

MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL VEGETAL DE ESPECIES SILVESTRES Y DOMESTICADAS DEL GENERO *Manihot* Y ESTUDIO DE SU RESISTENCIA NATURAL A TRES PLAGAS DE CULTIVO (*Mononychellus tanajoa*, *Aleurotrachelus socialis*, y *Phenacoccus herreni*) EN CONDICIONES CONTROLADAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

MARITZA BURBANO MELO

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA ACADEMICO DE BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2003

MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL VEGETAL DE ESPECIES SILVESTRES Y DOMESTICADAS DEL GENERO *Manihot* Y ESTUDIO DE SU RESISTENCIA NATURAL A TRES PLAGAS DE CULTIVO (*Mononychellus tanajoa*, *Aleurotrachelus socialis*, y *Phenacoccus herreni*) EN CONDICIONES CONTROLADAS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

MARITZA BURBANO MELO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo.

Director
Anthony Bellotti. Ph. D.

Codirector
James Montoya Lerma. Ph. D

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2003

Nota de Aprobación

El trabajo de grado titulado "Multiplicación de material vegetal de especies silvestres y domesticadas del genero *Manihot* y estudio de su resistencia natural a tres plagas de cultivo (*Mononychellus tanajoa*, *Aleurotrachelus socialis*, y *Phenacoccus herreni*) en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa", presentado por la estudiante MARITZA BURBANO MELO, para optar al título de Biólogo, fue revisado por el jurado y calificado como:

Aprobado

Anthony C. Bellotti
Director

James Montoya Lerma
Codirector

Jurado

"Son la Perseverancia y la Paciencia,
herramientas infalibles que nos llevan hacia
una aproximación al conocimiento".

DEDICATORIA:

A mis queridos padres, Henry Eduardo y Carmen Elisa, por su incondicional apoyo y confianza.

A mi querido Amor, William Santana, por toda su colaboración y paciencia.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Anthony C. Bellotti, por brindarme esta gran oportunidad y al profesor James Montoya por su paciencia y enorme colaboración.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), por facilitar sus instalaciones para la realización de esta investigación.

A Roosevelt Escobar y su equipo en Recursos Genéticos, a Germán Llano de Patología de Yuca y a Alba Marina Torres del Herbario CIAT, por su gran disposición en la consecución del material vegetal.

A mis queridos compañeros y amigos de laboratorio en CIAT: Elsa Liliana Melo, Rodrigo Zúñiga, Carlos Julio Herrera, Rómulo Riascos, Adriano Muñoz, Carlos Ñañez y María Paulina Quintero, sin los cuales habría sido imposible culminar este largo proceso.

A Arturo Carabál, por sus consejos y valiosísimas asesorías, a Josefina Martínez, por su paciencia y colaboración.

A muchos amigos que fueron de gran apoyo tanto en el inicio como en la culminación de este proyecto: Jose Luis Orduz, Luis Fernando Solarte, Madelaine Soler, María Paula Estrada por sus frases de aliento desde la distancia. A Germán Morales por las revisiones y asesorías estadísticas.

Y a todas las personas que de alguna manera tuvieron algo que ver con la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1. General	4
1.1.2. Específicos	5
1.2. HIPOTESIS A PROBAR	5
2. MARCO TEORICO	6
2.1 EL GENERO Manihot	6
2.2. LAS ESPECIES SILVESTRES	6
2.2.1. Distribución y Ecología de las especies Silvestres	7
2.3 LA YUCA (M. esculenta)	8
2.3.1. Importancia Económica	9
2.3.2. valor Nutricional	9
2.3.3. Toxicidad	10
2.4 DOMESTICACION DE LA YUCA	10
2.5. PLAGAS DE CULTIVO DE YUCA	12
2.5.1. Ácaros	13
2.5.1.1. Ciclo Biológico	13
2.5.1.2. Ecología y Comportamiento	14
2.5.1.3. Importancia Económica	15
2.5.2. Piojo Harinoso	16
2.5.2.1. Ciclo Biológico	16
2.5.2.2. Ecología y Comportamiento	18
2.5.2.3. Importancia Económica	19
2.5.3. Moscas Blancas	20
2.5.3.1. Ciclo Biológico	20
2.5.3.2. ecología y comportamiento	21
2.5.3.3. Importancia Económica	22
2.6. MANEJO DEL CULTIVO DE YUCA	23
2.6.1. Resistencia Varietal	25
2.6.2. Mecanismos de Resistencia	26
2.6.2.1. Tolerancia	26
2.6.2.2. Antixenosis	27
2.6.2.3. Antibiosis	27
2.6.2.4. Defensas inducidas	27
2.6.3. Búsqueda de Resistencia	28
2.6.3.1. Antecedentes en trabajos de Búsqueda de Resistencia	29
3. MATERIALES Y METODOS	31
3.1. FASE I: MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL VEGETAL SILVESTRE Y DOMESTICADO DEL GENERO Manihot	31
3.1.1. Primera Siembra	34
3.1.2. Segunda Siembra	34

3.1.2.1. siembra Directa en Bolsas Negras	35
3.1.2.2. Siembra Directa en vasos de Poliestireno	36
3.1.2.3. Enraizamiento en Agua	39
3.1.2.4. Enraizamiento en Suelo-Arena (3:1)	40
3.1.2.5. Enraizamiento en Cámara Húmeda	40
3.1.2.6. Enraizamiento en Suelo de Vivero "Marinela"	41
3.1.2.7. Enraizamiento en Arena de Pega	41
3.1.2.8. enraizamiento de estacas Iniciales	41
3.1.2.8. Enraizamiento en cascarilla de Arroz	41
3.1.3. Tercera Siembra	42
3.1.3.1. Material Vegetal de Vaupés	42
3.1.3.2. Material Vegetal de Banco de Germoplasma CIAT	44
3.1.3.3. Material Vegetal de CIAT Estación de Santander de Quilichao	44
3.2. FASE II: EVALUACIÓN DE RESISTENCIA VEGETAL DE ESPECIES DEL GENERO Manihot A TRES PLAGAS DE CULTIVO	46
3.2.1. Jaulas	46
3.2.2. Bioensayos	47
3.2.2.1. Infestación ácaros	50
3.2.2.2. Infestación piojo Harinoso	50
3.2.2.3. Infestación Mosca Blanca	51
3.2.3. Evaluaciones	52
3.2.3.1. Definición de Escalas	54
3.2.4. Análisis Estadístico	57
4. RESULTADOS Y DISCUSION	59
4.1. FASE I: MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL VEGETAL SILVESTRE Y DOMESTICADO DEL GENERO Manihot	59
4.1.1. Primera Siembra	59
4.1.2. Segunda Siembra	59
3.1.3. Tercera Siembra	67
4.1.3.1. Material Vegetal de Vaupés	67
4.1.3.2. Material Vegetal de Banco de Germoplasma CIAT (in vitro) y de Santander de Quilichao	71
4.2. FASE II: EVALUACIÓN DE RESISTENCIA VEGETAL DE ESPECIES DEL GENERO Manihot A TRES PLAGAS DE CULTIVO	75
4.2.1. Resultados y Discusión Ácaros	75
4.2.2. Resultados y Discusión Piojo Harinoso	81
4.2.3. Resultados y discusión Mosca Blanca	88
5. COCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
FIGURA 1: Ciclo biológico de <i>Mononychellus tanajoa</i> .	14
FIGURA 2: Ciclo biológico de <i>Phenacoccus herreni</i>	18
FIGURA 3: Ciclo biológico de <i>Aleurotrachelus socialis</i> .	21
FIGURA 4: Flujograma de la Fase I: Multiplicación del material vegetal de <i>Manihot</i> sp.	32
FIGURA 5: Siembra en bolsas negras	36
FIGURA 6: Siembra en vasos de Poliestireno: a) Vasos con estacas. b) Casa de vidrio.	36
FIGURA 7: Siembra en vaso de poliestireno, casa de malla pequeña	37
FIGURA 8: Siembra en Cámara de Propagación.	38
FIGURA 9: Cogollos enraizando en agua	39
FIGURA 10: Cámara de enraizamiento de cogollos en agua	39
FIGURA 11: Enraizamiento en potes en Cámara húmeda.	40
FIGURA 12: Vistas del interior (izq) y del exterior (der) de la casa de malla donde se realizó la siembra del material vegetal de Vaupés	43
FIGURA 13: Diseño de la jaula para plantas.	47
FIGURA 14: Segunda Fase de la metodología: Bioensayos para evaluación de resistencia vegetal a tres plagas del cultivo de yuca.	48
FIGURA 15: Localización de los ensayos con Piojos Harinosos y Ácaros	49
FIGURA 16: Diseño de caja-jaula para obtener adultos de mosca blanca	52
FIGURA 17: Porcentajes de germinación para genotipos silvestres de <i>Manihot</i> sp. enraizando en nueve métodos diferentes.	62

FIGURA 18:	Promedios de proporciones de sobrevivencia para genotipos silvestres de <i>Manihot</i> sp. enraizando en nueve métodos diferentes.	63
FIGURA 19:	Porcentajes de germinación de plantas domesticadas de <i>Manihot esculenta</i> de la tercera siembra (de Vaupés).	68
FIGURA 20:	Promedios de proporciones de sobrevivencia de plantas domesticadas de <i>Manihot esculenta</i> de la tercera siembra (de Vaupés).	69
FIGURA 21:	Porcentajes de germinación para especies del género <i>Manihot</i> del Banco de Germoplasma CIAT y de Santander de Quilichao).	71
FIGURA 22:	Promedios de proporciones de sobrevivencia para especies del género <i>Manihot</i> del Banco de Germoplasma CIAT y de Santander de Quilichao	72
FIGURA 23:	Fotos Grado de daño en genotipos de <i>Manihot</i> infestados con <i>M. tanajoa</i> a los 25 días	76
FIGURA 24:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i> en 25 días de muestreo	77
FIGURA 25:	Promedios de Porcentajes de hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i> en 25 días de muestreo	78
FIGURA 26:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i> en 25 días de muestreo.	79
FIGURA 27:	Grado de daño en genotipos de <i>Manihot</i> infestados con <i>P. herreni</i> a los 60 días	82
FIGURA 28:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i> en 60 días de muestreo.	84
FIGURA 29:	Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i> en 60 días de muestreo.	85
FIGURA 30:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i> en 60 días de muestreo	87
FIGURA 31:	Grado de daño en genotipos de <i>Manihot</i> infestados	89

con *A. socialis* (a 55 días)

FIGURA 32:	Grado de daño en genotipos de <i>Manihot</i> infestados con <i>A. socialis</i> (a 55 días)	90
FIGURA 33:	Grado de daño en genotipos de <i>Manihot</i> infestados con <i>A. socialis</i> (a 55) días	91
FIGURA 34:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot sp.</i> infestados con <i>A. socialis</i> en 55 días de muestreo.	92
FIGURA 35:	Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot sp.</i> infestados con <i>A. socialis</i> en 55 días de muestreo	93
FIGURA 36:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot sp.</i> infestados con <i>A. socialis</i> en 55 días de muestreo	95

LISTA DE TABLAS

		PAGINA
TABLA 1:	Distribución y ecología de las especies silvestres de <i>Manihot</i> incluidas en el estudio.	8
TABLA 2:	Distribución global de los artrópodos plaga de mayor importancia en yuca	12
TABLA 3:	Opciones de control para algunas de las plagas que atacan a la yuca	23
TABLA 4:	Principales trabajos sobre resistencia genética a insectos en plantas realizados en Colombia	30
TABLA 5:	Genotipos primera siembra (suelo CIAT).	34
TABLA 6:	Siembra inicial de los genotipos silvestres de <i>Manihot</i> de la segunda siembra en los diferentes métodos de enraizamiento.	35
TABLA 7:	Genotipos tercera siembra (Vaupés).	43
TABLA 8:	Genotipos tercera siembra (Banco de Germoplasma CIAT).	44
TABLA 9:	Genotipos tercera siembra (Santander de Quilichao).	45
TABLA 10:	Genotipos evaluados para Ácaros y Piojo Harinoso.	51
TABLA 11:	Genotipos evaluados para Mosca Blanca.	52
TABLA 12:	Escalas infestación para todos los estados biológicos de <i>M. tanajoa</i> en yuca	55
TABLA 13:	Escala de síntomas de daño ocasionado por <i>M. tanajoa</i> en yuca	55
TABLA 14:	Escalas de infestación para todos los estados biológicos de <i>P. herreni</i> en yuca	56
TABLA 15:	Escala de síntomas de daño ocasionado por <i>P. herreni</i> en yuca	56

TABLA 16:	Escalas de infestación para todos los estados biológicos de <i>A. socialis</i> en yuca	57
TABLA 17:	Escala de síntomas de daño ocasionado por <i>A. socialis</i> en yuca	57
TABLA 18:	Porcentajes de germinación para genotipos silvestres de <i>Manihot</i> sp. enraizando en nueve métodos diferentes.	61
TABLA 19:	Promedios de proporciones de sobrevivencia para genotipos silvestres de <i>Manihot</i> sp. enraizando en nueve métodos diferentes	61
TABLA 20:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i>	77
TABLA 21:	Promedios de Porcentajes de hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i> .	78
TABLA 22:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>M. tanajoa</i>	79
TABLA 23:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i> .	83
TABLA 24:	Promedios de porcentajes de Hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i>	85
TABLA 25:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>P. herreni</i> .	86
TABLA 26:	Promedios de infestación para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>A. socialis</i> .	92
TABLA 27:	Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>A. socialis</i> .	93
TABLA 28:	Promedios de daño para genotipos de <i>Manihot</i> sp. infestados con <i>A. socialis</i>	94

RESUMEN

La yuca constituye un cultivo muy importante en la alimentación de muchas personas no solo a nivel nacional sino internacional, pero uno de sus principales problemas lo constituye el daño que causan en este las distintas plagas artrópodas que lo atacan. Se han realizado numerosas investigaciones para encontrar soluciones a este problema. Actualmente a través del Manejo Integrado de Plagas (MIP), se ha logrado una aproximación ecológica al problema combinando la resistencia que ha desarrollado la planta a las plagas, con métodos de control, ya sean biológicos, culturales o químicos. En la presente investigación se evaluó la resistencia de especies silvestres brasileras y genotipos domesticados en la amazonía colombiana, del género *Manihot*, a tres importantes plagas: Ácaros (*Mononychellus tanajoa*), Mosca Blanca (*Aleurotrachelus socialis*) y Piojo Harinoso (*Phenacoccus herreni*); causantes de las mayores problemáticas para el cultivo de yuca tanto en América como en África.

El estudio realizado en su totalidad en el Centro Experimental de Agricultura Tropical, CIAT Palmira, se cumplió en dos fases. Inicialmente se evaluaron nueve métodos de enraizamiento y multiplicación para el material vegetal. Se encontró que la arena de Pega, Cascarilla de arroz y Suelo-arena en una proporción de 3:1 fueron los de mejor viabilidad para la mayoría de los genotipos evaluados.

En una segunda fase, se evaluó la existencia de resistencia natural en material silvestre y domesticado de yuca (*Manihot* sp.) a ácaros, piojo harinoso y mosca blanca; las plagas más importantes de este cultivo.

Se encontraron tres genotipos exhibiendo niveles considerables de tolerancia a ácaros y de resistencia a mosca blanca: MFLA 444-002, MPER 417-003 y MPER 417-005; dos de estos con niveles de tolerancia a Piojo: MFLA 444-002 y MPER 417-003; y dos genotipos con tolerancia a mosca blanca: MECU 72 y Nupará (un genotipo de la amazonía).

1. INTRODUCCIÓN:

Manihot Miller, Euphorbiaceae, es un género nativo del Neotrópico con un amplio rango de hábitats, desde el sur de Arizona hasta Argentina (Rogers & Appan, 1973). Sus especies son perennes y varían desde arbustos acaulescentes hasta árboles de 10 a 12 metros de altura. La mayoría presentan raíces tuberosas y algunas acumulan grandes cantidades de almidón, como es el caso de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), uno de los cultivos tropicales más importantes del mundo, la cual es producida, principalmente, por agricultores parceleros como fuente alimenticia e industrial en el trópico (Cock, 1985). Característicamente, este cultivo es tolerante a la sequía y a los suelos degradados, además de tener gran flexibilidad respecto a la plantación y la cosecha que le confieren alta adaptabilidad a una gran variedad de ecosistemas tropicales donde, actualmente, se constituye en elemento básico en la dieta de alrededor de 500 millones de personas (FAO Y FIDA 2000). Esta planta se cultiva comercial y artesanalmente sembrando estacas que se cortan de la parte más leñosa del tallo; después de que la estaca se ha sembrado, se produce el brote de una o más yemas axilares y de las raíces (Cock 1989).

Desafortunadamente, las características agronómicas de este cultivo favorecen, sin lugar a dudas, la presencia de algunos grupos de artrópodos plaga que se alimentan de estas plantas causando grandes pérdidas como consecuencia de daños directos e indirectos (Bellotti et al. 1994).

A lo largo de 25 años de estudio, el Programa de Entomología de Yuca del CIAT, e investigación, ha identificado grupos de insectos plaga que pueden ocasionar daños de trascendencia económica cuando las condiciones para dichos grupos

son favorables (Bellotti & Kawano 1983). En la actualidad, entre los artrópodos que más afectan el cultivo de yuca se destacan principalmente: los ácaros, las moscas blancas y los piojos harinosos que ocasionan impacto económico tanto en los productores como en los consumidores, al elevar los costos de producción y por ende el precio en los mercados. Para disminuir o contrarrestar los daños ocasionados por estas plagas, se utilizan generalmente productos químicos (Smith 1989), pero su uso indiscriminado sobre los cultivos conlleva a una serie de aspectos negativos e indeseables como: eliminación de insectos benéficos, desarrollo de resistencia de los insectos plaga a los insecticidas, incremento en costos de producción del cultivo, contaminación ambiental, intoxicación de operarios agrícolas, entre otros (Panda & Khush 1995; Smith 1989). A esto se suma una serie de efectos teratogénicos y cancerígenos en poblaciones rurales, debidos en gran parte a los depósitos de residuos de pesticidas en alimentos (Lobo 2000). De igual manera es importante tener en cuenta que el uso de plaguicidas no es una opción económicamente viable para los agricultores de bajos recursos (Arias & Guerrero 2000). Debido a lo anterior, en la actualidad, el objetivo primordial de un programa de manejo de plagas de yuca busca eliminar las plagas insectiles manteniendo las poblaciones de los insectos plaga por debajo de su umbral de daño económico, sin llegar a afectar ecológica y socialmente la zona de trabajo de tal manera que se pueda conservar, a largo plazo, el medio ambiente (Falcon & Smith 1983).

El Manejo Integrado de plagas (MIP), en su aproximación ecológica combina resistencia vegetal a plagas, con métodos de control biológicos, culturales y químicos (Panda & Kush, 1995), señalando que la resistencia por parte de los

hospedantes a los insectos es la base del MIP, por su compatibilidad con otros métodos de control, siendo así el componente de gran efectividad y una tecnología más económica para introducir al manejo de cultivos sin afectar el equilibrio del medio ambiente (Bellotti 1983).

Las especies silvestres de yuca presentan una gran riqueza genética, desafortunadamente el valor de esos caracteres en el mejoramiento de la yuca ha sido poco utilizado (Martín 1976, citado por Baca 1991), con el agravante que dichas especies están amenazadas por extinción, debido a cambios del medio ambiente y destrucción de sus hábitats naturales.

Las especies silvestres de *Manihot*, han sido incorporadas desde hace relativamente pocos años a los programas de caracterización, conservación y uso de los recursos fitogenéticos, siendo aun incipiente el conocimiento biológico que de ellas se tiene. Igual sucede con los materiales cultivados y domesticados a través del tiempo por grupos indígenas como resultado de sus practicas agrícolas.

En la presente investigación se desarrolló una metodología de tamizado que permitió evaluar genotipos del género *Manihot*, silvestres y domesticados, frente a la infestación con especies pertenecientes a tres de las plagas anteriormente mencionadas como importantes para el cultivo de yuca: ácaros (ACARIFORMES: *Mononychellus tanajoa*), la mosca blanca (HOMOPTERA: *Aleurotrachelus socialis*) y los piojos harinosos (HOMOPTERA: *Phenacoccus herreni*). Para lograr este objetivo la investigación se dividió en dos partes, una fase inicial que consistió en la multiplicación del material vegetal mediante diferentes métodos variando algunas condiciones como: modos de enraizamiento, porcentajes de suelo-arena y

procedencia del suelo. Se realizaron análisis de porcentajes de germinación y promedio de sobrevivencia para las diferentes especies en cada uno de los métodos, e igualmente, se compararon los métodos entre sí.

En la segunda fase se tomó el material obtenido en la primera fase que fuera viable en cantidad y se infestó con las diferentes plagas; para esto se diseñaron unas jaulas que permitieron mantener las plantas de los diferentes genotipos, aisladas entre sí. Se propusieron escalas de infestación y daño para cada plaga para evaluar el material vegetal en condiciones de humedad relativa y temperatura controladas. Se realizaron muestreos para cada plaga y los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente para identificar si existían diferencias significativas entre los genotipos evaluados para cada plaga. Posteriormente se realizaron pruebas de comparación para identificar entre cuáles genotipos existían estas diferencias.

Y por último, a manera de conclusiones, los resultados obtenidos fueron discutidos con especial referencia a su importancia para estudios más profundos de resistencia, sus mecanismos y su regulación genética.

1.1. OBJETIVOS:

1.1.1. General:

El principal objetivo de la presente investigación fue determinar y categorizar la existencia de resistencia natural en material silvestre y domesticado de yuca (*Manihot* sp.) a ácaros, piojo harinoso y mosca blanca; las plagas más importantes del cultivo de yuca.

1.1.2. Específicos:

Para lograr el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar una metodología idónea, para multiplicar el material vegetal promisorio.
- Evaluar diferentes métodos de multiplicación, para las diferentes especies de *Manihot* y comparar sus promedios de sobrevivencia y porcentajes de germinación para cada método.
- Establecer escalas para material silvestre y domesticado del género *Manihot* que permitan evaluar tanto el daño de la planta como la infestación, una vez establecida la plaga.

