mezcla de harina de yuca y soya integral conforma un producto de excelentes condiciones nutricionales que perfectamente puede llegar a sustituir parcial o en su totalidad al maíz, sorgo y a otras fuentes energéticas de las raciones para aves y cerdos.

13.1 Potencial para Producción de Yuca en Colombia. La producción de la yuca en Colombia se localiza en dos clases de regiones: la yuca para consumo humano se cultiva en áreas próximas a los centros de consumo, a todo lo largo y ancho del país en climas medios y cálidos y en suelos de todas las características. Las pocas áreas destinadas a la yuca industrial y alimentación animal están situadas en suelos menos fértiles, generalmente marginales, donde no se ha desarrollado la producción industrial de otros cultivos.

Las áreas que ofrecen características más propicias para la producción de yuca industrial (harina, *pelets*) se encuentran entre el nivel del mar y 1.400 metros de altura, donde existe poca competencia con otros cultivos. Extensas áreas en la Costa Atlántica, Llanos Orientales, Cauca, Huila, Tolima, Valle, Santanderes y el Eje Cafetero, ofrecen este tipo de característica, además de menores costos de producción.

El rendimiento promedio de la yuca en condiciones tradicionales es de 10 a 12 toneladas de productos frescos, aproximadamente. Sin embargo, al utilizar variedades mejoradas y con un adecuado manejo del cultivo, puede llegarse a producciones superiores a las 25 toneladas por hectárea en un periodo de 8 a 10 meses.

El contenido de materia seca de la raíces fluctúa entre 35 y 38%, lo que equivale a la relación de 2.6 toneladas de raíces frescas para obtener una tonelada de harina de yuca. Para un rendimiento de 25 toneladas de raíces frescas por hectárea, se obtendría el equivalente a 8.5-9.0 toneladas de harina de yuca.

Teniendo en cuenta un nivel de 20% de harina de yuca en alimentos para animales como una meta posible en el mediano plazo, las necesidades de harina de yuca podrían situarse alrededor de 800 mil toneladas por año. Si se considera un rango de rendimiento entre 15 y 30 toneladas por hectárea de yuca fresca, se necesitarían entre 70 y 135 mil hectáreas para lograr esta producción.

El follaje de yuca también puede cosecharse y deshidratarse para producir harina de hoja de yuca, con un alto nivel de proteína y fibra para alimentación animal. Al realizar un aprovechamiento eficiente del cultivo, puede obtenerse entre 1 y 3 toneladas de harina de follaje por hectárea, lo cual equivale a considerar una producción adicional hasta de 400 mil toneladas de harina de follaje en esta misma área cultivada.

Al respecto debe señalarse que el Municipio de Pivijay ofrece amplias áreas ubicadas en las zonas agroecológicas Cj, Cn, W y qué áreas de ellas, se encuentran bajo la influencia del caño Schiller que con un buen manejo del suelo (uso de abono orgánico, cobertura viva con leguminosas, rotación de cultivos, etc.), se pueden cultivar con yuca incrementando sus rendimientos por hectáreas, si a lo anterior, se le suma un uso de material de siembra de buena calidad y se propicia un manejo agronómico adecuado.

13.2 Aspectos sobre el uso de Harina de Yuca en Alimentación Animal. La harina de yuca puede reemplazar parcial o totalmente a los granos de cereales (sorgo, maíz, trigo, etc.) en alimentación de las diferentes especies de animales doméstico, incluyendo aves y cerdos. Al realizar los ajustes nutricionales necesarios en la dieta con base en harina de yuca, el rendimiento animal es perfectamente comparable con el obtenido en los planes de alimentación basados en cereales. Sin embargo, en condiciones comerciales generalmente se utilizan niveles de harina de yuca que fluctúan entre 20 y 40% de la dieta total para aves y cerdos. Este tipo de dietas es común en varios países de Europa y de Asia.

La principal característica de la harina de raíces de yuca es su alto contenido en carbohidratos (almidón), que proporciona un nivel de energía comparable con la del maíz y el sorgo. El principal limitante nutricional es su bajo contenido de proteínas (2 – 3%) y ácidos grasos esenciales, en contraste con el sorgo y maíz. Debido a este limitante, el precio de la harina de raíces de yuca debe ubicarse alrededor del 75 al 80% con respecto al precio del maíz. Nutricionalmente, se puede balancear la deficiencia en proteínas y ácidos grasos, utilizando soya integral en forma de un núcleo con una relación aproximada de cuatro partes de harina de yuca por una de soya integral.