1.2. HIPÓTESIS A PROBAR:

El presente estudio parte de la hipótesis de que no existen diferencias estadísticamente significativas, entre los distintos genotipos (silvestres-domésticos) de *Manihot*, en cuanto a la susceptibilidad al ataque y daño ocasionados por ácaros, piojos harinosos y moscas blancas, bajo condiciones experimentales.

2. MARCO TEORICO:

2.1. EL GENERO *Manihot*:

La yuca pertenece al género *Manihot*, de la tribu Manihoteae, subfamilia Crotonidae, Familia Euphorbiaceae, Suborden Tricoccae, del orden Geraniales (Montalvo 1985, citado por Baca 1991).

Este género lo constituyen alrededor de 110 especies, las cuales son perennes y varían desde arbustos hasta hierbas. Generalmente, el género *Manihot* presenta tallos suculentos y a veces raíces carnosas; hojas pecioladas, alternas, lobuladas; flores grandes unisexuales, sin corola, en racimos o en panículas; el fruto es una cápsula. El género incluye al “Guacamote” (*Manihot dulcis*), de raíz comestible (Martinez 1955, citado por Castillo 1992), a *Manihot glaziovii*, especie que fue transportada a muchas áreas tropicales del Viejo Mundo como cultivo potencial de caucho y otras especies tales como *Manihot tristis* ssp. *saxicola*, que han sido intermitentemente introducidas desde África, Indonesia e India, por su valor potencial en viveros de plantas (Castillo 1992).

2.2. LAS ESPECIES SILVESTRES:

Hay evidencias de que el origen del género *Manihot* es más bien reciente y de que con unas pocas excepciones, está todavía en evolución. Así pues, las especies no están muy bien delimitadas. La mayoría son variables con respecto a las estructuras vegetativas pero son relativamente uniformes en sus órganos florales. Por lo tanto, la hibridación ha jugado un papel importante en el desarrollo de las variaciones encontradas (Hershey & Amaya 1983).

Muchas de las especies silvestres presentan características similares a *M. esculenta* que es la más utilizada para cultivo: *M. aesculifolia* que proviene de México y Centroamérica es la más cercana a *M. esculenta*. También de México, *M. pringlei*, *M. rubricaulis*, *M. angustifolia* y *M. darisii* muestran una similitud muy marcada y en Sur América se presentan especies de morfología similar, particularmente *M. epruinosa*, *M. caerulescens*, *M. leptopoda*, *M. janiphoides*, *M. inflata* y *M. pilosa* (Rogers & Appan 1973). Sin embargo, la convicción es que las poblaciones silvestres de *M. flabellifolia* son las que dieron origen a los cultivares modernos de yuca (Allem 1994b). El mismo autor, en 1987, hizo un reconocimiento formal de tres subespecies de *M. esculenta*, el cual se cita en Allem (1994a): *M. esculenta* Crantz ssp. *esculenta* (cultivada) y dos más encontradas en estado silvestre: *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri y *M. esculenta* ssp. *peruviana* (Mueller) Allem. También ha sido sugerido que el cultivo de yuca en el Caribe es el resultado de la domesticación de especies silvestres de *M. carthaginensis* (Reichel-Dolmatoff 1986, citado por Allem 1994a).

2.2.1. Distribución y Ecología de las Especies Silvestres:

Son muchas las especies silvestres registradas, pero desde el punto de vista de los objetivos del presente estudio solo merecen mención las que se presentan en la Tabla 1:

TABLA 1. Distribución y ecología de las especies silvestres de *Manihot* incluidas en el estudio.

ATRIBUTOS	ESPECIE			
	<i>M. carthaginensis</i>	<i>M. esculenta</i> ssp. <i>flabellifolia</i>	<i>M. esculenta</i> ssp. <i>peruviana</i>	<i>M. tristis</i>
Distribución	Colombia, Venezuela, Brasil, Republica Dominicana, Trinidad y Tobago	Brasil, Venezuela, Surinam, Guyana ²	Brasil, Peru ²	Brasil, Venezuela, Surinam ¹
Ecología	Bosques xerofíticos crece en piedra caliza, en lugares abiertos y en las zonas costeras ¹	Bosque seco semicaducifolio (Cerrado, Brasil) y bosque perturbado amazonico ²	Bosque perturbado de la amazonia ²	Crecen sobre suelos de roca granítica ¹

¹ (Rogers & Appan 1973)

² (Allem 1994)

2.3. LA YUCA (*M. esculenta*):

La más antigua y hasta ahora más sostenida hipótesis acerca del origen de la yuca se atribuye al botánico y geógrafo de plantas De Candolle (1967) quien basado en la abundancia de especies silvestres en la parte noroeste del Brasil y evidencias que muestran la antigüedad del cultivo de la yuca en dicha región, propuso que ésta fue meramente cultivada allí. Sin embargo, Harlan (1975), citado por Hershey & Amaya (1983) ha mostrado que para un determinado cultivo, los centros de domesticación y de diversidad pueden a veces no coincidir con los centros de diversidad de las especies silvestres.

Rogers (1965, 1973), también citado por los anteriores autores, considera que la yuca fue cultivada por primera vez en Brasil, Venezuela o Centro América. En cada área de cultivo se encuentran numerosas especies silvestres las cuales

podieron hibridizarse con los cultivos existentes en el área; probablemente entonces la domesticación ocurrió simultáneamente en varias áreas. La yuca podría ubicarse en una categoría que Harlan (1971) (citado por Hershey & Amaya 1983) llama cultivos “no-céntricos”, es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en un área muy amplia.

2.3.1. Importancia Económica:

La mayor parte de la producción mundial de yuca es para consumo humano. Las raíces de almidón son consumidas frescas (después de cocinarlas) o secadas y molidas para harina. Esto es también usado para producir almidón y también para producir papel y elementos industriales. Las hojas son consumidas como vegetales en África Central y Tailandia. Además en el Sur de Brasil la yuca es cultivada también para consumo animal (Gulick et al. 1983).

2.3.2. Valor Nutricional:

El valor nutricional de las raíces de yuca es primordialmente calórico; su contenido de proteínas, minerales y vitaminas es generalmente bajo. El contenido energético de raíces de yuca, medido en una base de peso seco, es similar al arroz, maíz y papa, pero su rendimiento en Kcal por hectárea es significativamente mayor que esos cultivos. Todas las raíces contienen concentraciones variables de glucósido cianogénico, por esta razón requieren alguna preparación como cocinar, fermentar o moler y tostar antes de su consumo. Las hojas de yuca, tienen cerca del 30% de contenido proteico por peso seco (Gulick et al. 1983).

2.3.3. Toxicidad:

Todos los cultivares de *M. esculenta* contienen cantidades variables de ácido prúsico o cianhídrico (HCN), altamente venenoso, que resulta de la hidrólisis de glucósidos cianogénicos, principalmente limanarina. Esta sustancia se encuentra en todos los tejidos de la planta a excepción de las semillas. Se asume que de 50 a 100 mg de HCN/kilo de la raíz fresca, sin cáscara, es moderadamente venenoso y sobre 100 es ya peligroso para un hombre adulto. Aun cuando esas cantidades implican consumir muchos kilos de raíz. Cuando está mal preparada los efectos tóxicos son acumulativos (León 1987).

2.4. DOMESTICACION DE LA YUCA:

Kerr & Clements (1980), citados por Arguello (1988), anotan que los indígenas sudamericanos domesticaron un gran número de plantas comestibles en los últimos 10 a 20.000 años de ocupación de este continente, siendo la yuca una de las más antiguas. Refiriéndose a la manutención de la heterogeneidad genética de la naturaleza, indican que las plantas de la Amazonía poseen alta frecuencia en especies de fecundación cruzada obligatoria y destacan la gran importancia al producirse una enorme cantidad de genotipos para ocupar, en competencia intra e interespecífica, un número grande de nichos ecológicos (Arguello 1988).

Al lado de este mecanismo diversificador e innovador existe otro altamente conservador: la propagación vegetal asexual por medio de rizomas, brotamiento de tallos, brotes de raíces, bulbos, etc. Este mecanismo permite a las plantas un máximo de preservación de la especie. Harlan (1975), citado por Arguello (1988), señala que mediante la propagación vegetativa de las plantas, la selección es

absoluta y en efecto inmediata. Para el caso de la yuca, los clones encontrados y probados para determinar baja o mayor toxicidad, menor o mayor productividad, etc., pueden ser propagados y los cultivares desarrollados inmediatamente.

Harlan (1975), citado por Arguello (1988), indica que algunos de estos clones tienen bajo poder de reproducción sexual, ellos pueden no florecer en su totalidad o las flores aparecer deformadas y estériles. En yuca esto parece ocurrir más frecuentemente con los tipos más tóxicos, sugiriendo que el hombre ha hecho selección para incrementar el contenido de ácido cianhídrico. En los trópicos húmedos especialmente, esto proporciona algún grado de protección contra insectos y algunos mamíferos.

En el noroeste amazónico un grupo indígena, Los Tukanos, practica la horticultura y cultiva yuca como su producto principal. Esta provee aproximadamente el 80% de la energía alimenticia que ellos consumen y es central en su cultura; plantan más de 100 cultivares, los cuales encajan en una de dos categorías generales: venenosas y no venenosas. Sin embargo, del 90 al 100% de la yuca en un jardín Tukano es clasificada como alta en cianuro. Además, las pocas plantas de yuca de bajo cianuro que plantan juegan solo un rol menor en su dieta (Wilson 1997). Una explicación hipotética es que la yuca amarga alcanza mayor rendimiento que la dulce. Los altos rendimientos son explicados porque el cianuro, según ha sido documentado en otras plantas, actúa como defensa contra herbívoros (Wilson 1997).

2.5. PLAGAS DE CULTIVO DE YUCA:

en la Tabla 2 aparece el listado de principales plagas reportadas en cultivos de yuca en diferentes zonas del planeta.

TABLA 2. Distribución global de los artrópodos plaga de mayor importancia en la yuca (Bellotti 2000).

Plaga	Especies Principales	Américas	África	Asia
Ácaros	<i>Mononychellus tanajoa</i>	X	X	
	<i>Tetranychus urticae</i>	X		X
Piojos harinosos	<i>Phenacoccus manihoti</i>	X	X	
	<i>P. herreni</i>	X		
Moscas blancas	<i>Aleurotrachelus socialis</i>	X		
	<i>Aleurodicus dispersus</i>		X	
	<i>Aleurothrixus aepim</i>	X		
	<i>Bemisia tabaci</i>	X	X	X
	<i>B. afer</i>		X	
Gusano cachón	<i>Erinnyis ello</i>	X		
	<i>E. alope</i>	X		
Chinche de encaje	<i>Vatiga illudens</i>	X		
	<i>V. manihotae</i>	X		
Chinche subterráneo	<i>Cyrtomenus bergi</i>	X		
Trips	<i>Frankliniella williamsi</i>	X	X	
	<i>Scirtothrips manihoti</i>	X		
Insectos escamas	<i>Aonidomytilus albus</i>	X	X	X
Chizas o mojoyoy	<i>Leucopholis rorida</i>	X	X	X
	<i>Phyllophaga spp.</i>	X	X	X
	Otras	X	X	X
Barrenadores del tallo	<i>Chilomima spp.</i>	X		
	<i>Coelostermus spp.</i>	X		
	<i>Lagochirus spp.</i>	X	X	X

A continuación se describen las tres plagas que son propias al presente estudio.

2.5.1. Ácaros:

Según Krantz (1970), citado por Bellotti et al. (1983), la subclase Acari se divide en tres ordenes: Opilioacariformes, Parasitiformes y Acariformes. En este último orden se encuentran las principales familias de ácaros fitófagos; Tetranychidae, Tenuipalpidae, Eriophyidae y Tarsonemidae. Esta última no ha sido registrada para el cultivo de yuca y la mayoría de las especies encontradas pertenecen a Tetranychidae; siendo *Mononychellus tanajoa*, el ácaro verde de la yuca, la más importante. Esta es nativa de América del Sur y parece limitada a *Manihot* sp., aunque puede atacar a otras Euphorbiaceae (Bellotti et al. 1983).

2.5.1.1. Ciclo Biológico:

El desarrollo biológico de los ácaros comienza con un huevo de cual eclosiona una larva, característicamente hexápoda, que se convierte luego en ninfa; en este estado transcurren generalmente dos instares: protoninfa y deutoninfa; que a diferencia de la larva, poseen cuatro pares de patas y finalmente alcanzan el estado adulto. Entre un estado y otro del desarrollo biológico suelen presentarse fases de reposo o ninfocrisálidas (protocrisálida, deutocrisálida, y teliocrisálida) (Bellotti et al. 1983).

El periodo de preoviposición de *Mononychellus* sp. es de 1 a 3 días; cada hembra durante toda su vida puede ovipositar entre 35 y 111 huevos en forma individual, los cuales presentan una viabilidad del 92% (Figura 1).

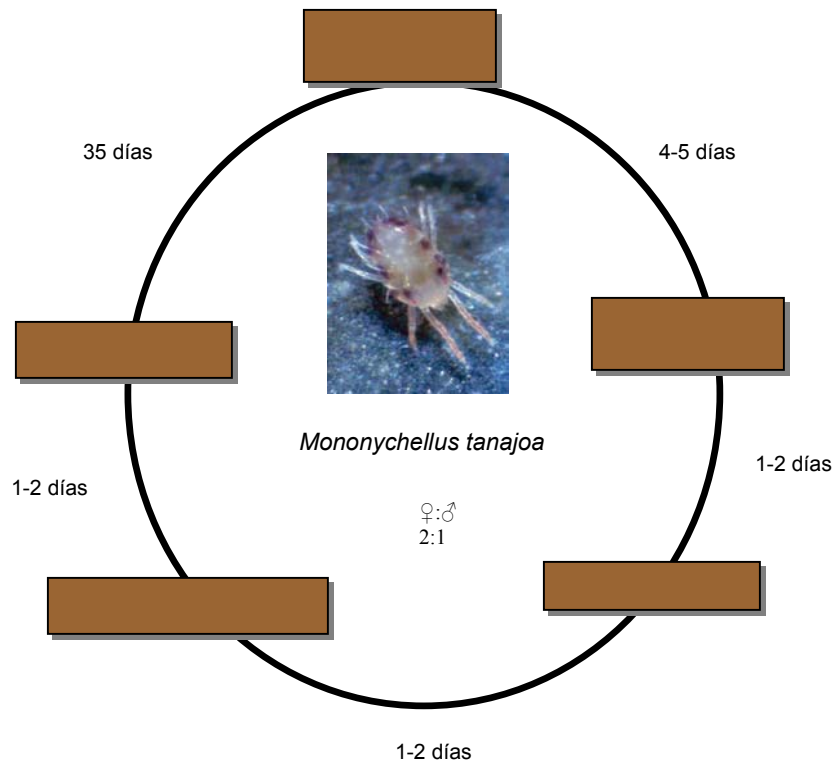


Figura 1. Ciclo biológico de *Mononychellus tanajoa*.

2.5.1.2. Ecología y Comportamiento:

En su proceso alimenticio, el ácaro inserta sus quelíceros en la superficie de la hoja de yuca succionando el fluido contenido en las células individuales. El daño causado por la alimentación primaria ocurre en las células del parénquima empalizada y en las del mesófilo esponjoso. El resultado es una clorosis, que aumenta desde unos pocos puntos amarillentos hasta la pérdida completa del pigmento. La alimentación del ácaro puede afectar también la distribución, aunque no el contenido total de cianuro, en la planta hospedante. Las hojas afectadas parecen moteadas y, eventualmente, mueren y caen. Aquellas fuertemente atacadas por *M. tanajoa* se deforman (desde muy poco hasta un cuarto del

tamaño normal) y se confunde a menudo con las que experimentan las hojas afectadas por la enfermedad del mosaico de la yuca.

La defoliación terminal del cogollo da la apariencia de un candelabro. La defoliación puede ocurrir si el ataque persiste, pero las plantas raramente mueren.

Al reducir el área foliar de las plantas, los ácaros disminuyen la capacidad fotosintética y la tasa de crecimiento de estas, especialmente en las variedades susceptibles.

La temperatura es uno de los factores de mayor influencia en la población de los ácaros; a temperaturas bajas o cambios bruscos de la misma se reducen sus poblaciones (Bellotti et al. 1983). Los ácaros se reproducen en mayor cantidad durante la estación seca, en zonas con altas temperaturas y de baja humedad relativa. Existe una relación directa entre la duración del periodo seco y el ataque de ácaros (desfoliación y daño) (Bellotti & Guerrero 1977).

Otro factor de importancia es la humedad relativa. Se ha observado que casi siempre humedad alta continua disminuye la tasa de incremento poblacional al afectar la oviposición, eclosión y sobrevivencia de las larvas (Bellotti et al. 1983).

2.5.1.3. Importancia Económica:

Los ácaros son plagas que atacan la parte aérea de la planta de yuca, ocasionan daños severos al cultivo y, por consiguiente, pérdidas en rendimiento. Como consecuencia de su daño se reduce la actividad fotosintética hasta en un 90%, la longevidad foliar hasta en un 78% y el tamaño de la hoja hasta en un 65%. Por consiguiente, el rendimiento de raíces se reduce entre un 20 y 87%, según la variedad y edad de la planta y la duración del ataque. Igualmente, se afecta la calidad y la cantidad del material de siembra (estaca) (Bellotti et al. 1983).

2.5.2. Piojos Harinosos: (Orden Homóptera)

Los piojos harinosos hacen parte de un amplio complejo de insectos y ácaros que atacan la yuca (Bellotti & Schoonhoven, 1978, citados por Bellotti et al. 1983) y que en la actualidad constituyen uno de los mayores problemas de su producción en las Américas y África.

Las especies más importantes son *Phenacoccus herreni* y *P. Manihoti*, muy similares taxonómicamente y en el tipo de daño que ocasionan a la planta, pero difieren notoriamente en su comportamiento biológico (Cox & Williams, 1981, citados por Bellotti et al. 1983). Se han documentado explosiones de *P. herreni* en varias regiones de América, especialmente en Brasil y Colombia y desde su introducción al África, *P. manihoti* ha causado considerables bajas en los rendimientos en varios países, especialmente en Zaire.

2.5.2.1. Ciclo Biológico:

a lo largo de su ciclo de vida la hembra es de color crema y de forma oval. Su cuerpo es blando y segmentado con antenas cortas y tres pares de patas.

Después de su emergencia y de cada muda ninfal, su cuerpo es translucido; posteriormente la hembra procede a cubrirse con unas pequeñas secreciones cerosas que le dan un aspecto algodonoso.

Después de emerger, las ninfas permanecen en el ovisaco por un corto tiempo y, posteriormente, migran en busca de un sitio de alimentación. Ellas pueden permanecer alimentándose en este sitio a través de sus estados ninfales a menos que ocurra una necrosis o un disturbio que las obligue a buscar otro sitio de alimentación. No es posible distinguir sexos en el primer instar pero el dimorfismo sexual se manifiesta durante el segundo.

El macho adulto es alado, frágil, con partes bucales reducidas. Su cuerpo es rosado con un par de alas blancas y dos apéndices caudales cerosos de color blanco tan largos como su cuerpo, sus patas están bien desarrolladas y la longitud de las antenas corresponde a dos terceras partes de su cuerpo. Pasa por cuatro instares ninfales antes de alcanzar su estado adulto. El primero de ellos es idéntico al de la hembra. Los machos son indispensable para la reproducción; pueden copular con varias hembras y si las hembras no son fertilizadas no hay oviposición, y no presentan partenogénesis. Las hembras pueden ser fertilizadas inmediatamente alcanzan el estado adulto. La oviposición se inicia tres días después de la copulación; antes de iniciar la oviposición la hembra forma en la parte posterior de su cuerpo un saco algodonoso llamado ovisaco dentro del cual son colocados los huevos. La formación del ovisaco continúa a través del periodo de oviposición pero no cubre todo el cuerpo de la hembra. Los huevos son de color crema, miden 0.38 mm de longitud por 0.20 mm de ancho. Alcanzan un promedio de 200 huevos por ovisaco y la relación de sexos es de tres hembras por un macho (Figura 2).

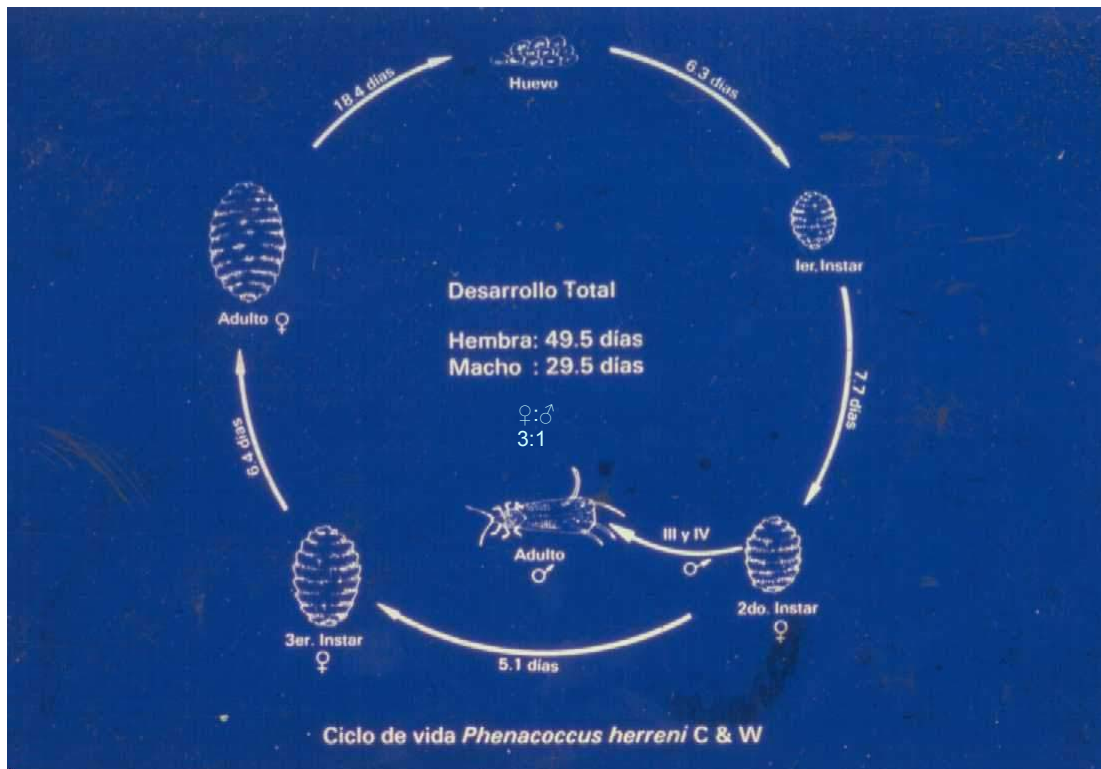


Figura 2. Ciclo biológico de *Phenacoccus herreni*.