Las variedades amargas de yuca contienen linamarina, la cual se transforma en ácido cianhídrico, elemento tóxico que limita el uso de las raíces frescas. Sin embargo, cuando el proceso de deshidratación se realiza en forma adecuada se puede garantizar la eliminación del tóxico y la obtención de un producto perfectamente utilizable en alimentación animal. Sobre esto puede anotarse que el Municipio de Pivijay posee no solamente áreas para incrementar el cultivo de la yuca, sino que dispone de dos plantas de secado, que coadyuvarían al desarrollo de este proceso.

La harina de follaje de yuca se caracteriza por un alto contenido de proteínas (18-22%) y de fibra (25-30%). Se pueden utilizar niveles hasta del 10% en dietas para aves y cerdos y hasta del 40% en dietas para rumiantes.

13.3 Aspectos Nutricionales de la Mezcla o del Núcleo Harina de Yuca – Soya Integral. Aunque el nivel de energía en la harina de yuca es comparable con los cereales tradicionales (maíz, sorgo, trigo, arroz), el contenido de proteínas y ácidos grasos es extremadamente bajo. Esta característica exige una mayor suplementación de fuentes de proteína (aminoácidos) y aceite o grasa. Al analizar las diferentes alternativas de suplementación, la soya integral ofrece la opción más interesante, ya que las deficiencias nutricionales de la yuca pueden ser superadas con la adición de un porcentaje moderado de soya integral tostada o extruída.

La soya integral tiene la importancia de ofrecer en un solo producto una alta concentración de proteína (38%) y aceite (18%). El grano integral de soya debe ser sometido a un proceso térmico que destruya los factores antinutricionales y

permita aprovechar al máximo su potencial de energía y proteína. El alto contenido de aceite se refleja en un nivel de energía metabolizable, que puede fluctuar entre 3.600 y 3.800 kilocaloría por kilogramo para aves y entre 3.800 y 4.100 para cerdos. Aproximadamente el 40% del aceite está constituido por ácido linoléico, mientras que el 2% corresponde a lecitina, elementos de mucha importancia en el metabolismo del animal. La proteína de la soya contiene un excelente balance de aminoácidos de alta disponibilidad biológica. Entre los aminoácidos que aporta el grano de soya debe destacarse la elevada concentración de lisina, característica nutricional de gran importancia en todos los productos derivados de la soya.

La mezcla de harina de yuca con soya integral en proporciones de 82 y 18%, respectivamente, permite obtener un núcleo con características iguales o superiores a las del maíz. Este núcleo ofrece un perfil nutricional de alta densidad en energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales.

El desarrollo, mercadeo y utilización de un núcleo de harina de yuca – soya integral exige un proceso tecnológico, con etapas bien definidas, que deben implementarse en forma ordenada para llegar a ofrecer una alternativa viable a la industria de alimentos concentrados.

14. CONCLUSIONES

Los resultados y observaciones obtenidas en el presente trabajo permiten anotar las siguientes conclusiones:

1. Que el trabajo de caracterización del Sistema de Producción yuca en el Municipio de Pivijay deja entrever que se siembra bajo los diferentes arreglos: yuca sola, yuca intercalada con maíz, yuca intercalada con frijol y yuca intercalada con ajonjolí. Que los rendimientos están muy por debajo del promedio nacional, obedeciendo ellos a la baja fertilidad de los suelos, al uso de semilla de baja calidad, a ataques de malezas y de plagas y enfermedades, entre otras; igualmente que en la vereda la colorada, se siembra algo más del 70% del área que se cultiva en el Municipio.
2. Que la incidencia y la severidad de las plagas y de las enfermedades varían enormemente de una zona a otra y la yuca es tradicionalmente considerada como una planta altamente tolerante a las enfermedades y los insectos, sin embargo cuando hay expansión a áreas no tradicionales y los métodos de cultivos se vuelven más intensivos, los insectos y las enfermedades podrán atacar más severamente. De lo anterior se concluye que los sistemas de control integrado de plagas en la yuca deben enmarcarse en la combinación de tres aspectos fundamentales como son: a) Resistencia varietal. B) Control biológico y C) Control cultural. El uso de pesticidas químicos y formas similares de control deberían tenerse en cuenta únicamente como medidas suplementarias. El uso de material de siembra de buena calidad de variedades adaptadas y competitivas.
3. No obstante a que los pequeños agricultores del Norte de Colombia se encuentran bajo condiciones agronómicas y socioeconómicas muy desfavorables, podrían incrementar sus rendimientos en yuca a través del uso de simples prácticas agronómicas mejoradas que requieren cantidades muy limitadas de insumos. El adelanto adecuado de ciertas prácticas como el uso de material de siembra de buena calidad de variedades adaptadas y competitivas, fertilización, población, control de malezas, periodos de siembra, cosecha y rotación de cultivos, entre otros, ofrecen tremendas oportunidades de desarrollo de sistemas agrícolas capaces de incrementar la producción de yuca en diferentes áreas.
4. La yuca es una planta ideal para ser intercalada con cultivos de corto ciclo, dado el lento desarrollo inicial y la capacidad de recuperación tardía que tiene el cultivo, igualmente esta modalidad de cultivos múltiples ofrece ciertas ventajas como son: la incidencia de enfermedades y plagas tiende a disminuir, el control de malezas no necesita ser tan intensivo y la