2.5.2.2. Ecología y Comportamiento:

La infestación de la planta es iniciada, generalmente, por los primeros instares ninfales los cuales normalmente migran a la parte apical de los puntos de crecimiento de la planta y alrededor de estos puntos se incrementa la población inicial del piojo harinoso. La reacción de las plantas consiste en un efecto de roseta en las hojas apicales que dan un aspecto arrepollados a los cogollos, condición que da cierta protección a la colonia inicial. Esta reacción de la planta a menudo puede ocurrir con la presencia de pocos piojos, indicando la circulación de una toxina que es inyectada a la planta por las ninfas o las hembras adultas. Las poblaciones de piojos harinosos pueden incrementarse considerablemente en estos puntos de crecimiento infestados. A medida que la población aumenta los

piojos migran del brote y se diseminan por todas partes de la planta. La dispersión comienza en los tallos y, eventualmente, infestan todas las hojas. Las infestaciones más severas ocurren durante los periodos secos, causando enanismo, defoliación y deformación de los brotes.

Aunque las poblaciones pueden disminuir drásticamente durante los periodos de lluvias, siempre quedan remanentes de piojos en número considerable, que se pueden observar en ligeras deformaciones de los brotes que al abrirlos exhiben ninfas, adultos y ovisacos. Los piojos harinosos también pueden encontrarse en los tallos especialmente alrededor de las yemas y en el envés de las hojas medias y bajas. Muy frecuentemente las plantas más pequeñas y débiles son las más atacadas; los rebrotes de las yemas basales también pueden estar considerablemente infestados durante los periodos de lluvia.

2.5.2.3. Importancia Económica:

El efecto del ataque de los piojos harinosos en la producción de raíces de yuca no ha sido bien cuantificado en las Américas. Algunas observaciones indican que las poblaciones de *P. manihoti* y *P. gossypii* no son lo suficientemente altas para causar reducción en la producción de raíces. Sin embargo, en el noreste de Brasil la reducción de raíces puede ser hasta del 80% debida a las poblaciones de *P. herreni* lo suficientemente altas para causar reducción en los rendimientos (Bellotti et al, 1983).

2.5.3. Moscas Blancas: (Orden Homóptera, Familia Aleyrodidae)

Las moscas blancas tienen especial importancia económica en la yuca pues son vectores de enfermedades virales como el mosaico africano (ACMV), de gran incidencia en África e India, y el cuero de sapo. Además, indirectamente las moscas, en su proceso de alimentación favorecen el desarrollo de un hongo, la fumagina, que también ocasiona niveles de daños de importancia económica. La familia Aleyrodidae cuenta con 126 géneros que comprenden 1156 especies, de las cuales las más importantes en el cultivo de yuca son: *Bemisia tabaci* (Gennadius), *Aleurotrachelus socialis* (Bondar), *Trialeurodes variabilis* (Quaintance), *B. tuberculata* y *Aleurothrixus aepim* (Goldi). Estas especies generalmente presentan diferentes hospederos ya que atacan tanto plantas ornamentales como cultivos comerciales.

Las especies más frecuentes en las zonas yuqueras de América son *Aleurotrachelus socialis*, *Trialeurodes variabilis*, *Bemisia tuberculata* y *Aleurothrixus aepin*. Específicamente en Colombia se ha informado sobre un complejo de tres especies: *A. socialis*, *T. variabilis* y *B. tuberculata*, con predominio de las poblaciones de *A. socialis*.

2.5.3.1. Ciclo Biológico:

El ciclo se inicia con la eclosión de una ninfa, la cual se desarrolla y pasa por cuatro instares; al final de cada uno, en la ninfa ocurre una muda y se desarrollan progresivamente otras estructuras hasta llegar al último instar, denominado pupa, para luego alcanzar el estado de adulto (Figura 3).

Los adultos de mosca blanca son insectos pequeños, con dos pares de alas, patas y antenas bien desarrolladas; su cuerpo está cubierto de un polvo blanco que le da

apariciencia cerosa. Los sexos se diferencian por el tamaño del insecto, pero no es un criterio muy seguro; en general, los machos son pequeños y activos y las hembras de mayor tamaño y móviles.

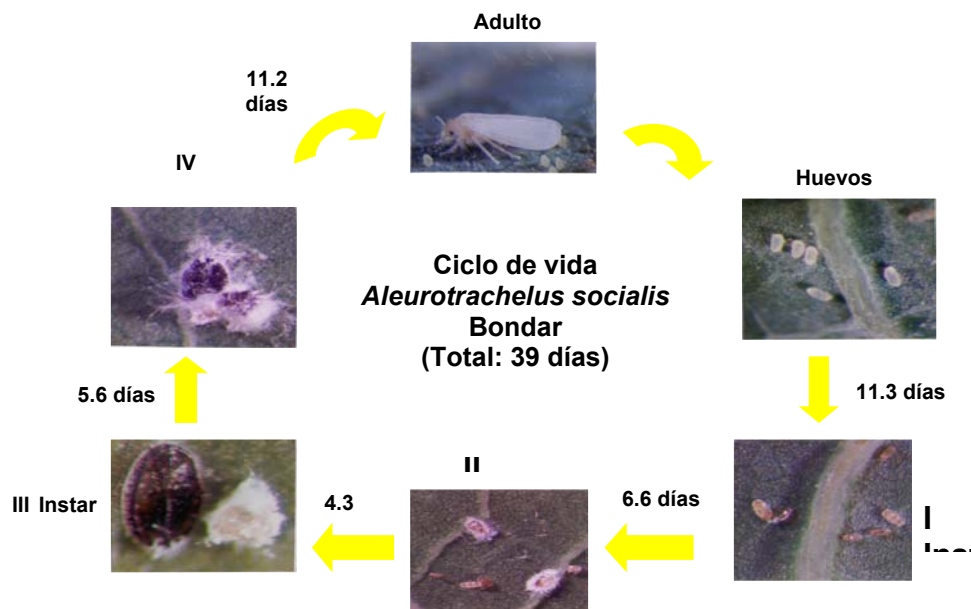


Figura 3. Ciclo biológico de *Aleurotrachelus socialis*.

2.5.3.2. Ecología y Comportamiento:

Los adultos generalmente se encuentran en el cogollo de la planta chupando los jugos de las hojas jóvenes, en tanto que las ninfas permanecen y se alimentan en el envés de las hojas intermedias y bajas. En este proceso de alimentación las moscas blancas ocasionan daño directo caracterizado por la disminución de los jugos elaborados que descienden por el floema. El daño ocasionado por el adulto se manifiesta por el amarillamiento y encrespamiento de las hojas apicales y el de las ninfas por pequeños puntos cloróticos. Cuando las poblaciones de *A. socialis* son altas, las hojas se observan casi totalmente cubiertas de los estados

inmaduros de este insecto, lo que hace que el envés se vea blanco. Estas infestaciones se han observado tanto en las hojas inferiores como en las superiores.

En la actividad de los adultos influyen diversos factores, como la temperatura, la luminosidad y la precipitación: a 27 o 28 °C es mayor, pero casi no vuelan; a medida que la luz se hace más intensa hay mayor vuelo. Las hembras ovipositan en el envés de las hojas jóvenes, insertando los huevos en la superficie foliar y su oviposición no tiene un patrón determinado, por lo cual se pueden encontrar huevos aislados o agrupados en diferentes formas.

2.5.3.3. Importancia Económica:

En 1978 se realizó en Colombia el primer estudio para determinar el daño económico causado por *A. socialis* en tres variedades de yuca (CMC-57; MEX-59 y CMC-40) con diferentes grados de resistencia. Se encontró que la disminución del rendimiento dependía de la variedad y que podía ser causada por los adultos y las ninfas al alimentarse directamente del floema. Adicionalmente, que la fumagina reducía la capacidad fotosintética de la planta, afectando en alguna medida la producción. El que no se haya observado una diferencia significativa en los rendimientos puede deberse a que la mosca solo alcanza el 56.8% de su ciclo de vida en un mes de ataque y, por lo tanto, este daño es menor al daño potencial que puede causar durante su ciclo de vida completo.

2.6. MANEJO DEL CULTIVO DE YUCA

A partir de la década del 40, hubo un control de plagas de cultivo basado casi exclusivamente en el empleo de plaguicidas que, tras un éxito inicial, mostraron una serie de adversidades, entre ellas el aumento de los costos, aparición de plagas resistentes, eliminación de la fauna benéfica, acciones adversas al medio ambiente favoreciendo la proliferación de nuevas plagas o la transformación de plagas secundarias en clave (Panel: Biodiversidad, el rol de los recursos genéticos 1993).

TABLA 3. Opciones de control para algunas de las plagas que atacan a la yuca (Tomado de Bellotti 2000, incluyendo referencias).

PLAGAS	OPCIONES DE CONTROL	REFERENCIAS
ACARO VERDE DE LA YUCA (AVY) (<i>Mononychellus tanajoa</i>)	<p>Niveles moderados de resistencia de la planta hospedero disponible en clones de yuca; es necesario un programa efectivo para incorporar la resistencia en cultivares comerciales.</p> <p>Para control biológico está disponible un complejo grande de predadores, entomopatógenos y virus identificados y evaluados.</p> <p>El control químico es antieconómico, ya que por el periodo vegetativo largo del cultivo se requieren varias aplicaciones. Además, las aplicaciones continuas de acaricidas destruyen la fauna benéfica que ayuda a controlar otras plagas como el gusano cachón y las escamas</p>	<p>(Bellotti et. al. 1994; Braun et al 1989; Byrne et al 1982: 1983; CIAT 1999)</p> <p>(Bellotti et al 1999; Yaninek et al 1991)</p> <p>(Bellotti & Guerrero, 1977).</p>
PIOJO HARINOSO (<i>Phenacoccus herreni</i>)	<p>Resistencia adecuada no se ha encontrado en germoplasma de <i>M. esculenta</i>. Algunas especies de <i>Manihot</i> silvestres muestran un potencial para resistencia.</p> <p>Para control biológico hay tres parasitoides (<i>Acerophagus coccois</i>, <i>Aenasius vexans</i> y <i>Apoanagyrus diversicornis</i>) que producen buen control.</p>	<p>(Bellotti et al 1999; Van Driesche et al 1990; Bento et al 1999)</p>
MOSCA BLANCA (<i>Aleurotrachelus socialis</i>)	<p>Existen clones e híbridos de <i>M. esculenta</i> con alto nivel de resistencia.</p> <p>Para control biológico: enemigos, especialmente parasitoides, se han identificado y se están evaluando. Algunos entomopatógenos presentan posibilidades para su control.</p>	<p>(Arias 1995; Bellotti et al 1994; 1999; Castillo 1996; CIAT 1999)</p>

Actualmente, se plantea el Manejo Integrado de Plagas (MIP), para solucionar los problemas que causan estos artrópodos en los cultivos; esta no es solamente una respuesta a los problemas ambientales, económicos y de salud humana asociados con pesticidas, sino también la meta de convivir con las plagas de nuestros cultivos empleando los controles de naturaleza ecológica: la resistencia varietal, el control biológico y las prácticas culturales (Braun et al. 1993), siendo de estos mecanismos de control, la resistencia varietal, una herramienta con gran potencialidad (Ver Tabla 3).

En 1975 se realizó la primera evaluación de variedades de yuca según su resistencia a las moscas blancas. Para ello se diseñó una escala de daños de tres grados, que tenía en cuenta básicamente datos de población y no consideraba el efecto del ataque en el rendimiento. Los resultados mostraron que a pesar de la alta población de insectos, variedades como la MCM-57 presentaron bajas infestaciones de mosca blanca. En otras variedades como la CMC-40 si se observaron altas poblaciones e interesantemente, bajo ciertas condiciones, existía una relación directa entre la densidad poblacional y los daños. Por ejemplo, aunque CMC-57 presentaba bajas poblaciones de mosca, sus rendimientos fueron bajos, mientras que CMC-40 presentó altas poblaciones pero sin mayores pérdidas. Estos resultados permitieron redefinir los términos para calificar el comportamiento genético de las variedades de yuca con relación al ataque de moscas blancas.

El factor de resistencia que hace que algunas variedades de yuca sufran pérdida en el rendimiento a pesar de no haber presentado altas poblaciones de moscas blancas ni síntomas de daño, se denomina Tylosis. Esta es una obstrucción del

floema por formación de goma en su interior, lo que impide el transporte de las células de sucrosa, afectando la producción de almidones. La variedad M ECU 72 normalmente no presenta altas poblaciones de moscas blancas y no presenta síntomas de daño severo, estos resultados hasta el momento indican que, posiblemente, un mecanismo de tolerancia puede estar involucrado en la resistencia que presenta esta variedad (Bellotti & Vargas, 1986).

2.6.1. Resistencia Varietal:

En términos agrícolas, la resistencia a plagas e insectos es una propiedad que permite a la planta eludir, tolerar, o recuperarse del efecto dañino de la alimentación y/o la oviposición del insecto sobre ella (Tingey 1986).

Para entender la base teórica del concepto de resistencia es importante tener en cuenta la teoría de la coevolución insecto-planta, que explica las interacciones entre estos organismos como el resultado de un proceso alternado de ataque, defensa, contraataque, etc. Ehnlich & Raven (1965), citados por Kogan (1983) proponen esta teoría que considera que así como la evolución de la planta está influenciada por presiones ambientales, una de las cuales es generada por animales herbívoros, igualmente la evolución de los insectos fitófagos está influenciada por la planta que le sirve de alimento y abrigo. En esta coevolución los mecanismos de defensa de la planta son transformados por algunos insectos que pasan a utilizar la planta con mayor exclusividad y obtienen una ventaja adaptativa con relación a otros fitófagos.

Kogan & Ortman (1978), proponen que los factores de resistencia pueden interferir con los sistemas de comunicación entre el insecto y la planta. El insecto es un

detector sensorial de los estímulos que emanan las plantas y la planta es una transmisora de estímulos que son detectados por el insecto. Desde el punto de vista práctico la resistencia es el resultado de la ruptura de esos mecanismos de comunicación. Entonces, en la fase de detección sensorial, la ruptura afecta el comportamiento del insecto.

Una vez definido el comportamiento del insecto en la selección de su hospedero, se discute a continuación los tipos de estímulos de la planta que median esta relación.

2.6.2. Mecanismos de Resistencia:

Las plantas varían considerablemente en sus mecanismos o estrategias de defensa contra los insectos, que van desde desordenar el comportamiento del insecto hasta reparar o reemplazar órganos y tejidos dañados a través del ataque del insecto (Tingey 1986).

En la práctica del mejoramiento de plantas los mecanismos fundamentales de resistencia han sido definidos por Painter (1951) y Maxwell & Jennings (1980) (citados por Kogan 1983) y cabe recalcar que existe un paralelismo entre los principios ecológicos que han sido enunciados y los mecanismos de resistencia.

2.6.2.1. Tolerancia:

Son tolerantes las plantas que presentan mecanismos de defensa que no afectan directamente al insecto pero tienen la capacidad para recuperarse del daño. Este es un mecanismo de defensa efectivo puesto que el costo metabólico se realiza solo si existe el daño del insecto, si no existe, la planta deja esta reserva para invertirla en otro proceso de su desarrollo.

2.6.2.2. Antixenosis:

Si los mecanismos de defensa afectan el comportamiento del insecto la resistencia es antixenosis, la cual define la forma como la planta afecta el establecimiento del insecto. Este término a sido propuesto (Kogan & Ortman 1978) para remplazar la categoría de no-preferencia de Painter. El mecanismo incorpora lo que se ha definido como no preferencia pero es más amplio porque involucra defensas mecánicas y químicas que afectan al insecto a nivel de selección de la planta antes de que inicie la ingestión de alimento. Pueden presentarse en la planta alomonas (Whittaker & Feeny 1971), citados por Kogan (1983), que tienen una acción detrimental para el insecto o carecer de estímulos (queromonas) indispensables para que el insecto tenga una reacción positiva; por lo tanto, se considera que la presencia de alomonas como la ausencia de queromonas son factores antixenóticos.

2.6.2.3. Antibiosis:

Las defensas de las plantas que afectan la fisiología del insecto después de su ingestión son los factores antibióticos con los cuales se presentan dos condiciones muy distintas: algunos de ellos, por lo general, determinan una disminución en la ingestión mientras que otros la aumentan. En el último caso se produce un alargamiento del ciclo de vida del insecto, lo cual lo expone durante mayor tiempo a la acción de sus enemigos naturales, reduciendo así, el daño que pueden ocasionar a la planta.

2.6.2.4. Defensas Inducidas:

Los mecanismos antibióticos y antixenóticos ocurren independientemente a la defensa de ataques insectiles. Las defensas inducidas ocurren como

consecuencia del ataque, estas pueden ser naturales o aplicadas sobre la planta. Uno de los factores más conocidos es la producción en plantas de fitoalexinas como defensa a enfermedades o a insectos (Hart et al 1983, Kogan & Paxton 1982, citados por Kogan 1983). Estas fitoalexinas son inducidas solo cuando hay un ataque de insectos y no preexisten en la planta, lo cual las hace muy diferentes a los mecanismos clásicos de defensa. Se conoce que algunas gramíneas se benefician del daño moderado del ganado o de las langostas, ya que la saliva de estos herbívoros estimulan nuevos brotes y un aumento general en la producción. Levins & Wilson (1980) citados por Kogan (1983), proponen que la práctica contemporánea de manejo de plagas tiene una base teórica muy estrecha y los avances teóricos de la ecología han tenido un impacto muy reducido en la entomología económica. Poca investigación básica en ecología de poblaciones y comunidades se realiza en sistemas agrícolas. Esta situación es lamentable porque los programas de resistencia podrían avanzar mas rápidamente si existiera una base fisioecológica más sólida y, recíprocamente, los sistemas agrícolas ofrecerían a los investigadores, riquísimos ejemplos de interacciones insecto-planta de utilidad en el desarrollo de la teoría (Kogan 1983).

2.6.3. Búsqueda de Resistencia:

En general, es más fácil encontrar resistencia para insectos monófagos y oligófagos debido a que hay una relación planta-insecto más estrecha, lo cual hace que las posibilidades de evolución de resistencia sean mejores.

La obtención de variedades resistentes a insectos comprende cuatro actividades principales:

1. Búsqueda de fuentes de resistencia.
2. Reconfirmación de niveles de resistencia.
3. Hibridación
4. Selección de progenies resistentes.

Adicionalmente, es conveniente adelantar estudios tendientes a dilucidar o identificar tanto mecanismos de resistencia como los factores responsables de la misma; esto puede hacerse en cuatro clases de materiales: variedades criollas, variedades introducidas de otros países, materiales silvestres del cultivo y materiales pertenecientes a especies relacionadas dentro del género que se pretende mejorar (Cardona, 1989).

2.6.3.1. Antecedentes en Trabajos de Búsqueda de Resistencia:

El mejoramiento controlado no inició hasta los años 20; Los cruces interespecíficos y retrocruces se iniciaron en Java en este tiempo y en el este de África en 1937. En ambos lugares, el énfasis fue en híbridos entre yuca y las especies arbóreas *M. glaziovii* y *M. dichotoma*, probablemente porque estas dos especies fueron introducidas de Sur América como recurso de caucho y también fueron fácilmente aprovechables por los mejoradores (Jennings, 1995).

La resistencia de la planta hospedante es una estrategia muy viable para controlar las plagas de la yuca sin afectar el equilibrio del medio ambiente. Además, es un método de control que tiene acción preventiva sobre las poblaciones de insectos y puede ser fácilmente integrado con otros métodos de control, pero debe reservarse para aquellos insectos considerados claves al cultivo, tanto por su importancia económica como por su amplia distribución geográfica (Cardona, 1989).

En la Tabla 4 se puede apreciar un resumen de los principales trabajos sobre resistencia realizados en Colombia.

TABLA 4. Principales trabajos sobre resistencia genética a insectos en plantas realizados en Colombia (Tomado de Lobo 2000, incluyendo referencias).

AUTOR / AÑO	INVESTIGACIÓN	RESULTADOS
Lobo, et al (1987 ^a ,1987b)	Resistencia a la mosca blanca de los invernaderos en 20 accesiones de la especie <i>Lycopersicon pennellii</i> , relacionada con el tomate y 15 del taxón <i>L. hirsutum</i> .	25 de los materiales de <i>L. pennellii</i> , al cabo de 10 días, exhibían un porcentaje de mortandad de la mosca blanca significativamente superior al testigo.
Posso et al (1989)	Caracterización de la proteína arcelina, en algunas poblaciones de frijoles silvestres mexicanos resistentes al <i>Zabrotes subfasciatus</i> .	La proteína estaba asociada con la resistencia, la cual es del tipo antibiosis. La presencia de arcelina, que sirve como marcador de la resistencia, era condicionada por un gen mendeliano simple, el cual puede ser incorporado a frijoles cultivados mediante programas de retrocruzamiento.
Cardona y Cortés (1991)	Avances en la obtención de líneas de frijol tolerantes a lorito verde.	Dos líneas de frijol seleccionadas por tolerancia al <i>Empoasca krameri</i> , presentaron daños consistentemente inferiores a los presentados por materiales susceptibles.
Valencia y Bohorquez (1994)	Resistencia genética al gusano blanco de la papa <i>Premnotrypes vorax</i> en nueve cultivares comerciales y 13 clones de la Colección Central Colombiana.	Alta susceptibilidad al daño causado por las larvas en todos los materiales estudiados.
Pardey et al (1996)	Resistencia al daño mecánico causado por <i>Tagosodes orizicolus</i> en arroz.	Modelo de resistencia dependiente de un gen dominante, con efectos modificadores por parte de otro gen que interfiere en mayor o menor grado en la expresión de resistencia.
Sotelo et al (1998)	Metodología para evaluación de resistencia al salivazo de los pastos <i>Aneolamia varia</i> .	Alta eficiencia con relación a procedimientos anteriores, con ahorro de tiempo, espacio y recursos materiales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS:

El desarrollo de esta investigación se dividió en dos fases:

En una primera se multiplicó el material vegetal por diferentes métodos, y paso seguido, en la segunda, el material obtenido se infestó con las plagas a estudiar, para posteriormente realizar los ensayos de evaluación de resistencia.

El proyecto en su totalidad se llevó a cabo en las instalaciones de la estación experimental del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, localizada en el municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca (3°30' L N y 76°21' LO y a una altitud de 965 m.s.n.m.). La zona de vida de esta estación corresponde, de acuerdo con la clasificación de Holdridge, a bosque seco tropical, con una temperatura promedio de 24°C y una precipitación de 1000 mm anuales, aproximadamente (Howeler 1986).

3.1. FASE I: MULTIPLICACIÓN DE MATERIAL VEGETAL SILVESTRE Y DOMESTICADO DEL GENERO *Manihot*: (Figura 4)

Se realizaron ensayos pilotos con genotipos silvestres de *Manihot* teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Grado de relación con la especie cultivada propuesto en trabajos anteriores.
2. Procedencia de centros de origen y/o domesticación de la yuca cultivada.
3. Tener caracteres morfológicos similares al cultivo.
4. Disponibilidad ya sea *in vivo* o *in vitro* del material. En este aspecto es

importante aclarar que esta primera fase del estudio estuvo limitada por la disponibilidad, ya fuera *in vivo* o *in vitro* del material. Por esta razón la metodología debió ser ajustada sobre la marcha durante la investigación.

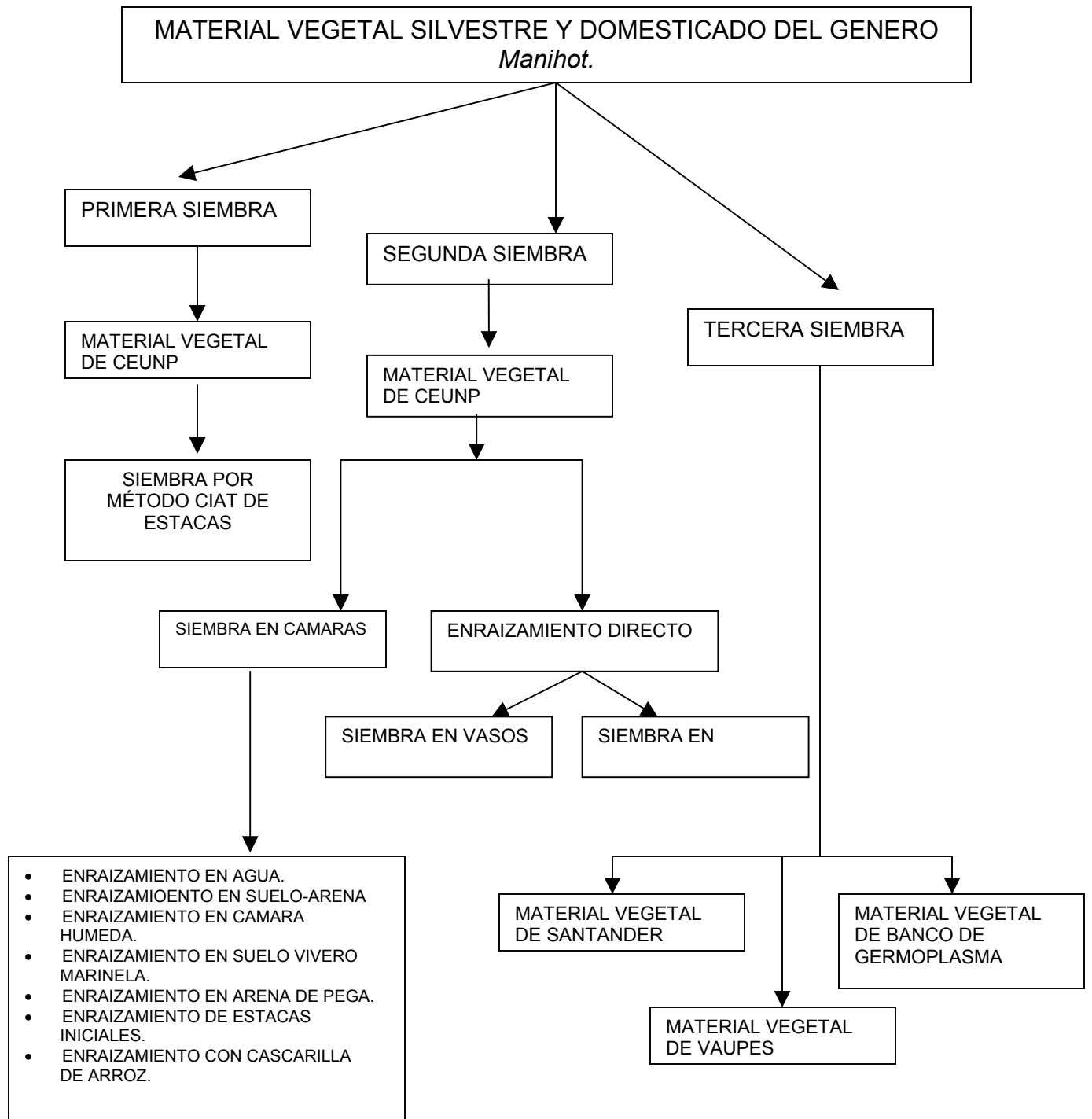


Figura 4. Flujograma de la fase I: Multiplicación del material vegetal de *Manihot* sp.

En la Figura 4, se presenta el flujograma que resume los mecanismos de siembra llevados a cabo durante la primera fase de la investigación:

Se realizaron ensayos con *M. esculenta* ssp. *flabellifolia*, *M. esculenta* ssp. *peruviana* y *M. tristis*, material vegetal colectado en bosques semi-húmedos y húmedos de la región amazónica brasilera, considerada como un posible centro de origen de la yuca (De Candolle 1967, Nassar 1978, Allem 1987).

También se incluyó material de la especie *M. carthaginensis*, nativa de la región noroccidental de Suramérica y de algunos países del Caribe, obtenido por Roa (1997), quien realizó viajes de colección de germoplasma en Colombia. Todo este material se encuentra disponible en el banco de germoplasma de CIAT.

Finalmente, el material vegetal domesticado de yuca, multiplicado en este estudio, se obtuvo de la aldea india de Yapú, localizada en el departamento de Vaupés, amazonía de Colombia, aproximadamente a 70 kilómetros al sur de Mitú, capital del departamento de Vaupés.

Para todos los materiales, se tomaron datos de cantidad de estacas que germinaron y se calcularon porcentajes de germinación con los datos obtenidos en el primer muestreo para cada genotipo, también se hallaron, en los diferentes meses, las proporciones de plantas vivas de los distintos genotipos, con respecto a la siembra inicial, con lo que se calculó posteriormente un promedio de sobrevivencia para cada uno.

Se realizó un análisis gráfico para visualizar las diferencias de germinación y sobrevivencia de los genotipos en los diferentes métodos de enraizamiento.

3.1.1. Primera Siembra:

Esta se realizó en diciembre de 2001, partiendo de material vegetal de especies silvestres del género *Manihot*, cortado de un lote que el programa de Mejoramiento de Yuca de CIAT poseía en CEUNP (Centro Experimental de la Universidad Nacional de Palmira).

Ante la carencia de un protocolo estándar para el desarrollo de la multiplicación de material vegetal silvestre, se optó ensayar inicialmente el método de siembra utilizado en CIAT para material vegetal de cultivares de yuca, en el cual se trata inicialmente las estacas sumergiéndolas en una solución con insecticida (50%) y con funguicida (50%) durante media hora. Posteriormente, se pasaron a potes plásticos de 8 pulgadas de diámetro utilizando suelo CIAT. Los siguientes fueron los genotipos por especie:

TABLA 5. Genotipos primera siembra (en suelo CIAT).

ESPECIE	GENOTIPO	# ESTACAS
<i>M. carthaginensis</i>	MCTH 160-5	160
	MCTH 160-4	220
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 213-7	290
	MFLA 225-2	90
<i>M. peruviana</i>	MPER 254-1	230
	MPER 266-4	80
	MPER 269-1	50

3.1.2. Segunda Siembra:

Teniendo en cuenta los resultados de la primera siembra, se realizó la segunda en enero de 2002, de nuevo partiendo de material vegetal de especies silvestres de *Manihot* provenientes de CEUNP.

Nuevamente se trataron las estacas sumergiéndolas en una solución con insecticida y funguicida (1:1), pero esta vez se aumento el tiempo a una hora

y se sembraron las estacas empleando nueve métodos diferentes de enraizamiento. Dos de ellos consistieron en enraizamiento directo de las estacas en bolsas negras y en vasos de poliestireno.

Por otro lado se sembraron estacas provenientes de CEUNP y para enraizar se ensayaron cada uno de los siguientes medios: Agua, Suelo arena en una proporción de 3:1, en Cámara húmeda, en suelo de un vivero (Marinela), en arena de pega, en cascarilla de arroz y también se sembraron posteriormente las estacas iniciales de las que se partió en la cámara de propagación.

Desafortunadamente no se contó con un acervo constante de material vegetal para cada uno de los métodos de enraizamiento anteriormente mencionados sino que se debía sembrar el material que estuviera disponible en los meses destinados para esta parte de la investigación; la siembra inicial para cada método se puede observar en la Tabla 6.

TABLA 6. Siembra inicial de los genotipos silvestres de *Manihot* de la segunda siembra en los diferentes métodos de enraizamiento.

ESPECIE	GENOTIPO	(BN)	(VP)	(A)	(S-A)	(CH)	(SM)	(P)	(Md)	(E)
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 230-2	13	30	6	5	24	24	3	3	4
<i>M. carthaginensis</i>	MCTH 31-1	18	30	7	4	5	7	5	7	6
	MCTH 37-8	18	30	6	6	6	8	3	5	7
<i>M. peruviana</i>	MPER 240-3	66	30	5	4	11	7	5	6	4
<i>M. tristis</i>	MTRS 132-3	87	30	24	30	52	31	50	32	11
	MTRS 130-3	195	30	25	24	30	26	12	9	6

Cada método se explica con mayor detalle a continuación:

3.1.2.1. Siembra directa en Bolsas Negras (BN):

Se tomaron las estacas más lignificadas y se sembraron en bolsas negras con suelo CIAT y arena en una proporción de 3:1 (Figura 5). Estas bolsas se colocaron en una casa de malla.



Figura 5. Siembra en bolsas negras, casa de malla

3.1.2.2. Siembra directa en Vasos de Poliestireno (VP):

Se tomaron las estacas menos lignificadas y se sembraron inicialmente en vasos de poliestireno de 10 onzas con arena y suelo CIAT en una proporción de 3:1 (Figura 6a). Esta mezcla de suelo se esterilizó durante un día con vapor a 80°C y se dejó reposar por un día más antes de ser utilizado. En el momento de la siembra al suelo se le aplicó una solución funguicida y a cada estaquita se le aplicó una delgada capa de enraizador (Hormonagro®).



a



b

Figura 6. Siembra en vasos de Poliestireno: a) Vasos con estacas. b) Casa de vidrio.

Posteriormente, se pusieron los vasos de poliestireno en bandejas de plástico y se cubrieron con bolsas de plástico grueso amarradas con hilo en la abertura y se dejaron por cinco días en una casa de vidrio (Figura 6b); esto hace las veces de una cámara húmeda para acelerar la germinación. Después de estos cinco días se sacaron de las bolsas y se pusieron en una casa de malla pequeña (Figura 7) hasta que empezaron a brotar y finalmente, cuando ya las plántulas estaban de unos 15 cm se transplantaron a potes de plástico de ocho pulgadas de diámetro, que se dejaron en la casa de malla.



Figura 7. Siembra en vaso de poliestireno, casa de malla pequeña.

Como se disponía de muy poca cantidad de material vegetal, este se sembró en unas cámaras de propagación (Figura 8) que permitieron multiplicarlo para poder realizar mas ensayos de enraizamiento:

Esta es una técnica sencilla, creada y desarrollada en el CIAT por Cock et al. (1967) y luego modificada en la misma institución. Consta básicamente de los siguientes pasos:

Se siembran las estacas tratadas previamente con fungicida e insecticida, en posición horizontal en un substrato compuesto de arena y suelo de unos 20 cm colocados sobre una base de grava de unos 10 cm, que proporcione buen

drenaje. El sustrato se pone en camas de 2.40 x 1.20 m, las cuales se cubren con una cubierta de plástico transparente, a manera de techo en dos aguas. Esto para mantener una alta humedad y temperatura dentro de la cámara de propagación, estimulando así el brote de las estacas. El sustrato es esterilizado durante un día con vapor a 80 °C y posteriormente se deja reposar por dos días más antes de sembrar las estacas. Cuando las estacas dan origen a retoños que alcancen 15 cm de altura, se cortan con bisturí desinfectado en hipoclorito, a 1 cm por encima del cuello del tallo. Para cada corte se eliminan las ramas axilares dejando solo el ápice y luego de hacer el último corte del tallo debajo de una yema se coloca en un recipiente con agua fría con el fin de que el látex deje de fluir antes de pasar los retoños definitivamente a enraizar.

Las estacas en la cámara de propagación continúan suministrando retoños durante nueve meses más (Toro et al. 1983).



Figura 8. Siembra en Cámara de Propagación.

Para el enraizamiento se evaluaron siete métodos:

3.1.2.3. Enraizamiento en Agua (A):

Los primeros retoños se transfirieron a recipientes de vidrio de 500 mL de capacidad, en los cuales se pusieron hasta 10 retoños a la vez (Figura 9) en aproximadamente 500 cc de agua.

En estos frascos se realizó el enraizamiento en la casa de malla dentro de una cámara de enraizamiento que consta de una mesa blanca cubierta con una estructura metálica con plástico para protección (Figura 10).



Figura 9. Cogollos enraizando en agua.



Figura 10. Cámara de enraizamiento de cogollos en agua.

3.1.2.4. Enraizamiento en Suelo-Arena (3:1) (S-A):

Para otro grupo de retoños se realizó una preparación de suelo CIAT y arena en proporción de 3:1 y se pusieron a enraizar en potes directamente, los cuales se mantuvieron en una casa de malla.

3.1.2.5. Enraizamiento en Cámara Húmeda (CH):

Se diseñó una cámara húmeda que consiste en una mesa, a la cual se le adaptó un soporte de madera y se forró con plástico grueso transparente (Figura 11), esto con el fin de aumentar la temperatura y la humedad relativa para acelerar el brote de los retoños.

De nuevo se sembraron los retoños obtenidos de la cámara de propagación en potes con suelo CIAT y arena, de nuevo en una proporción de 3:1, pero esta vez se le agregó 800 cm³ de cisco o cascarilla de arroz. Los potes se pusieron en la cámara húmeda por 10 días y posteriormente se dejaron en la casa de malla.



Figura 11. Enraizamiento en potes en Cámara húmeda.

3.1.2.6. Enraizamiento en Suelo de vivero "Marinela" (SM):

Se sembraron los retoños provenientes de la cámara de propagación en suelo de un vivero cercano a CIAT. Este suelo del área de Santander de Quilichao, viene combinado con cascarilla de arroz en una proporción de 3:1. Se llenaron potes plásticos, de 10 pulgadas, los cuales se mantuvieron en una casa de malla.

3.1.2.7. Enraizamiento en Arena de Pega (Construcción) (P):

Se realizó una preparación de suelo de vivero, con arena de pega para construcción, la cual presenta un grano grande y permite mejor drenaje. Se llenaron potes de 10 pulgadas, se sembraron los retoños y se dejaron en el invernadero por cuatro meses.

3.1.2.8. Enraizamiento de Estacas Iniciales (Md):

Se tomaron las estacas iniciales de la cámara de propagación que estuvieran con retoños y después de cortárselos, se sembraron las estacas en potes con suelo CIAT y arena de pega, estos potes se pusieron en la cámara húmeda para estimular su germinación y además para darles condiciones mas parecidas a las de la cámara de propagación donde se encontraban. Después de cinco días se sacaron de esta cámara y se dejaron en la casa de malla.

3.1.2.9. Enraizamiento en Cascarilla de Arroz (E):

De los retoños cortados en el procedimiento anterior se seleccionaron los más lignificados y se cortaron en estaquitas delgadas, a las cuales se probó sembrarlas nuevamente con suelo CIAT, pero esta vez se le adicionó a la arena respectiva, 500 cm³ de cisco o cascarilla de arroz. Se sembraron dichas estacas en potes de plástico de 10 pulgadas y se dejaron en la casa de malla.

3.1.3. Tercera Siembra:

En febrero de 2003 se realizó una tercera siembra con material vegetal proveniente de la estación CIAT Santander de Quilichao, con material multiplicado por el Programa de Recursos Genéticos de CIAT y de yuca domesticado proveniente de la Amazonía Colombiana, del departamento del Vaupés. Estos materiales se sembraron en potes de plástico con una mezcla de suelo y arena en una proporción de 3:1, al cual se le adicionó 500 cm³ de cascarilla de arroz.

3.1.3.1. Material Vegetal de Vaupés:

Este fue proporcionado por la unidad de patología de yuca de CIAT y se partió de estacas provenientes de plantas de nueve meses sembradas en un lote en Rozo, un corregimiento cercano al CIAT. Fue sembrado en potes de 10 pulgadas de diámetro con una mezcla de suelo de Santander de Quilichao y arena de pega, proporcionada por la unidad de patología. El suelo fue tratado con vapor a 80°C por un día y se dejó reposar por un día antes de la siembra. A este suelo se le adicionó fungicida y las estacas fueron tratadas con una solución de fungicida e insecticida (1:1). Los potes fueron mantenidos en una casa de malla (Figura 12) y se tomaron datos de germinación y sobrevivencia durante cuatro meses.

Se sembró el siguiente material vegetal (Tabla 7) para cuya nominación se conservó el nombre nativo dado por los indígenas Tukanos del Vaupés.

TABLA 7. Genotipos tercera siembra (de Vaupés).

ESPECIE	GENOTIPO	# ESTACAS
<i>M. esculenta</i>	ABEJA	20
	ABIYU	25
	BUSA	7
	BUTISE	8
	DULCE CUCURA	23
	FLORES	19
	GUARACU	26
	HOJA DE PLATANO	24
	IBACABA	24
	INAYA	23
	LAPA BLANCA	28
	MIRITI	27
	NUPARA	17
	PUPUÑA	20
	STA CATALINA	25
	SIRINGA	12
	TOTUMA	28
	TRESMESINA DULCE	15
	WASOCO	21
	YUCA DE AGUA	18
	YUCA DE GARZA	26
YUCA DE MICO (blanca)	19	
YUCA DE MICO (roja)	19	
VP YUCA DE PIÑA	23	
VP YUCA DE RANA	22	
VP PINTADILLO	19	



Figura 12. Vistas del interior (izq) y del exterior (der) de la casa de malla donde se realizó la siembra del material vegetal de Vaupés.

3.1.3.2. Material Vegetal de Banco de Germoplasma CIAT:

Este material corresponde a especies silvestres del Banco de Germoplasma, mantenido en el CIAT, y que al momento se encontraba a disposición para multiplicación a partir de meristemos conservados *in vitro*. La unidad de recursos genéticos de CIAT, proporcionó las plantulitas de dos meses de sembradas, en bolsas negras, en suelo CIAT con arena de pega en una proporción de 3:1.

Fueron transferidas a casa de vidrio para su establecimiento y después de un mes llevadas a casa de malla con las demás plantas. Después de dos meses se pasaron a potes de plástico conservando el suelo y completando con suelo CIAT y arena en la misma proporción antes mencionada.

Fueron tomados datos sobrevivencia durante siete meses y los datos de germinación fueron proporcionados por la unidad de recursos genéticos, quienes realizaron la multiplicación de dicho material.

Se multiplicaron los siguientes genotipos:

TABLA 8. Genotipos tercera siembra (Banco de Germoplasma CIAT).

ESPECIE	GENOTIPO	# PLANTULAS
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 444-002	40
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-003	35
	MPER 417-005	30
	MPER 313-002	14

3.1.3.3. Material Vegetal de CIAT Estación Santander de Quilichao:

Este material fue cortado de un lote del herbario de CIAT en la estación de Santander de Quilichao. Corresponde a especies silvestres conservadas en campo por el herbario, además un híbrido (CM 7395) y una variedad comercial

(ECU 72) proporcionada por la unidad de Entomología de Yuca, que también se encontraba cultivada en Santander. Se partió de estacas entresacadas de plantas adultas de más de un año, pero se contó con muy poca semilla debido a que había una sola planta por genotipo y no se podía tomar la planta completa para obtener estacas.

Estas estacas fueron sembradas en pots plásticos con suelo CIAT y arena en proporción 3:1 y al igual que en los anteriores métodos, fueron tratadas en una solución de fungicida e insecticida y el suelo fue esterilizado por medio de vapor a 80°C, antes de sembrar.

Se tomaron datos de germinación y sobrevivencia durante siete meses.

Se sembraron los siguientes materiales:

TABLA 9. Genotipos tercera siembra (de Santander de Quilichao).