fertilización puede mantenerse con el uso de leguminosas y los agricultores a través de los cultivos de ciclo corto podrían obtener otros ingresos adicionales, como también las leguminosas pueden producir proteínas compensando así el bajo contenido proteínico de la yuca, especialmente en cultivos de subsistencia.

5. La yuca se propaga comercialmente en forma vegetativa, razón por la cual la calidad del material de siembra, determinada por las presiones climáticas y edáficas y el ataque de patógenos y plagas (factores negativos a la producción, FNP), además de la tolerancia de los genotipos a los FNP del ecosistema, influye en un alto porcentaje sobre el éxito del cultivo. Además, la diseminación de enfermedades y plagas por el uso de material de siembra infectado y/o infestado es mucho más probable que en cultivos comercialmente propagados por semilla botánica, sobre todo entre distintos ecosistemas. De ahí que el tamaño y la calidad de la semilla son de importancia fundamental para lograr rendimientos óptimos en cualquier sistema de producción.
6. En suelos arenosos debe tenerse gran cuidado al utilizar los herbicidas. Trabajos efectuados por el CIAT muestra que, incluso con tasas más bajas la lixiviación de los productos químicos en los suelos arenosos puede ser tóxica para la yuca. El acaballonamiento aparentemente aumentó la toxicidad.
7. Que las prácticas culturales más decisivas para la producción de raíces de yuca son:
 - a) Selección de estacas sanas y maduras.
 - b) Siembra en la época más apropiada.
 - c) Buen control de malezas
8. Es importante y conveniente adelantar programas de rotación de cultivos en las zonas productoras, ya que la yuca posee una capacidad excepcional para extraer nutrientes del suelo. La yuca extrae más nutrientes del suelo que la mayor parte de los cultivos tropicales.
9. Al cultivo de la yuca se le debe propiciar un manejo integrado significando ello un uso adecuado de las variedades y de prácticas agronómicas, acompañada de un manejo integrado de plagas y del desarrollo de alternativas de producción, en razón a los diversos usos del cultivo, lo mismo que del adelanto de alternativas para recuperar y sostener la fertilidad de los suelos, acciones; todas ellas que conlleven a una producción, enmarcada en los criterios de sostenibilidad, equidad y competitividad.
10. En aquellas zonas como el Municipio de Pivijay y otros, que manifiestan una baja fertilidad en los suelos y en los cuales se adelantó el proyecto por la entidad Corpoica año 1996, sobre Desarrollo de Alternativas para Recuperar y Sostener la Fertilidad Integral de los Suelos en los Sistemas de Producción que incluya la Yuca en la Región Caribe, se puede expresar como conclusión preliminar, que los suelos en donde se aplicaron los abonos orgánicos presentaron un aumento del contenido de materia orgánica, fósforo y potasio, confirmando esto, que dichos abonos mejoran

algunas características del suelo, lo cual va a permitir que haya un mejor aprovechamiento de agua y de los nutrientes por parte de la planta y que aquellos suelos que sirvieron de testigos presentaron una disminución del contenido de materia orgánica, fósforo y potasio; esto confirma que estos suelos pueden perder su potencial productivo por la extracción antrópica que van haciendo estos cultivos. Al respecto entre los tratamientos utilizados, figuran: Bovinaza, Leguminosas incorporadas, Mulch, Triple 15 y el testigo.