ESPECIE	GENOTIPO	# ESTACAS
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 439	27
	MFLA 443	23
<i>M. peruviana</i>	MPER 414	17
<i>M. esculenta</i>	CM 7395	17
	MECU 72	30

Para el análisis de resultados de esta primera fase o de multiplicación del material vegetal se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Porcentajes de germinación. Se clasificó de la siguiente manera: 0-40% baja germinación, 50-70% germinación media, 80-100% buena germinación.
- Para promedios de sobrevivencia: 0-0.4 baja sobrevivencia, 0.5- 0.7 sobrevivencia media, 0.8-1.0 muy buena sobrevivencia.

3.2. FASE II: EVALUACIÓN DE RESISTENCIA VEGETAL DE ESPECIES DEL GENERO *Manihot* A TRES PLAGAS DE CULTIVO:

En esta parte de la investigación, se desarrolló el tamizado de material vegetal para obtener evaluaciones confiables de niveles de resistencia o susceptibilidad para cada clon estudiado. Según Anderson (1988), el tamizado fue diseñado para eliminar clones susceptibles, reduciendo el número de clones a evaluar en pruebas posteriores. Esto puede hacerse en el campo o en laboratorio (invernadero), pero la selección en plántulas en laboratorio representa una economía de tiempo específicamente en cultivos tales como la yuca que tiene un largo periodo vegetativo. Estas técnicas pueden desarrollarse pero la resistencia en plántulas debe ser correlacionada posteriormente con plantas de mayor edad (Bellotti & Kawano 1983).

3.2.1. Jaulas:

Inicialmente, se diseñaron y construyeron 16 jaulas para ubicar las plantas que se iban a infestar. Estas fueron de madera, de 1.5 m de largo por 1 m de ancho y 1 m de altura; forradas en organza a prueba de escape de los insectos y divididas en 6 compartimentos de 50 cm de ancho por 50 cm de largo. Cada compartimento tiene su puerta en organza sujeta a la madera por medio de velcro (Figura 13).



Figura 13. Diseño de la jaula para plantas.

3.2.2. Bioensayos: (Figura 14)

Genotipos escogidos a partir de la Fase I fueron evaluados con infestaciones artificiales de especímenes de cada una de las plagas las cuales fueron colonizadas bajo situaciones controladas de temperatura y humedad relativa.

Para las infestaciones, se tuvo en cuenta que cualquier programa de evaluación debe garantizar una población uniforme de insectos que garantice una adecuada presión de selección para cada plaga (Bellotti & Kawano 1983) y para esto se realizó una infestación diferente para cada plaga, realizando una segunda infestación con un intervalo de 15 días.

En el caso de mosca blanca y piojo harinoso se partió de las colonias de estas plagas establecidas en CIAT y de ahí se tomaron los individuos. En el caso de los ácaros, debido a que no había colonia para dicha especie, hubo que establecerla.

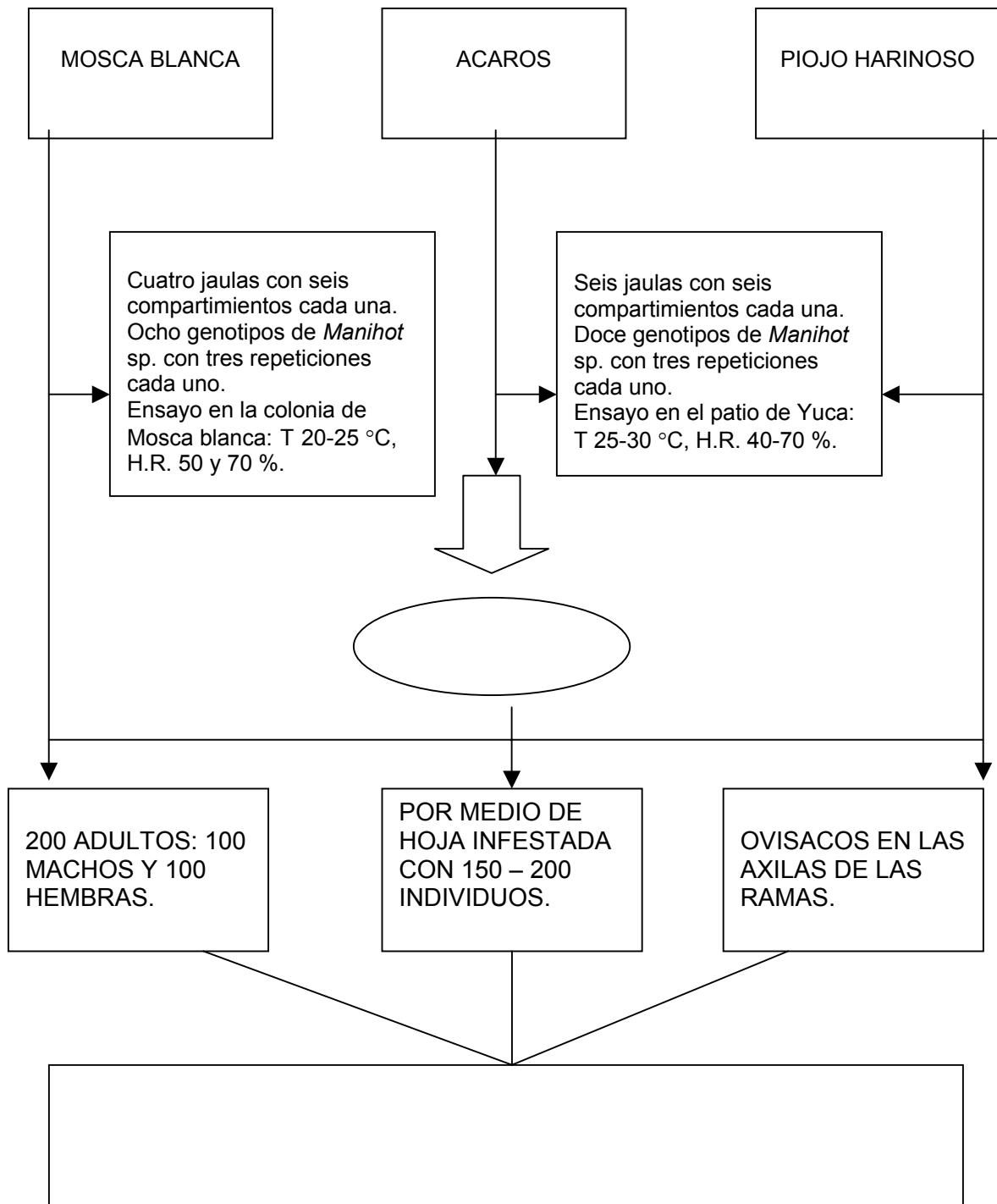


Figura 14. Segunda Fase de la metodología: Bioensayos para evaluación de resistencia vegetal a tres plagas del cultivo de yuca.

En el caso de ácaros y piojo harinoso, los bioensayos se llevaron a cabo en la parte externa del laboratorio de Entomología de Yuca, en un alero bajo un techo de zinc (Figura 15). La temperatura se controló por medio de aspersores de agua que fueron dispuestos sobre el techo y que se operaban en las horas de mayor temperatura. Las condiciones fueron verificadas con un higrotermógrafo y se mantuvieron entre 25 y 30 °C de temperatura y 40 y 70 % de humedad relativa.

Para la mosca blanca la evaluación fue realizada en un cuarto contiguo a la colonia de esta plaga, en una casa de vidrio con humedad y temperatura entre 50 y 70 % y 20 y 25 °C, respectivamente y controladas por ventiladores.



Figura 15. Localización de los ensayos con Piojos Harinosos y Ácaros.

3.2.2.1 Infestación Ácaros:

Inicialmente se realizó el establecimiento de la colonia de acuerdo a la metodología propuesta por Mesa & Lenis (1993), para esto se colectaron hojas de yuca infestadas de ácaros del campus de CIAT y se llevaron al laboratorio donde se hizo selección manual de la especie a establecer (*M. tanajoa*).

Posteriormente, sobre plantas de yuca de dos meses de edad se colocaron hojas y cogollos cubiertas por altas poblaciones de ácaros y se esperó una semana, mientras los ácaros se dispersaban entre las plantas limpias y se establecían.

Después de 15 días de la infestación, se encontraron todos los estados de desarrollo de los Tetranychidae sobre las plantas.

La infestación sobre las plantas a evaluar se realizó colocando uno o dos lóbulos de hojas infestadas de la colonia con 150 a 200 ácaros, en las hojas superiores de cada planta por espacio de 4 a 5 días, al cabo de los cuales se retiraron las hojas viejas. Las evaluaciones de daño se hicieron comenzando la segunda semana después de la infestación y se continuaron cada cinco días durante cuatro semanas consecutivas (cuatro muestreos).

Esta infestación se realizó en seis jaulas, con plantas de 12 genotipos (Tabla 10), cada una con tres repeticiones dispuestas al azar.

3.2.2.2. Infestación Piojo Harinoso:

La infestación para esta plaga, se realizó tomando las masas de huevos (ovisacos) de la colonia y poniéndolas en la axila de la hoja por medio de un punzón. Los huevos del piojo harinoso contienen una sustancia pegajosa que usualmente se adhiere a la planta. La primera evaluación se realizó a los 10 días y se continuó evaluando cada 10 días por espacio de dos meses.

Esta infestación se realizó en seis jaulas, con plantas de 12 genotipos, cada una con tres repeticiones (Tabla 10).

Para Ácaros y para Piojo harinoso se evaluaron los siguientes genotipos:

TABLA 10. Genotipos evaluados para Ácaros y Piojo Harinoso.

ESPECIE	GENOTIPO
Manihot esculenta	CMC 40
	CM 7395
	Ecu 72
<i>Manihot esculenta</i> (Vaupés)	Ibacaba
	Yuca de Mico (Roja)
	Abeja
	Yuca de Garza
	Yuca de Piña
	Abiyú
M. flabellifolia	MFLA 444-002
M. peruviana	MPer 417-003
	MPer 417-005

3.2.2.3. Infestación Mosca Blanca:

Esta infestación se realizó con adultos recién emergidos y para ello fueron tomadas de la colonia hojas con ninfas de cuarto instar (pupas) y se colocaron en una caja-jaula de madera de 30 cm de ancho por 30 cm de largo y 30 cm de altura, forrada con tul negro en tres de sus caras y en la superior con vidrio (Figura 16). Estas hojas se dejaron en la caja por espacio de 12 horas, después de las cuales se aspiraron los adultos emergidos con una pipeta tapada con tul en uno de sus agujeros y conectada a una pequeña manguera. Se tomaron 200 individuos para cada planta en cada infestación.



Figura 16. Diseño de caja-jaula para obtener adultos de mosca blanca.

Las evaluaciones se realizaron cinco días después de la primera infestación, cada 10 días y por espacio de dos meses. Esta infestación se realizó en cuatro jaulas, con plantas de 8 genotipos (Tabla 11), cada una con tres repeticiones acomodadas al azar.

TABLA 11. Genotipos evaluados para Mosca Blanca.

ESPECIE	GENOTIPO
Manihot esculenta	CMC 40
	CM 7395
	Ecu 72
Manihot esculenta (Vaupés)	Nupará
	Flores
M. flabellifolia	MFLA 444-002
M. peruviana	MPER 417-003
	MPER 417-005

3.2.3. EVALUACIONES:

Las evaluaciones para todas las plagas se realizaron por observación directa, este tipo de evaluación puede ser adaptable a muchas asociaciones insecto-planta. Es mejor para especies o estados de desarrollo relativamente sedentarios debido a la perturbación introducida por la manipulación de las plantas (Tingey 1986).

El conteo total en forma directa en campo o laboratorio de las poblaciones de las plagas estudiadas en esta investigación, resulta ser dispendioso e ineficiente por las altas densidades de individuos que se desarrollan (Lenis et al. 1993).

Para dirigir este problema los investigadores han desarrollado en varios cultivos y para determinadas especies, planes de muestreo secuencial o binomial o de ambos, que son más rápidos y seguros.

Este procedimiento permite examinar cuantitativamente un gran número de plantas en corto tiempo y está basado en escalas que califican el grado de infestación y por otra parte el grado de daño que ha sufrido la planta (Lenis et al. 1993).

La primera escala (de infestación), define cualitativamente la cantidad aproximada de insectos que se encuentran en la planta en un momento dado y en qué parte de esta se concentran.

La escala de daño permite definir o categorizar en alto, intermedio o susceptible el nivel de resistencia manifestado por el deterioro de las plantas. Esta escala está generalmente comprendida entre 1 y 6. Un rango de 1 a 3= alguna resistencia y sugiere ensayos posteriores, 5 a 6= altamente susceptible, para descartar; y 4= un grado intermedio. Aquí el científico debe juzgar si una variedad merece ensayos futuros o si debe descartarse (Bellotti & Kawano 1983).

Estas dos escalas permiten la correlación del síntoma de daño con número de individuos plaga presentes. Grandes poblaciones de plagas con pocos síntomas de daño pueden indicar que existe un mecanismo de tolerancia. En este caso la sola evaluación de síntoma de daño no indicaría necesariamente la población de insectos o ácaros.

3.2.3.1. Definición de Escalas:

Para ácaros y piojos harinosos también se realizó una división de la planta en tres estratos, alto (cogollo y hojas nuevas) , medio (hojas medias) y bajo (hojas viejas) y se observó la distribución de los diferentes estados de la plaga en las diferentes partes de la planta, estos datos se consignaron teniendo en cuenta las Tablas 12 y 14 de grados de infestación para ácaros y piojos harinosos, respectivamente. Para la evaluación del grado de daño se emplearon las Tablas 13 (para ácaros) y 15 (para piojos harinosos).

Además de evaluar los genotipos por medio de las anteriores escalas, también se tomaron datos del número de hojas totales de la planta y el número de hojas infestadas en cada muestreo, con esto se calculó el porcentaje total de hojas infestadas para cada planta evaluada en cada muestreo, para de este modo conocer el grado de colonización de la plaga para cada genotipo.

Para evaluar el grado de infestación y daño para las plantas infestadas con moscas blancas se siguió el método propuesto y desarrollado por Arias (1995), mediante el cual se estima un porcentaje del número de formas adultas, huevos, ninfas y pupas presentes en cada uno de las tres repeticiones de los genotipos evaluados, en los tres estratos de la planta. De cada parte se examina una hoja al azar en cada muestreo por observación directa. De estas tres observaciones, posteriormente, se calcula un promedio que corresponde al dato obtenido para cada muestreo. Para el análisis se emplearon las escalas de infestación y síntomas de daño presentadas en las Tablas 16 y 17.

Es importante mencionar que dado el grado de subjetividad que provee la evaluación mediante estas escalas cualitativas, las observaciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador, siguiendo un cronograma de muestreo específico para cada plaga, para así evitar en lo posible, la incurrancia en errores experimentales.

TABLA 12. Escalas infestación para todos los estados biológicos de *M. tanajoa* en yuca (Modificado de Bellotti & Kawano 1983)

Adultos, huevos, larvas, y ninfas de <i>M. tanajoa</i>	
GRADO	POBLACIÓN
1	No hay ácaros
2	Ácaros en el cogollo.
3	Algunos ácaros en el cogollo y hojas medias.
4	Muchos ácaros en cogollo.
5	Cogollo y hojas medias totalmente infestadas de ácaros.
6	Totalidad de las hojas de la planta severamente infestadas de ácaros, también el tallo.

TABLA 13. Escala de síntomas de daño ocasionado por *M. tanajoa* en yuca (Modificado de Bellotti & Kawano 1983).

GRADO DE DAÑO	SÍNTOMAS DE LA PLANTA
1	Sin síntomas
2	Algunas puntuaciones blanco-amarillentas hacia la base de las hojas del cogollo.
3	Puntuaciones amarillas moderadas en todas las hojas.
4	Puntuaciones abundantes en las hojas medias, ligera deformación del cogollo.
5	Severa deformación en las hojas del cogollo, hojas con apariencia blanquecina y alguna defoliación. Tallo con puntuaciones amarillas.
6	Cogollos muy reducidos o muertos, desecación y defoliación de hojas superiores. Severas puntuaciones amarillas en tallo.

TABLA 14. Escalas de infestación para todos los estados biológicos de *P. herreni* en yuca (Modificada de Castillo 1985).

Adultos, huevos, larvas, y ninfas de <i>P. herreni</i>	
GRADO	POBLACIÓN
1	Sin piojo.
2	Presencia de ninfas en hojas apicales y pueden encontrarse unas pocas en hojas basales.
3	Presencia de ninfas y adultos en hojas apicales.
4	Presencia de ninfas, adultos y ovisacos en hojas apicales. Ovisacos también en el tallo hacia el cogollo
5	Presencia de todos los estados en hojas apicales y medias. Ninfas y ovisacos en el tallo.
6	Presencia de ninfas, adultos, y ovisacos en toda la planta.

TABLA 15. Escala de síntomas de daño ocasionado por *P. herreni* en yuca (Modificada de Castillo 1985).

GRADO DE DAÑO	SÍNTOMAS DE LA PLANTA
1	Ningún daño.
2	Pequeñas ondulaciones en márgenes de hojas apicales y basales.
3	Leve encrespamiento y puede haber amarillamiento de hojas apicales.
4	Encrespamiento y amarillamiento de hojas apicales. Pueden estar agrupadas compactamente como un repollo. Meristemo apical no restringido.
5	Necrosis y muerte de hojas apicales. Meristemo apical puede estar restringido. Tallo doblado hacia el cogollo.
6	Desecamiento de hojas y defoliación. Tallo muerto o fuertemente doblado.

TABLA 16. Escala porcentual de infestación para todos los estados biológicos de *A. socialis* en yuca (Arias 1995)

Adultos, huevos, ninfas y pupas de <i>A. socialis</i>	
GRADO	POBLACIÓN (%)
1	0
2	1-10
3	11-25
4	26-50
5	51-75
6	75-100

TABLA 17. Escala de síntomas de daño ocasionado por *A. socialis* en yuca (Arias 1995).

GRADO DE DAÑO	SÍNTOMAS DE LA PLANTA
1	Cogollo sano.
2	Ligera flacidez de las hojas del cogollo; todavía verdes.
3	Iniciación de encrespamiento del borde de las hojas hacia arriba y abajo.
4	Fuerte encrespamiento de las hojas, presencia de moteado verde-amarillento en el cogollo y hojas medias. Exudado azucarado.
5	Presencia fuerte de fumagina, algunas hojas secas y tallos delgados. Volcamiento y rebrotes.
6	Planta muerta.

3.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Para el análisis de los datos inicialmente se calculó el promedio de las tres repeticiones de cada genotipo en los muestreos realizados para cada variable estudiada: Daño, Infestación y Porcentaje de hojas infestadas.

Posteriormente con estos promedios se hicieron análisis gráficos para las tres variables analizadas en cada plaga.

Los datos obtenidos de daño, Infestación y Porcentajes de hojas infestadas, se sometieron a un análisis de normalidad y de homogeneidad de varianzas. Para esto se realizaron pruebas de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov y de χ^2 ; la prueba de Levene, para la homogeneidad de varianza se realizó y en aquellos casos en que los datos no fueron homogéneos, se hizo transformación de raíz cuadrada o de doble raíz cuadrada, y se llevó a cabo un Análisis de varianza de una vía para determinar si existían diferencias significativas para cada variable (Daño, Infestación y Porcentaje de hojas infestadas), entre los genotipos evaluados y por plagas.

Cuando se encontraron diferencias significativas se procedió a realizar una prueba de postanova o de comparación múltiple de Tukey y Newman-Kewls para saber entre cuáles genotipos existían estas diferencias.

4. RESULTADOS Y DISCUSION:

4.1 FASE I: MULTIPLICACION DE MATERIAL VEGETAL SILVESTRE Y DOMESTICADO DEL GENERO *Manihot*:

4.1.1 Primera Siembra:

Para esta primera siembra solamente dos de los siete genotipos sembrados presentaron individuos viables al final de las observaciones: MCTH 160-5 y MCTH 160-4. Estos presentaron porcentajes de germinación y promedios de sobrevivencia realmente bajos y para los demás genotipos estos valores fueron nulos.

Estos dos genotipos pertenecen a la especie *M. carthaginensis* y comparándolos entre sí, se encontró que el porcentaje de germinación y el promedio de sobrevivencia fueron mayores para MCTH 160-5 (25% y 0.18, respectivamente) que para MCTH 160-4 (7.72% y 0.15).

No obstante, dado que el material obtenido de este genotipo no fue apto ni suficiente en número para realizar los bioensayos con las plagas de la segunda parte de la investigación, se decidió revisar otros métodos de multiplicación.

4.1.2 Segunda Siembra:

En esta parte, se analizaron nueve métodos de enraizamiento de material vegetal diferentes. Los valores de los promedios de sobrevivencia y porcentajes de germinación para los genotipos evaluados en los diferentes métodos de

enraizamiento aparecen resumidos en las Tablas 18 y 19 (con sus respectivas variaciones) y representadas gráficamente en las Figuras 17 y 18. Ver Anexo 1.

Los porcentajes de germinación más altos (por encima de 80%) se dieron para: El genotipo MFLA 230-2 de *M. flabellifolia* en tres de los 9 métodos analizados: Agua (83.33%), Arena de pega (100%) y cascarilla de arroz (100%).

El genotipo MCTH 37-8 de *M. carthaginensis* en tres de los nueve métodos: vasos de poliestireno (80%), suelo-arena (83.33%) y arena de pega (100%).

El genotipo MPER 240-3 de *M. peruviana* en dos de los nueve métodos: estacas iniciales y cascarilla de arroz (100% para ambos), y para los genotipos MTRS 132-3 y MTRS 130-3 de *M. tristis* en dos de los nueve métodos: Estacas iniciales (96.87% para MTRS 132-3 y 100% para MTRS 130-3) y cascarilla de arroz (100% para los dos genotipos).

En un rango medio de germinación (entre 50 y 70%) se encuentran:

El genotipo MCTH 31-1 de *M. carthaginensis*, en cuatro de los nueve métodos evaluados: vasos de poliestireno (76.66%), en suelo-arena (75%), en cámara húmeda (60%) y cascarilla de arroz (50%).

El genotipo MCTH 37-8 de esta misma especie solo presentó rango medio de germinación en bolsas negras (55.55%), y por ultimo el genotipo MTRS 130-3 de *M. tristis* estuvo en dicho rango en el método de enraizamiento de arena de pega (50%).

Para los demás métodos, los genotipos presentaron rangos de porcentajes de germinación menores a 40%.

Con respecto a los métodos evaluados, se puede ver en la Tabla 18 que cinco de los nueve métodos presentaron genotipos con valores mayores a 70% de germinación, haciéndolos como posiblemente aptos para germinación. Estos métodos fueron: Vasos de poliestireno, suelo-arena, arena de pega, estacas iniciales y cascarilla de arroz.

En cuanto al promedio de las proporciones de sobrevivencia (Figura 18) se encontró que los más altos valores se dieron para los genotipos MFLA 230-2 y MCTH 37-8 en arena de pega (0.89 y 0.88, respectivamente) y MPER 240-3 en cascarilla de arroz (0.91).

Se encontraron valores medios de sobrevivencia (entre 0.5 y 0.7) para todos los genotipos evaluados, enraizados en suelo-arena, menos para los dos genotipos de *M. tristis*, para los cuales estos valores estuvieron por debajo de 0.4.

Para estos dos últimos genotipos, la sobrevivencia media se dio en el método de cascarilla de arroz.

Con respecto a la sobrevivencia en general de los genotipos en los nueve métodos evaluados se puede afirmar que los tres métodos más viables fueron arena de pega, suelo-arena y cascarilla de arroz.

De los cinco métodos propuestos como aptos para germinación en este punto, se descartan dos para sobrevivencia: vasos de poliestireno y estacas iniciales; lo cual indica que éstos tal vez sean propios para un enraizamiento inicial, pero no proveen las condiciones necesarias a estos genotipos para sobrevivir en el tiempo. Esto era un resultado esperado para estacas iniciales, ya que al pasarlas de cámara de propagación, estas ya iban parcialmente enraizadas, con lo que los

valores de enraizamiento inicial dieron altos, pero el traspaso de un medio a otro podía causarles un gran estrés, que se vio reflejado en los datos obtenidos de sobrevivencia.

El caso de vasos de poliestireno fue similar, pues el material obtenido en estos vasitos fue transplantado a potes cuando las estaquitas germinaron. Esto pudo ocasionar igualmente que los valores obtenidos para sobrevivencia en este método fueran tan bajos.

Otro aspecto que se puede discutir con respecto a la viabilidad de los nueve métodos evaluados está relacionado con el tipo de suelo empleado; los suelos CIAT son de origen ígneo y provienen del proceso de erosión de las cordilleras Central y Occidental. Por las condiciones climáticas, los materiales parentales se han meteorizado y formado arcillas de tipo 2:1 con alta saturación de bases, pH alto, presencia de carbonatos de calcio libre y altas concentraciones de sales solubles. En términos generales, son suelos de textura fina, lo cual les confiere características indeseables en cuanto a drenaje, aireación y mecanización, pero tienen una alta capacidad para retener cationes y agua (Howeler 1986).

Por esto, los métodos de enraizamiento que contenían arena de pega y cascarilla de arroz tuvieron mejores resultados, ya que la adición de estos elementos a los suelos de CIAT aumenta un poco el drenaje y la aireación.

Otro aspecto que es importante analizar tiene que ver con la ecología de las especies silvestres evaluadas, ya que Hershey (1985) citado por Baca (1991) considera que la yuca parece haber evolucionado bajo influencias biológicas y medioambientales, altamente localizadas. La especie *M. carthaginensis* es propia de zonas secas, con bajos niveles de precipitación, este taxon presenta tolerancia

a periodos de sequía prolongados y crece bien en suelos con textura arenosa, donde en material parental (roca) aflora en la superficie, pobremente desarrollados y con drenaje regular y muy baja cantidad de materia orgánica. A parte de crecer en suelos con alta concentración de sales, *M. carthaginensis* se desarrolla a bajas concentraciones de zinc. Es un taxon de regiones xéricas (Rogers & Appan 1973). Los genotipos evaluados de esta especie fueron colectados en Santa Marta, Colombia, región que corresponde, según la clasificación de Holdrige (1967) (citado por Roa (1997)), a la zona de vida bosque seco tropical presentando una temperatura media anual superior a los 24°C. Puede deberse a lo anterior que su sobrevivencia en los métodos de enraizamiento de arena de pega y suelo-arena (3:1) evaluados en este estudio haya sido mayor, pues le brindaron condiciones mas similares a la de su lugar de procedencia.

Manihot. tritis se encuentra adaptada a suelos de origen granítico (Rogers & Appan 1973), mientras que *M. flabellifolia* habita con *M. peruviana* en bosques secundarios húmedos o semihúmedos; en suelos arenosos, parecen crear al margen del bosque Amazónico. Estas especies se clasifican como taxa, de regiones húmedas y muy húmedas.

Para los genotipos de estas últimas tres especies mencionadas, evaluados en el presente estudio, la sobrevivencia fue mayor en arena de pega y cascarilla de arroz para *M. flabellifolia*. Para *M. peruviana* y *M. tristis* fue más alta en cascarilla de arroz. Esto puede deberse a que, a parte de necesitar suelos arenosos o de origen granítico, estas especies requieren buena humedad pero sin

encharcamiento, lo cual se deba posiblemente a la adición de cascarilla de arroz a la mezcla de suelo.

4.1.3 Tercera Siembra:

Como se recordará en esta parte se sembraron tres tipos de material de diferente procedencia: Material vegetal de Vaupés, *in vitro* (Banco de Germoplasma CIAT) y de la estación CIAT de Santander de Quilichao, y acordemente se presentarán y discutirán los resultados.

4.1.3.1. Material Vegetal de Vaupés:

Para estos genotipos, los porcentajes de germinación fueron muy altos y similares en valor; la mayoría presentó un 100% de germinación en el primer mes. La germinación mas baja fue para Pintadillo (73,7%), mientras que el resto de genotipos estuvieron por encima del 80% (Figura 19).

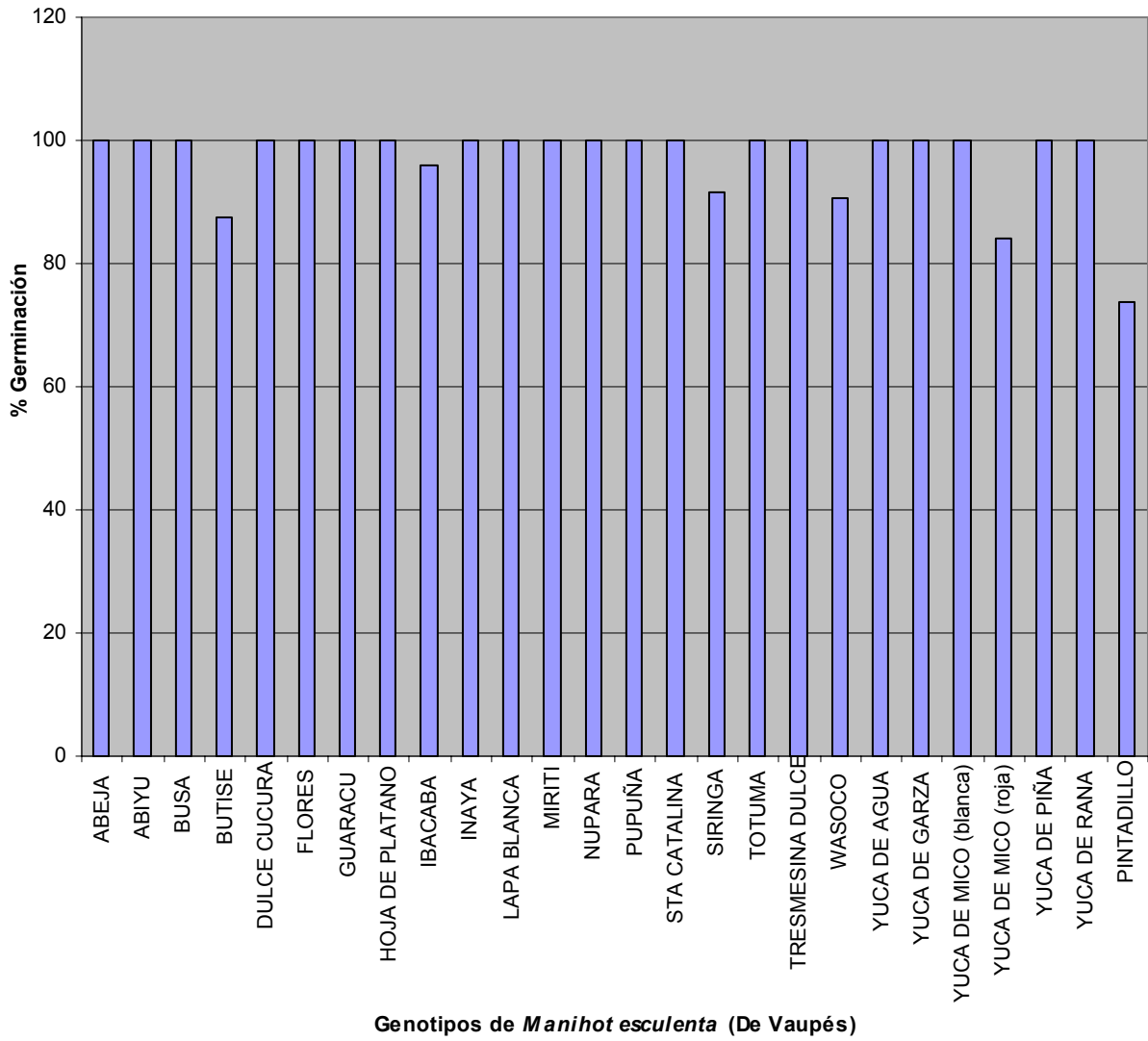


Figura 19. Porcentajes de germinación de plantas domesticadas de *Manihot esculenta* de la tercera siembra (de Vaupés).

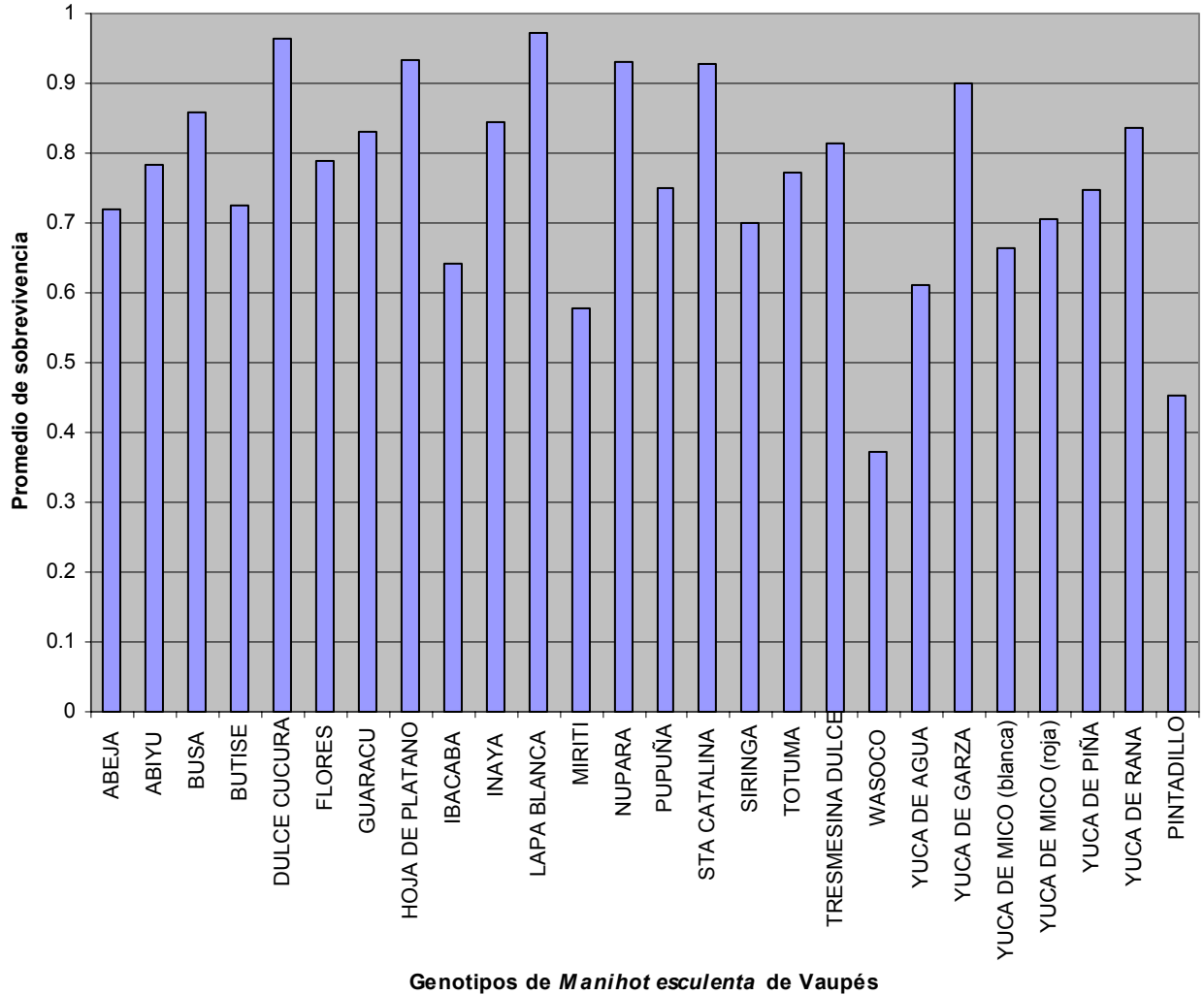


Figura 20. Promedios de proporciones de sobrevivencia de plantas domesticadas de *Manihot esculenta* de la tercera siembra (de Vaupés).

Así mismo, la mayoría de los genotipos evaluados, presentaron en promedio proporciones de sobrevivencia mayores a 0.6, destacándose notablemente cinco genotipos con valores muy cercanos a 1.0 (todas las plantas vivas de las sembradas), estos fueron: Dulce Cucura, Hoja de Plátano, Lapa Blanca, Nupará y Santa Catalina (Figura 20).

Solo los genotipos Miriti, Wasoco y Pintadillo presentaron valores menores o iguales a 0.5 (la mitad de las plantas vivas de las sembradas).

En general, los genotipos domesticados de *M. esculenta* presentaron mejores porcentajes de germinación y promedios de sobrevivencia que los genotipos silvestres de *Manihot* evaluados en los métodos analizados en la segunda siembra. Esto puede deberse a que al igual que el suelo de CIAT utilizado para este estudio, los suelos en la porción Colombiana de la Amazonía son caracterizados por una muy baja fertilidad, unos niveles bajos de materia orgánica y fósforo aprovechable.

Una diferencia entre los tipos de suelo de CIAT y Vaupés es que en el segundo sitio, los suelos presentan una muy baja saturación básica, niveles extremadamente bajos de intercambio de calcio, magnesio y potasio. Como se mencionó anteriormente, el suelo CIAT por el contrario presenta una alta saturación de bases y hay presencia de carbonatos de calcio libre (Wilson 1997)

Los caracteres anteriormente mencionados para los suelos de Vaupés son contrarrestadas por practicas culturales del sistema agrícola tradicional de los grupos indígenas que habita esta zona; este sistema esta basado en el cultivo de "tumba y quema" de parches de selva donde se planta y cosecha una gran variedad de cultivos, como la yuca. Esta práctica libera los nutrientes almacenados en la biomasa del bosque y los hace disponibles. A demás las cenizas con el tiempo tienen un efecto que contrarresta la acidez contribuyendo a una mejor

saturación básica, y aportan nutrientes importantes en el desarrollo del cultivo como son el fósforo y el potasio (Dufour 1986).

Con el resultado de estas practicas lo que se logra es similar a las condiciones que se les proporcionaron a los genotipos sembrados en el presente estudio (suelo CIAT con arena y cascarilla de arroz), llegando así, a una buena viabilidad.

4.1.3.2. Material Vegetal del Banco de Germoplasma CIAT (*in vitro*) y de Santander de Quilichao:

Los valores de los porcentajes de germinación y promedios de sobrevivencia para cada genotipo de *Manihot* sp. de las dos procedencias (Santander de Quilichao y Banco de Germoplasma, CIAT) están consignados en las Figuras 21 y 22 respectivamente.

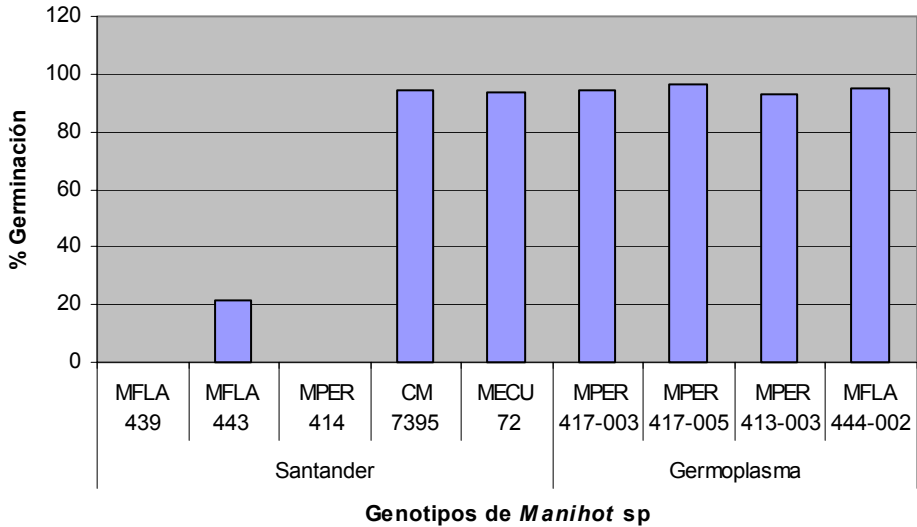


Figura 21. Porcentajes de germinación para especies del género *Manihot* del Banco de Germoplasma CIAT y de Santander de Quilichao.

Los cuatro genotipos provenientes del banco de germoplasma de CIAT presentaron porcentajes de germinación notoriamente altos (por encima del 90%). Básicamente, los genotipos de *M. esculenta* provenientes de Santander de Quilichao presentaron porcentajes de germinación tan altos como los del material vegetal del Banco de Germoplasma de CIAT evaluado. En cuanto a los genotipos silvestres de Santander de Quilichao, dos presentaron germinación nula (MFLA 439 y MPER 414) y la del tercero fue realmente baja (menor a 30%), en comparación a los otros seis genotipos anteriormente mencionados.

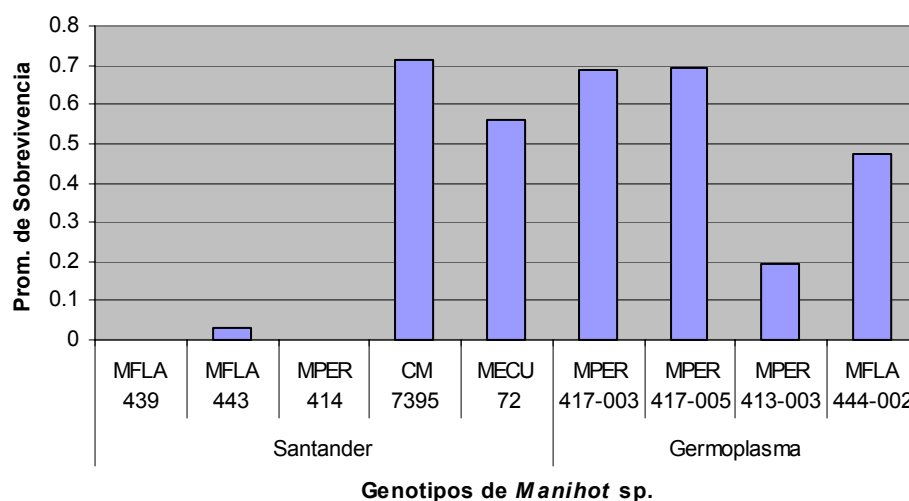


Figura 22. Promedios de proporciones de sobrevivencia para especies del género *Manihot* del Banco de Germoplasma CIAT y de Santander de Quilichao

Cuatro de los genotipos evaluados de estas dos procedencias presentaron promedios de proporciones de sobrevivencia mayores a 0.5. Dos provenientes de Santander de Quilichao (CM 7395 y ECU 72) y dos del banco de Germoplasma

de CIAT (MPER 417-003 y MPER 417-005). Los demás excepto MFLA 444-002 que se acercó al primer grupo con 0.475, presentaron valores menores a 0.2.

Para analizar las diferencias encontradas entre los diferentes genotipos evaluados, cabe recurrir al tema de las relaciones filogenéticas entre la yuca y las especies silvestres. Diferentes autores (Nassar et al. 1986., Allem 1992 citados por Roa 1997) han empleado al concepto de acervos génicos expuestos por Harlan & Wet (1971), (citados por Roa (1997)) que se basa, en el grado de relación existente entre conjuntos de acervos génicos o especies dentro de un grupo. El nivel de parentesco es estimado, de acuerdo con la ocurrencia de cruces exitosos entre la especie bajo cultivo y los parientes silvestres. Si un conjunto de poblaciones silvestres se cruzan en el cultivo sin dificultad y se obtiene descendencia fértil, estas pertenecen al acervo génico primario o GP1. Este grupo está formado por subespecies y variedades e la especie biológica cultivada, así como por las formas silvestres o malezas que surjan a partir de esta.

Los taxa que se crucen con el cultivo u otras especies pertenecientes a GP1, produciendo descendencia fértil al menos en la filial 1, pertenecerán al acervo génico secundario o GP2 de la especie cultivada. En este caso la transferencia de genes puede ser difícil pero posible.