15. RECOMENDACIONES

1. Elaborar un plan integral de desarrollo del cultivo de la yuca a nivel de la región, íntimamente articulado entre las distintas entidades que laboran en dicho cultivo como son: CIAT, CORPOICA, ICA, Universidad, Secretarías de Agricultura, ONG y Gremios; trabajo este que debe desarrollarse con un enfoque sistémico. (Metodología de sistemas de producción), que permita como tal la aceptación y adopción por los productores.
2. Se recomienda reactivar las dos plantas de secado que existen en el Municipio como una forma de mejorar la competitividad del cultivo y aprovechar su potencial productivo.
3. Que se continúe, en su segundo ciclo de investigación por parte de las entidades comprometidas en el proyecto de Desarrollo de Alternativas, para recuperar y sostener la Fertilidad Integral de los Suelos en los Sistemas de Producción que incluyen yuca en la Región Caribe, en razón a los buenos resultados arrojados en los análisis de suelos después de cosechado el cultivo (1er ciclo de investigación) frente a los resultados de los análisis químicos de los suelos antes de sembrado el cultivo, en los cuales pudo observarse que con el uso de los tratamientos antes citados se presentó en los suelos (después de cosechado cultivo) un incremento de materia orgánica, Fósforo, Calcio, Magnesio y Potasio y una tendencia a la disminución del pH, siendo su disminución más notoria con la aplicación de abonos orgánicos.
4. En aras de mejorar la competitividad y sostenibilidad de los pequeños productores de yuca, se plantea la necesidad de desarrollar programas sobre: Mejoramiento tecnológico de la producción del cultivo; modernización de los procesos agroindustriales de la yuca; estructuración de cadenas agroalimentarias y Desarrollo empresarial de los productores.
5. Generar y transferir tecnología por parte de las entidades competentes en aspectos inherentes a: Sistemas de labranza mínima; Barreras vivas; Coberturas vegetales; Sistemas de cultivos múltiples y en rotación; Sistemas agroforestales y Manejo Integrado plagas.
6. Implementar en aquellas áreas bajo la influencia del caño Schiller acciones de riego en aras de desarrollar producciones escalonadas, que permitan la producción de yuca en épocas críticas, en razón a que la estacionalidad de

la producción en la Costa Atlántica limita la competitividad de la yuca como materia prima para procesos industriales.

7. Teniendo en cuenta que en Colombia, la Costa Atlántica y en particular en el Municipio de Pivijay, la producción y agroindustrialización de la yuca se perfila como una importante alternativa competitiva y en aras de aprovechar esta posibilidad, es menester establecer bancos de semillas que permitan ampliar su oferta con las características de variedades, condiciones fitosanitarias, calidad y rendimientos requeridos para el procesamiento industrial. En virtud de lo anterior, es necesario ampliar las investigaciones de mejoramiento genético, aumentar los lotes de multiplicación de semilla, reforzar las acciones dirigidas a modernizar las técnicas de cultivo y popularizar la producción y uso de la semilla obtenida por métodos de propagación rápida (métodos de esquejes y retoños) y la semilla in-vitro.

BIBLIOGRAFÍA

BATES, W. 1957. Mechanization of tropical crops, 1st. Ed. London, Temple Press Books Ltd. p.410.

CARDENAS, R. 1972. Principales Plagas de la Yuca y su Control. Curso Intensivo del Cultivo de la Yuca. Palmira, Instituto Colombiano Agropecuario "ICA" p. 14 - 19.

Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT". 1979. Yuca : Investigación, Producción y Utilización, Palmira (Valle). Edición Única. Editorial PNUD y CIAT.

CIAT. 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1986, 1987, 1988, 1992, 1996. Reporte Annual, Sistema Producción Yuca.

COCK, James H. 1975. Aspectos Fisiológicos del Crecimiento y desarrollo de la planta de yuca. Fisiólogo y Coordinador del Programa de Yuca, CIAT. Cali, Colombia.

CORPOICA, 1996. Informe Avance, Proyecto Global "Plan Cuatrienal para la modernización de la Agroindustria de la Yuca en la Costa Atlántica".

CORPOICA, 1997. Proyecto Interregional : Desarrollo de Alternativas para recuperar y sostener la fertilidad integral de los suelos en los sistemas de producción que incluyen yuca en la Región Caribe. p. 1-55.

CORPOICA, 1998. Diagnóstico del Creced Norte del Magdalena. Santa Marta Colombia. p. 200.