Para Nassar et al. (1986) y Allem (1992), (citados por Roa (1997)), las especies que conforman los diferentes acervos génicos de la yuca son distintas. Los primeros incluyen dentro del GP1 los diferentes cultivares de la raíz y las "malezas" espontáneas de esta. El segundo autor, afirma haber encontrado los

ancestros silvestres de cultivo, *M. flabellifolia* Pohl y *M. peruviana* Muller. Arg; siendo estas parte del acervo génico primario y ha propuesto posteriormente (Allem 1994, citado por Roa 1997) una nueva clasificación considerándolas subespecies de la especie cultivada, *M. esculenta* Crantz, así: *M. esculenta* Crantz ssp. *flabellifolia* (Pohl) Ciferri y *M. esculenta* Crantz ssp. *peruviana* (Muller. Arg) Allem.

La especie *M. tristis* se cataloga también en este acervo primario. Si bien las distancias genéticas obtenidas entre *M. tristis* y *M. flabellifolia* no son altas, Roa (1997) logra distinguir a nivel molecular estas dos especies como entidades diferentes. Además, cataloga a la especie *M. carthaginensis* como fuente de rasgos y adaptaciones a condiciones que para la yuca cultivada serían adversas y clasifica esta especie en un acervo génico diferente al de *M. esculenta* ssp. *peruviana*, *M. esculenta* ssp. *flabellifolia* y *M. tristis*.

Estas diferencias se evidencian en esta investigación a nivel de los diferentes comportamientos que presentan los genotipos estudiados de estas especies frente a los métodos de enraizamiento.

De todos modos, ha resultado muy difícil establecer una metodología para la propagación de silvestres de *Manihot* sp. sobre todo por la reducida disponibilidad de material vegetal para algunos genotipos.

Aparte de la escasa representatividad numérica para algunas especies, existe otro agravante y es la conservación del germoplasma silvestre. La documentación sobre el hábitat natural de las especies de *Manihot* es limitado y se cuenta básicamente con la suministrada por el trabajo monográfico de Rogers & Appan

(1973) y los datos de colección de Allem (1993, 1995) y Roa (1997). Mayor información es necesaria para un mejor manejo del material; requerimientos nutricionales, condiciones del suelo y clima particulares de las especies deben ser considerados para un adecuado desarrollo del germoplasma.

4.2. FASE II: EVALUACIÓN DE RESISTENCIA VEGETAL DE ESPECIES DEL GENERO *Manihot* A TRES PLAGAS DE CULTIVO:

4.2.1. Resultados y discusión para ACAROS:

Se tuvieron en cuenta las escalas de daño e infestación descritas en la parte de materiales y métodos de la presente investigación, para esta plaga.

La escala de daño contempla tres síntomas distintos: manchas en las hojas, deformación de estas y reducción de cogollos. Estos síntomas se pueden observar en la Figura 23.

Los valores de infestación obtenidos para esta plaga, se pueden observar en la Tabla 20 y gráficamente en la Figura 24, donde se puede notar que todos los genotipos de *M. esculenta* y de Vaupés presentan altas infestaciones (Valores entre 5 y 6) lo que los hace altamente susceptible a la infestación por esta plaga, lo cual se corrobora en la Figura 25 donde se muestran los porcentajes de hojas infestadas por la plaga en estos genotipos (mayores a 95%).

Los tres genotipos silvestres evaluados presentaron valores de infestación entre 4 y 5 lo cual los sugiere como medianamente resistentes, pero los porcentajes de hojas infestados fueron muy altos (mayores a 80%), indicando que un nivel de tolerancia más que de resistencia, está presente.



A



B



C



D

Figura 23. Grado de daño en genotipos de *Manihot* infestados con *M. tanajoa* a los 25 días: A) MPER 417-005 con grado de daño 3. B) MFLA 444-002 con grado de daño 2.3. C) CMC 40 con grado de daño 6. D) Yuca de Piña con grado de daño 5.6.

TABLA 20. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	15 DIAS	20 DIAS	25 DIAS
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 444-002	3	3	3	4
	CM 7395	4.66	5.33	5.66	6
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	5	5.33	5.66	6
	CMC 40	6	6	5.66	5.66
	MPER 417-003	3.33	4	4	4.66
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-005	3	3.33	3.66	4.33
	IBACABA	4.33	5	5.66	6
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	YUCA DE MICO ROJA	5.33	5.66	6	6
	ABEJA	5.66	6	6	6
	YUCA DE GARZA	5.33	5.3	6	6
	YUCA DE PIÑA	4	5	5.66	6
	ABIYU	5.66	5.66	5.66	6

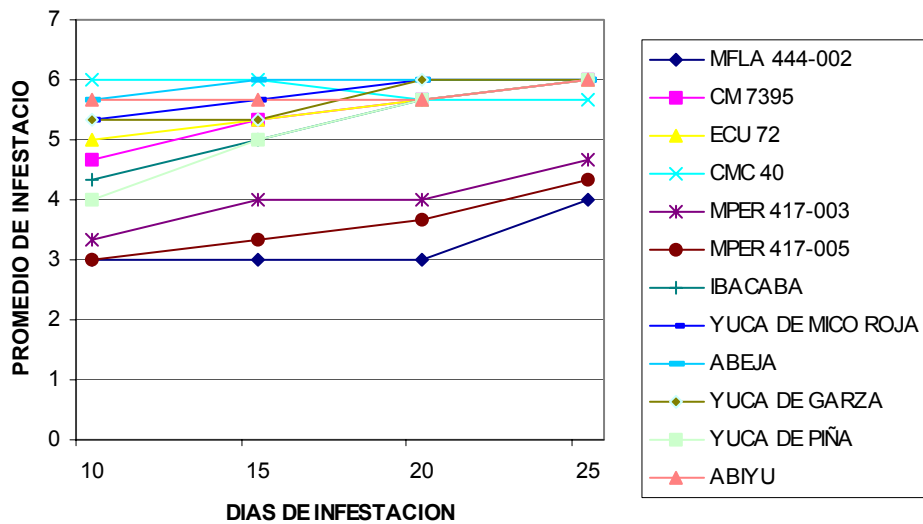


Figura 24. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa* en 25 días de muestreo.

TABLA 21. Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	15 DIAS	20 DIAS	25 DIAS
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 444-002	28.32	71.67	86.81	90.52
<i>M. esculenta</i>	CM 7395	91.66	100	100	100
	ECU 72	52.77	94.44	97.22	100
	CMC 40	87.5	100	100	100
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-003	38.00	77.49	86.75	93.73
	MPER 417-005	41.50	61.03	70.79	83.33
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	IBACABA	80.30	100	100	100
	YUCA DE MICO ROJA	100	100	100	100
	ABEJA	95.23	100	100	100
	YUCA DE GARZA	95.83	100	96.2	100
	YUCA DE PIÑA	58.33	85.71	90.47	95.23
	ABIYU	87.83	100	100	100

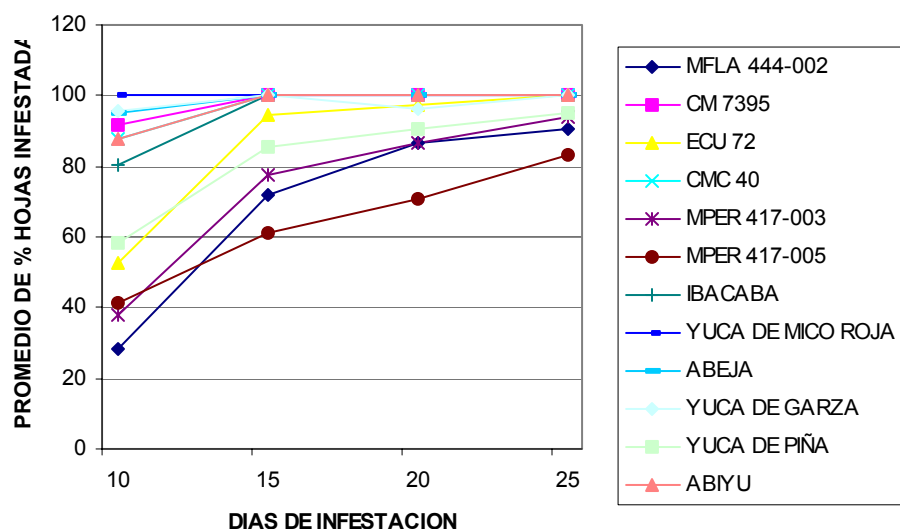


Figura 25. Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa* en 25 días de muestreo.

En la Tabla 22 se muestran los valores de daño obtenidos para los distintos genotipos de *Manihot* expuestos al ataque o infestación de *M. tanajoa*. Un análisis preliminar reveló que todos los genotipos de *M. esculenta* y los de Vaupés fueron altamente susceptibles ya que presentaron valores entre 5 y 6 en la escala, mientras que el genotipo MFLA 444-002 presentó el mas bajo nivel de daño (2.33),

siguiéndole a este, MPER 417-005 y MPER 417-003 con valores de 3, sugiriendo resistencia de estos tres genotipos con respecto a los niveles de daño (Figura 26).

TABLA 22. Promedios de daño para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	15 DIAS	20 DIAS	25 DIAS
<i>M. flabellifolia</i>	MFLA 444-002	2	2.33	2.33	2.33
	CM 7395	4.33	5.6	6	6
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	4	4.66	5	5.66
	CMC 40	3.66	4.33	5.33	6
	MPER 417-003	2.33	3	3	3
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-005	2	2.66	2.66	3
	IBACABA	4.66	5.33	5.66	6
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	YUCA DE MICO ROJA	5.33	6	6	6
	ABEJA	6	6	6	6
	YUCA DE GARZA	6	6	6	6
	YUCA DE PIÑA	4.33	5	5.33	5.66
	ABIYU	5.66	5.66	6	6

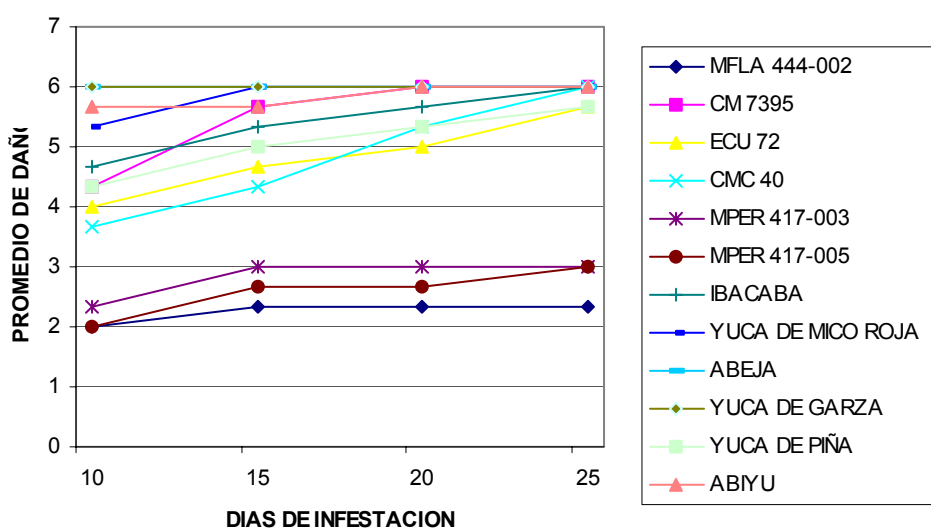


Figura 26. Promedios de daño para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *M. tanajoa* en 25 días de muestreo.

Al hacer un análisis comparativo se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados en cuanto a nivel de daño, infestación y porcentajes de hojas infestadas ($F_{(11.132)}=66.72$, $F_{(11.132)}=29.86$ y $F_{(11.132)}=5.61$, respectivamente ($P<0.005$ para las tres variables).

La prueba de postanova o comparación múltiple de Tukey y Newman-Kewls determinó que controlando por la variable infestación el genotipo de *M. flabellifolia* estudiado (MFLA 444-002) difiere de todos los genotipos de *M. esculenta*, pero no difiere de uno de los dos genotipos de *M. peruviana*: MPER 417-005. Que no existen diferencias significativas entre los dos genotipos de *M. peruviana* evaluados, pero estos sí difieren de los genotipos de *M. esculenta*, hasta de los domesticados. Dentro de los genotipos de *M. esculenta* estudiados no existen diferencias significativas. Pero cabe resaltar que CM7395 fue el que presentó mayores diferencias con las especies silvestres.

Al controlar por la variable porcentaje de hojas infestadas, se encuentra que los tres genotipos silvestres no difirieron, pero las mayores diferencias se encontraron entre los genotipos MFLA 444-002 y MPER 417-005 y los genotipos de *M. esculenta* CM 7395, CMC 40, Ibacaba, Yuca de Mico roja, Abeja, Yuca de Garza y Abiyu.

Estos datos de colonización de la planta corroboran los obtenidos para infestación y sugieren que los tres genotipos silvestres evaluados podrían ser propuestos para evaluaciones posteriores.

Esta prueba de comparación determinó que hay diferencias significativas para la variable daño debidas en gran parte al genotipo de *M. flabellifolia* estudiado (MFLA

444-002) el cual difiere de todos los genotipos de *M. esculenta*, pero no alcanza a diferir de los dos genotipos de *M. peruviana*: MPER 417-003 y MPER 417-005.

Aunque no existen diferencias significativas entre los dos genotipos de *M. peruviana* evaluados, estos si difieren de los genotipos de *M. esculenta*, inclusive de los domesticados. Por otra parte, dentro de los genotipos de *M. esculenta* estudiados no existen diferencias significativas entre las variedades cultivadas MECU 72 y CMC 40, ni entre estos y el híbrido de Santander de Quilichao CM7395. Pero si existen diferencias significativas entre las dos variedades cultivadas y algunos genotipos domesticados de Vaupés: Yuca de Mico roja, Abeja, Yuca de Piña y Abiyu.

Es importante tener en cuenta que aunque los datos obtenidos para daño en los genotipos silvestres evaluados los clasificaron como resistentes, los datos de Infestación dejan ver que más que resistencia, algún nivel de tolerancia está presente en estos; sería recomendable realizar evaluaciones más detalladas.

4.2.2. Resultados y discusión para PIOJO HARINOSO:

La escala de daño para esta plaga contempla principalmente síntomas en la hoja (encrespamiento y amarillamiento), en el cogollo (agrupamiento de hojas en forma de repollo) y en el tallo. Estos síntomas se pueden observar en la Figura 27.



A



B



C



D



E



F



G



H

Figura 27. Grado de daño en genotipos de *Manihot* infestados con *P. herreni* a los 60 días: A y B) CM7395 con grado de daño 5. C y D) CMC 40 con grado de daño 6. E) MPER 417-003 con grado de daño 2.3. F y G) MFLA 444-002 con grado de daño 3.6. H) MPER 417-005 con grado de daño 4.6

Los valores de infestación obtenidos para esta plaga (Figura 28) se pueden establecer en dos grupos:

Un grupo conformado por los genotipos MPER 417-003, MFLA 444-002 y el híbrido CM7395 con niveles de infestación entre 2 y 3 lo cual los clasifica como resistentes.

Los demás genotipos presentaron altos grados de infestación, presentándolos como descartables. En el caso de MPER 417-005, con el grado de infestación que presenta se podría asumir como susceptible a esta plaga.

TABLA 23. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *P. herreni*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	40 DIAS	50 DIAS	60 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	1.66	2	2.33	2.66	2.66	2.66
	CM 7395	1.33	1.33	1.66	2.33	2.33	3
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	2	2.33	3.33	4.33	4.33	5
	CMC 40	2.33	3.33	3.33	5.33	6	6
	MPER 417-003	1.66	1.66	1.66	2	2.33	2.66
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-005	3	3.33	3.66	3.66	4.33	5
	IBACABA	2.33	2.33	3	3.33	5	6
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	YUCA DE MICO ROJA	1.66	2.66	3.66	4	4.66	6
	ABEJA	1.66	2.33	3	3.66	4.66	5.66
	YUCA DE GARZA	1.66	2.66	3.66	5	5.66	5.66
	YUCA DE PIÑA	1.66	2	3.33	3.66	5.33	6
	ABIYU	2.33	3.66	4	4.66	5.33	6

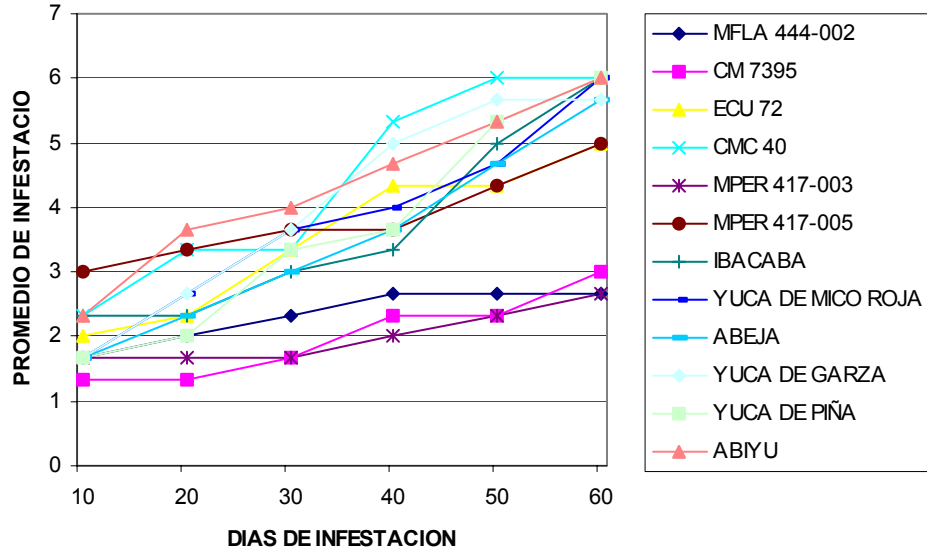


Figura 28. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot sp.* infestados con *P. herreni* en 60 días de muestreo.

En el análisis de los porcentajes de hojas infestadas (Figura 29) para esta plaga se corrobora la descartabilidad del genotipo MPER 417-005 por su alto nivel de colonización de la plaga (100% de hojas infestadas).

Para piojo harinoso *P. herreni*, los genotipos MFLA 444-002 y MPER 417-003 presentan moderados niveles de daño pero altos niveles de infestación y colonización del 80% de hojas por parte de la plaga, lo cual sugiere algún grado de tolerancia y se recomiendan posteriores evaluaciones.

Para los demás genotipos su nivel de susceptibilidad a la plaga fue alto, lo cual los hace genotipos descartables para un programa de mejoramiento vegetal de yuca para resistencia a piojo harinoso.

TABLA 24. Promedios de porcentajes de Hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *P. herreni*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	40 DIAS	50 DIAS	60 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	19,45	43,28	64,10	68,33	70,55	79,27
	CM 7395	16,23	44,24	62,5	70,83	90,27	100
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	37,26	77,08	100	100	100	100
	CMC 40	57,16	81,81	100	100	100	100
	MPER 417-003	7,69	15,38	33,79	59,20	69,93	82,30
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-005	66,68	86,27	99,57	95,83	100	100
	IBACABA	35,56	43,33	97,91	100	100	100
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	YUCA DE MICO ROJA	29,76	46,93	100	100	100	100
	ABEJA	37,43	76,58	100	100	100	100
	YUCA DE GARZA	27,77	56,34	96,66	100	100	100
	YUCA DE PIÑA	52,27	97,22	97,22	97,22	100	100
	ABIYU	38,35	89,81	100	100	100	100

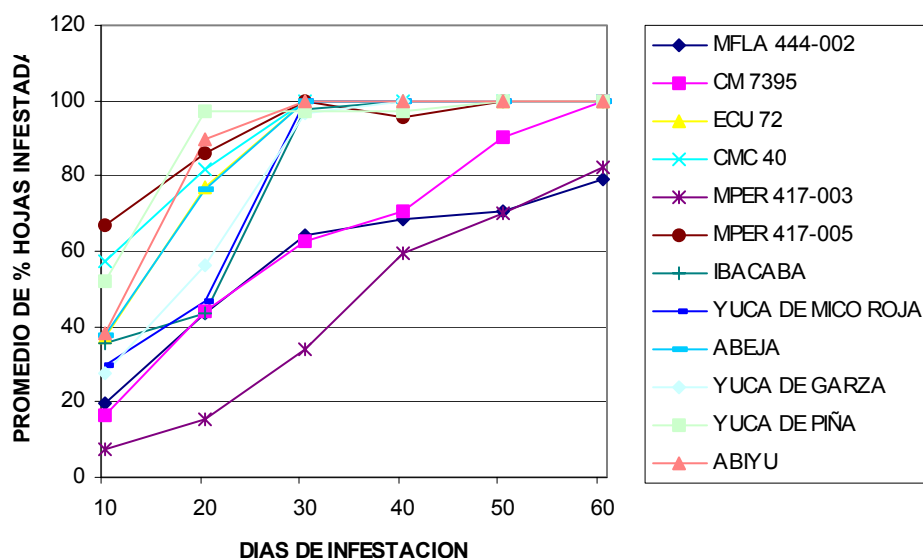


Figura 29. Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *P. herreni* en 60 días de muestreo.

En la Tabla 25 se muestran los valores de daño obtenidos para los distintos genotipos de *Manihot* infestados con *P. herreni*. Un análisis preliminar mostró que al igual que para ácaros, todos los genotipos de *M. esculenta* incluyendo los de

Vaupés fueron altamente susceptibles al ataque de esta plaga, mientras que el genotipo MPER 417-003 presentó los mas bajos niveles de daño (2.33) sugiriendo resistencia de este al daño ocasionado por los piojos.

No obstante, es importante destacar que MPER 417-005, a pesar de ser un genotipo de la misma especie que el anteriormente mencionado (*M. peruviana*), exhibió niveles relativamente altos de daño, lo que indica que pueden existir variaciones intraespecíficas además de las interespecíficas, por lo tanto sería recomendable evaluar más genotipos de esta especie.