CORPOICA. Regional 3, 1999. Caracterización de los Sistemas De Producción Agropecuarios del Departamento del Magdalena. Boletín de

Investigación No. 2, convenio SENA - CORPOICA - Ministerio de Agricultura, Valledupar. p. 1-72.

CORPOICA, Ministerio del Medio Ambiente 1995. El enfoque de sistemas de producción y la incorporación de criterios de política. Memorias del Segundo Simposio Latinoamericano sobre Investigación y Extensión en Sistemas Agropecuarios, Santa Fé de Bogotá. Colombia.

CORREA, 1977. Cultura de Mandioca. Curso intensivo, Minas Gerais Brasil, Ministerio de Educación y de Cultura. Escuela Superior de Agricultura de Lavras. Convenio INCRA / FAEPE. p. 86.

COURSEY y HAINES (1970), Root Crops and their potencial as food in the tropics. World crops 22 :261-265.

CUERVO FUENTES HERNAN 1997. Metodología de Estudios de Impacto Ambiental, Universidad de Antioquia. Segunda edición.

GOBERNACIÓN DEL MAGDALENA 1996. Anuario Estadístico Agropecuario y Pesquero, Santa Marta - Colombia.

GOBERNACIÓN DE MAGDALENA, Secretaria Planeación 1999. Anuario Estadístico del Magdalena. El Magdalena en cifras Santa Marta, Colombia.

ICA, Seccional Magdalena, 1999. Plan cuatrienal para la protección Fito y Zoonosanitaria del Departamento del Magdalena, Santa Marta, p. 1-92.

IGLESIAS C; Calle F Bolaño A. 1994 Propagación de yuca por semilla sexual, USA. p. 290.

IGLESIAS C; J. Bedoya. N Morante (1996) Genetic diversity for physiological deterioration in casava roots. NH, USA. p. 115-126.

IICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1997. Memoria del primer encuentro Técnico Nacional de Producción y Transformación de Yuca. Primera Edición. Tolú, Sucre. p.7-251.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Diccionario geográfico de Colombia. Tomo III.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 1973. Monografía del departamento del Magdalena. p.1-162.

LOZANO J.C., Belloti, A y otros 1976 problemas en cultivo de la yuca. Ciat, p. 192.

MAXWELL G. FOWDEN, JENNINGS R PETER, 1984. Mejoramiento de planta, resistentes a insectos. Primera Edición. Editorial Limusa. Mexico IDF p. 568.

MENESES, D.M. 1958. Rendimiento de mandioca edo feijao em funcao de apoca de plantío. Río de Janeiro. Brasil. Centro Nacional Ensino e Pesquisas Agronómicas. Comunicado Técnico No. 5. p. 18.

SMITH, L.R. 1968, Informe de los ensayos sobre la Producción de Yuca en el Cibao. Santiago de los caballeros. República Dominaca. Instituto Superior de Agricultura. p. 14.

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



Anexo

A. CARACTERIZACION DEL SISTEMA DE PRODUCCION YUCA

Departamento _____ Municipio _____
Vereda _____ No. encuesta _____
Encuestador _____ Fecha _____

1. Nombre del encuestado _____	2. Cargo _____
3. Nombre del propietario _____	
4. Distancia cabecera municipal _____	
5. Topografía plana _____ Ondulada _____	Quebrada _____
6. Vía acceso: Carreteable _____ Camino vereda _____	Río _____ Otros _____

7. Composición familiar

[illegible]

8. Nivel de escolaridad del encuestado:

Ninguno _____ Primaria (grado) _____ Secundaria (grado) _____ Técnico Agropecuario _____
 Universitario _____ Título _____ Otros _____ Cuales _____

9. Ocupación principal: _____

10. Lugar de procedencia: Departamento _____ Municipio _____

11. Cuanto tiempo lleva en la región _____

12. Tipo de tenencia: Propietario _____ Arrendatario _____ Colono _____ Otros(cual) _____

13. Pertenece a alguna organización social: Si _____ No _____

14. De que tipo: Acción comunal _____ Cooperativa _____ Otro _____

Nombre: _____

15. Aplica algún tipo de creencia a la actividad agropecuaria: Si _____ No _____

Cual (es) _____

16. Cree en los rezos: Si _____ No _____

Actividades para las cuales realizan los rezos: _____

17. Cree en las fases de la luna Si _____ No _____

Actividad que realiza

En menguante

En creciente

18. Los ingresos del propietario dependen de:

Explotación del predio _____ Explotación de otros predios _____ venta de mano de obra _____

Empleo _____ Comercio _____ Microempresa _____ otras fuentes _____ cuales _____

19. En la explotación de la finca cual actividad le genera más ingreso:

Agricultura _____ Ganadería _____ Otros (cual) _____

20. Utiliza crédito para la explotación de la finca Si _____ No _____

Para qué? Agrícola (Cultivo) Pecuario (Especie) Artesanía
Otros (cual)

D. ASPECTOS TECNICOS

21. Area de la finca (ha)

22. Area establecida en yuca (ha) edad del cultivo (año o meses)

23. Tipo de sistema predominante en yuca.

Monocultivo asociado con qué? Otro
Cual

24. Epoca de siembra: Primer semestre segundo semestre

Sistema de siembra utilizado:

Variedad	Distancia entre surcos(m)	Distancia entre plantas (m)

25. Utiliza asistencia técnica Si No

26. Que tipo de mano de obra utiliza en el cultivo? Familiar Contratada

27. Que actividad demanda mayor mano de obra? Siembra control de malezas
fertilización Control plagas y enfermedades Cosecha Otros
Cual

28. Utiliza riego Si No cual tipo? Gravedad goteo Aspersión

29. Cual es la fuente de agua? Pozo Río Quebrada Otro Cuál

30. Con que frecuencia riega:

31. En la finca cuenta con:

Vivienda	Si	No
Bodega	Si	No
Agua potable	Si	No
Sanitario	Si	No
Teléfono	Si	No
Gas	Si	No

Maquinarias: _____ Guadaña _____ aspersora _____ arado _____ rastrillo _____ subsolador _____
surcadora _____

32. Para la siembra de yuca hace preparación del suelo Si _____ No _____ que sistema utiliza _____

33. De donde obtiene la semilla? Del mismo Cultivo _____ compra a otros cultivadores _____
La trae de otras regiones _____ la obtiene de alguna entidad _____ (cual) _____

34. Hace tratamiento químico a la semilla? Si _____ No _____ con qué? _____

35. Después de cosechada como almacena o guarda la semilla? _____

36. Si detecta en la semilla alguna planta enferma o afectada por plagas que hace: aplica
químicos _____ la elimina _____ o la deja en el sitio _____

37. Que longitud utiliza para la semilla (Estaca) _____ cm

38. Que profundidad utiliza para la estaca cuando la siembra? _____

39. Hace control de maleza? Si _____ No _____ como? Químico _____ Producto _____
dosis _____ frecuencia _____ Manual _____ Mecánico _____

40. Hace fertilización? Si _____ No _____ que producto utiliza _____
época _____ frecuencia _____

41. Conoce enfermedades y plagas del cultivo? Si _____ No _____
Cuales? _____

42. Que es lo que más afecta su cultivo? Bacteriosis _____ Cuero de sapo _____ Pudriciones de
raíces _____ Barrenador del tallo _____ comejen _____ gusano cachón _____

43. Cuales son las pérdidas causadas (%)? Bacteriosis _____ Cuero de sapo _____ Pudriciones de
raíces _____ Barrenador del tallo _____ comejen _____ gusano cachón _____

44. Que práctica de control establece para? Bacteriosis _____ Cuero de sapo _____ Pudriciones de
raíces _____ Barrenador del tallo _____ comejen _____ gusano cachón _____

45. Utiliza productos químicos para control de plagas y enfermedades Si _____ No _____
cuales _____ frecuencia _____ época _____ dosis _____

46. Realiza control sanitario en poscosecha? Si _____ No _____

Cuales?

47. Que otros limitantes tecnológicos tiene su cultivo de yuca?

48. A los cuantos meses cosecha usted la yuca?

49. Cuál es el volumen de producción? _____ t/ha _____

50. Como vende la producción Sacos _____ granel _____ otro _____
cuál _____

51. Donde vende la cosecha? Finca _____ mercado local _____ intermediario _____ mercado
regional _____ mercado nacional _____

52. Cuál es el precio de venta por kilo ? _____

53. Destino de la producción (%): autoconsumo _____ % venta en el mercado para consumo en
fresco _____ % venta para agroindustria _____ % alimentación animales _____ %

54. Participa en actividades de transferencia o capacitación si ___ No ___ con que entidad _____

55. Que tipo de capacitación le gustaría recibir en yuca ?