El genotipo MFLA 444-002 para esta plaga presentó un grado casi intermedio de daño (3.66). Pero CM 7395 se encuentra en un grado de daño de 5, lo cual la hace susceptible. Esta diferencia entre el grado de daño y el de infestación cataloga a ese genotipo como altamente susceptible, pues muestra que con poca infestación el daño es considerable.

TABLA 25. Promedios de daño para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *P. herreni*.

ESPECIE	GENOTIPO	10 DIAS	20 DIAS	30 DIAS	40 DIAS	50 DIAS	60 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	1.33	2	3	3.33	3.66	3.66
	CM 7395	1.33	1.33	1.33	2.33	4	5
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	1.3	2.33	3.66	4	4	6
	CMC 40	1.33	2.33	3	5	6	6
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-003	1.6	1.66	1.66	2	2.33	2.33
	MPER 417-005	2.66	3.6	3.66	3.66	3.66	4.66
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	IBACABA	1.33	1.66	2	2.66	4.66	5.66
	YUCA DE MICO ROJA	1	1.66	2.66	3.66	5	6
	ABEJA	1.66	2.66	4	4	5.33	6
	YUCA DE GARZA	1.33	2	3	4	4.66	5
	YUCA DE PIÑA	1.33	2	3	4	4.66	5.66
	ABIYU	1.66	2.33	3.66	4	4.66	5.66

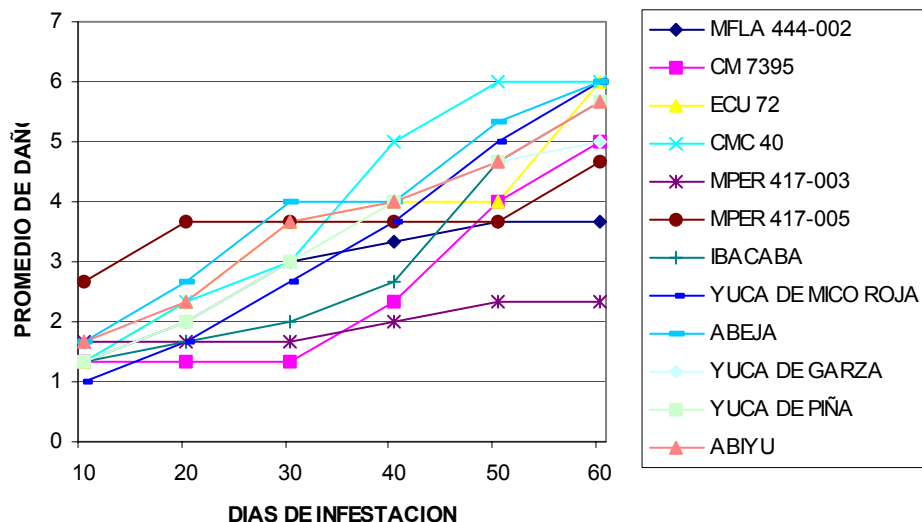


Figura 30. Promedios de daño para genotipos de *Manihot sp.* infestados con *P. herreni* en 60 días de muestreo.

Al realizar el análisis de varianza de una vía se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados para esta plaga en cuanto a nivel de daño, infestación y porcentajes de hojas infestadas.

$F_{(11,204)}=2.83$, $F_{(11,204)}=8.24$ y $F_{(11,204)}=4.415$, respectivamente, ($P<0.005$) para las tres variables.

El análisis de postanova determinó que para la variable daño:

MPER 417-003 presenta diferencias significativas con CMC40, MPER 417-005, Abeja y Abiyú, pero no con los demás genotipos. Así mismo se encontraron diferencias significativas entre los dos genotipos estudiados de la especie silvestre *M. peruviana*.

Para la variable infestación se encontró que MPER 417-003 tiene diferencias significativas con todos los genotipos evaluados a excepción de MFLA 444-002 y

con CM7395. Nuevamente existen diferencias entre los dos genotipos de *M. peruviana* estudiados.

Por último, para el porcentaje de hojas infestadas se encontró que el análisis de postanova para esta variable corroboró el de la variable de infestación al detectar diferencias significativas entre los mismos genotipos que mostró la variable anterior.

4.2.3. Resultados y discusión para MOSCA BLANCA:

Se tuvieron en cuenta las escalas de daño e infestación descrita en la metodología de esta investigación, para *A. socialis* (Arias 1995).

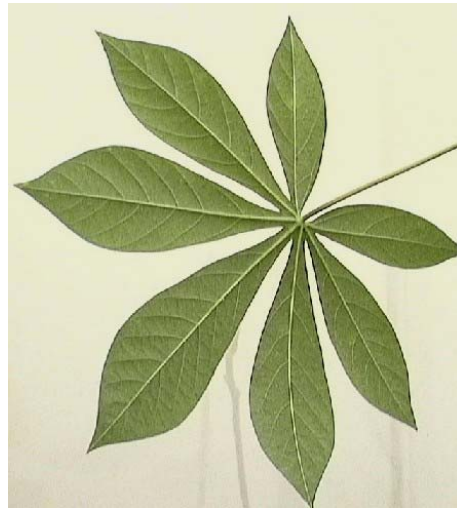
La escala de daño se basa principalmente en el estado de deterioro de las hojas, se tienen en cuenta aspectos como encrespamiento, presencia de moteado y fumagina, como se puede observar en las Figuras 31, 32 y 33.

En cuanto a los valores de infestación obtenidos para esta plaga se puede observar en la Figura 34 que para esta variable se formaron tres grupos de la siguiente forma:

Uno conformado por los tres genotipos silvestres MPER 417-003, MPER 417-005 y MFLA 444-002, con un promedio de infestación en la escala de 1 que corresponde a un nivel alto de resistencia. Un segundo grupo correspondiente a MECU 72, Nupará y Flores con un promedio de infestación en la escala entre 3 y 4 que comprende a un nivel medio de resistencia y finalmente un tercero conformado por CMC 40 y CM 7395 con un alto nivel de susceptibilidad.



A



B



C



D

Figura 31. Grado de daño en genotipos de *Manihot* infestados con *A. socialis* a los 55 días catalogados como resistentes: A y B) MPER 417-003 con grado de daño 1 y de infestación 1.3.
C y D) MPER 417-005 con grado de daño 1 y de infestación 1.6.



A



B



C



D



E



F

Figura 32. Grado de daño en genotipos de *Manihot* infestados con *A. socialis* a los 55 días catalogados como susceptibles: A y B) CM 7395 con grado de daño 5.3 y de infestación 5.3. C y D) CMC 40 con grado de daño 6 y de infestación 5.3. E y F) FLORES con grado de daño 5.3 y de infestación 4.



A



B



C



D

Figura 33. Grado de daño en genotipos de *Manihot* infestados con *A. socialis* a los 55 días catalogados como tolerantes: A y B) ECU 72 con grado de daño 1 y de infestación 3. C y D) NUPARA con grado de daño 2 y de infestación 3.

TABLA 26. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *A. socialis*.

ESPECIE	GENOTIPO	5 DIAS	15 DIAS	25 DIAS	35 DIAS	45 DIAS	55 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	1	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
<i>M. esculenta</i>	CM 7395	1	1.33	3.66	4.33	4.66	5.33
	ECU 72	1	1.33	2.33	2.66	2.66	3
	CMC 40	2	2	3.33	4.33	5	6
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-003	1	1	1	1	1.33	1.33
	MPER 417-005	1	1.33	1.33	1.33	1.33	1.66
M. esculenta (Domesticadas de Vaupés)	NUPARA	1.33	1.33	2	3	3	3
	FLORES	1.66	2	2.66	3.66	4.33	4

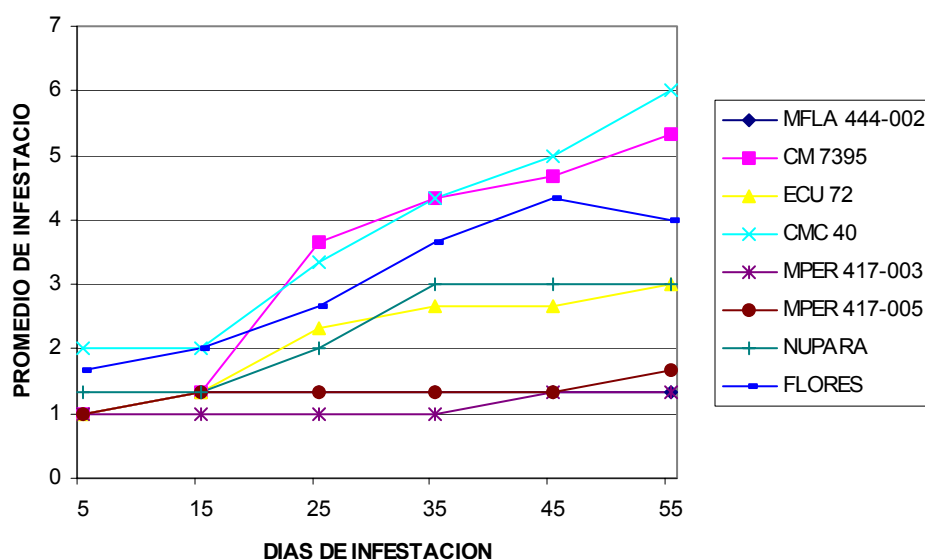


Figura 34. Promedios de infestación para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *A. socialis* en 55 días de muestreo.

Los datos obtenidos para esta plaga en cuanto a porcentajes de hojas infestadas corroboraron lo encontrado mediante la escala de infestación, con lo cual se puede sugerir que para mosca blanca los genotipos silvestres estudiados presentan algún grado de resistencia, ECU 72 y Nupará, presentan tolerancia, pues poseen resistencia a nivel de daño pero un nivel medio para infestación y un porcentaje relativamente alto de colonización de *A. socialis*. Esto es consecuente

con el reporte de Bellotti & Vargas (1986), los cuales proponen a ECU 72 como un genotipo tolerante a *A. socialis*.

Los genotipos CMC 40, CM 7395 y Flores presentaron altos niveles de susceptibilidad y se podrían descartar, sin posteriores evaluaciones. Este resultado concuerda con lo esperado para CMC 40, genotipo sobre el cual se ha establecido mejor la colonia de *A. socialis* mantenida en CIAT.

TABLA 27. Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *A. socialis*.

ESPECIE	GENOTIPO	5 DIAS	15 DIAS	25 DIAS	35 DIAS	45 DIAS	55 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	0	2.56	2.38	4.76	7.14	7.69
	CM 7395	0	2.22	30.39	51.33	68.57	88.88
<i>M. esculenta</i>	ECU 72	0	2.22	18.80	24.35	28.58	36.15
	CMC 40	10.68	10.68	34.18	71.79	84.41	100
	MPER 417-003	0	0	0	0	2.77	6.66
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-005	0	4.76	7.40	7.40	4.16	4.16
	M. esculenta	NUPARA	6.06	3.03	27.42	40.15	36.98
(Domesticadas de Vaupés)	FLORES	7.87	18.24	41.94	59.16	81.29	86.77

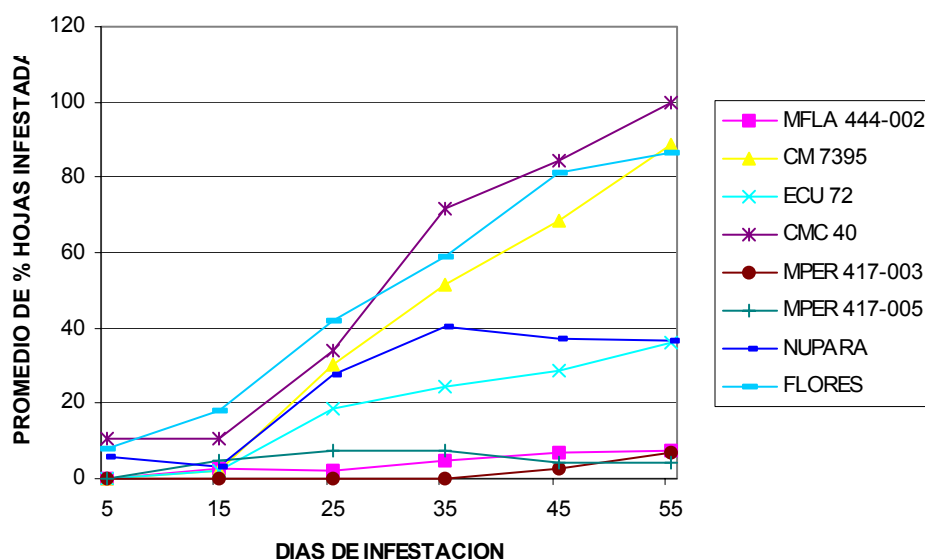


Figura 35. Promedios de porcentajes de hojas infestadas para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *A. socialis* en 55 días de muestreo.

En la Tabla 28 se observan los valores de daño obtenidos para los distintos genotipos de *Manihot* infestados con *A. socialis*. Un análisis preliminar (Figura 31) puede establecer dos grupos para esta variable:

Uno formado por las especies silvestres (MPER 417-003, MPER 417-005 y MFLA 444-002), Nupará y ECU 72 con un daño en escala de menos de 2 que corresponde a resistencia, y un segundo grupo formado por CMC 40, Flores y el híbrido CM7395 con valores de daño en la escala entre 5 y 6 lo que los clasifica como descartables según el daño, para resistencia a la mosca blanca, *A. Socialis*.

TABLA 28. Promedios de daño para genotipos de *Manihot* sp. infestados con *A. socialis*.

ESPECIE	GENOTIPO	5 DIAS	15 DIAS	25 DIAS	35 DIAS	45 DIAS	55 DIAS
M. flabellifolia	MFLA 444-002	1	1	1	1	1	1
<i>M. esculenta</i>	CM 7395	1	1	2.66	4.66	5	5.33
	ECU 72	1	1	1	1	1	1
	CMC 40	1	1	4	5.33	5.33	6
<i>M. peruviana</i>	MPER 417-003	1	1	1	1	1	1
	MPER 417-005	1	1	1	1	1	1
<i>M. esculenta</i> (Domesticadas de Vaupés)	NUPARA	1	1	1.33	1.33	1.66	2
	FLORES	1	1	3.66	4	4.33	5.33

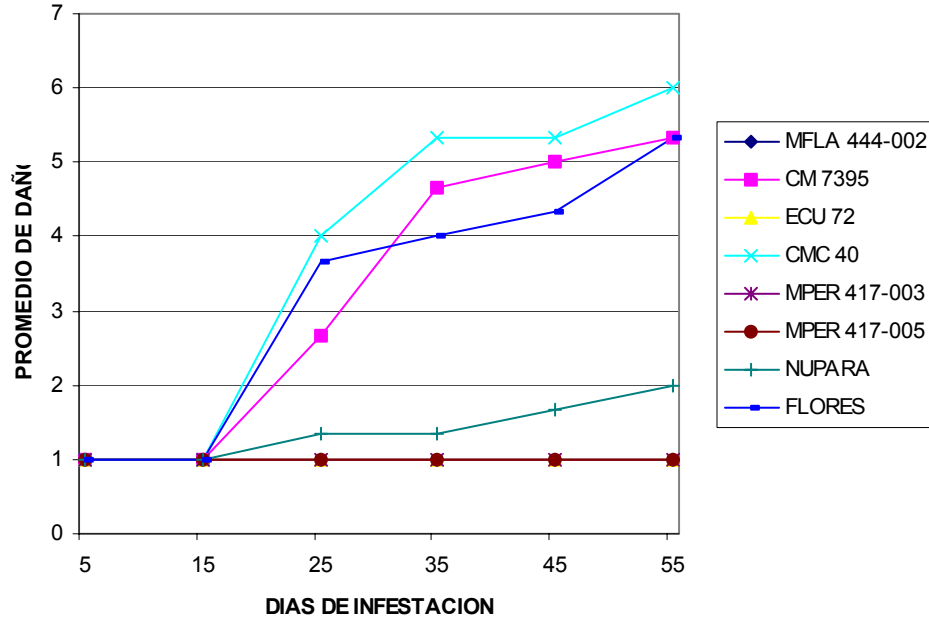


Figura 36. Promedios de daño para genotipos de *Manihot sp.* infestados con *A. socialis* en 55 días de muestreo.

Al realizar un análisis comparativo se encontró que existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados con respecto a las tres variables (daño, infestación y porcentaje de hojas infestadas) ($F_{(7,136)} = 19.54$, $F_{(7,136)} = 12.3$ y $F_{(7,136)} = 17.12$, respectivamente; $P < 0.005$, para las tres variables).

El análisis de postanova para la variable daño mostró que entre los tres genotipos silvestres estudiados (MFLA 444-002, MPER 417-003 y MPER 417-005), no se presentaron diferencias significativas, pero sí entre ellos y la mayoría de genotipos de *M. esculenta*. MFLA 444-002 difirió significativamente de CM 7395, CMC40, y Flores. Los dos genotipos de *M. peruviana* no difirieron entre sí, pero ambos sí difirieron de CM 7395, CMC 40 y Flores.

MECU73 no difirió de ninguno de los genotipos silvestres, pero sí de CMC 40, CM 7395 y Flores. CM 7395 además de diferir de las silvestres y de MECU72, también difirió de Nupará.

Para la variable infestación tampoco se encontraron diferencias significativas entre los genotipos silvestres estudiados, pero sí entre estos y ECU 72 y Nupará.

Tampoco se presentaron diferencias significativas entre los genotipos de *M. esculenta* estudiados, pero sí entre estos y los genotipos silvestres.

Para el porcentaje de hojas infestadas el análisis de postanova determinó que al igual que para infestación, existen diferencias significativas entre:

Los genotipos silvestres y los genotipos de *M. esculenta*.

Los tres genotipos silvestres no se presentaron diferencias significativas entre sí, al igual que entre los cinco genotipos de *M. esculenta* estudiados.

En términos generales, se presentaron diferencias entre los genotipos de *Manihot esculenta* y sus parientes silvestres evaluados en este estudio, con respecto a la resistencia natural a las tres plagas estudiadas.

Estas diferencias podrían ser explicadas filogenéticamente por el concepto de acervos genéticos mencionados en la discusión de la fase I de esta investigación.

Roa (1997) encontró que tanto por métodos de diferenciación morfológica como molecular, se evidencia una estrecha cercanía entre las poblaciones silvestres brasileras *M. esculenta* ssp. *flabellifolia*, *M. esculenta* ssp. *peruviana* y los cultivares de *M. esculenta*. Así mismo, propuso que estas dos especies poseen una mayor proporción de diversidad genética con respecto a las poblaciones que estudió de *M. esculenta*. Esta diversidad genética podría proveerle a las especies

silvestres una mayor capacidad de defensa contra las plagas de cultivo lo cual sería consecuente con lo encontrado en el presente estudio.

Para el caso del híbrido CM 7395, también evaluado en esta investigación, es importante aclarar que este proviene de un cruce entre dos genotipos de *M. esculenta*: MCOL 1505 (proporcionado por el ICA) y MCOL 2253 (colectado en Magdalena en bosque semi-húmedo pantanoso, en estado silvestre). El comportamiento encontrado para este híbrido frente a la resistencia a las plagas estudiadas, estuvo mas cercano al de las especies de *M. esculenta* evaluadas, que al de las especies silvestres, presentando niveles altos de susceptibilidad a las tres plagas.

Indudablemente, se requieren mayores estudios sobre los mecanismos de resistencia que estarían involucrados en el comportamiento de los genotipos evaluados, para así, poder dilucidar a qué factor o factores responden estas diferencias encontradas.

Por otro lado, desde el punto de vista fisiológico y en especial con relación al contenido de HCN de los diferentes genotipos evaluados en esta investigación es importante mencionar que todos los cultivares de yuca contienen los glucósidos cianogénicos, linamarina y lotaustralina, los cuales son hidrolizados a ácido cianhídrico (HCN) por linamarasa endógena cuando el tejido es dañado (Conn, 1969). Limanarina es el glucósido cianogénico el cual es hidrolizado para crear HCN, mientras lotaustralina casi no juega ningún rol en la producción de HCN (Wilson 1997). Las condiciones medio ambientales bajo las cuales la yuca crece influye los flujos de linamarina en la raíz; niveles altos de estrés en la planta aumentan los niveles de linamarina (Bruijn, 1973; El-Sharkawy, 1993, citados por

Wilson 1997). Dependiendo los niveles de estos componentes secundarios en el parénquima de la planta, los cultivares de yuca son generalmente descritos como dulces o amargas. El parénquima de cultivares de yuca dulce contienen menos de 100mg/Kg de HCN en raíces frescas descortezadas, mientras que el parénquima de cultivares de yuca amarga contienen igual o mayor que 100mg/Kg de HCN en raíces frescas descortezadas (Dufour 1993). El cianógeno es tóxico para casi todas las formas de vida (Singh et al 1986 citado por Wilson 1997). Este componente es conocido por tener una poderosa acción en los tejidos por su rápida absorción y circulación en el plasma sanguíneo (Ballantyne et al 1973, citado por Wilson 1997). Una hipótesis propone que este glucósido cianogénico en yuca actúa como una defensa química de la planta, haciendo la yuca amarga más resistente a plagas y patógenos (Sadik y Hahn, 1973; Bernays et al 1977; Schaefers 1977, citados por Wilson 1997).

Bajo este precepto, cabría esperar que los genotipos de Vaupés evaluados en el presente estudio, presentaran algún nivel de resistencia a las plagas evaluadas, ya que todos estos genotipos poseen altos niveles de HCN (Llano et al 2001).

Pero la realidad fue otra. Para analizar este aspecto es necesario tener en cuenta que la estabilidad en los rendimientos a través del tiempo en un ecosistema dado, depende no solo de las presiones a las diferentes plagas y enfermedades en el ecosistema, sino también de la capacidad genética de los clones de la yuca para resistir a estas presiones. Debido a la selección regional aplicada al cultivo de la yuca desde milenios y a que los clones han sido perpetuados vegetativamente, existe una gran interacción genotipo-ecosistema. Por ejemplo, Restrepo (2000) encontró que las cenizas que quedan después del corte y quema que practican los

indígenas amazónicas en sus parcelas, aportan nutrientes importantes para el desarrollo del cultivo de yuca, como lo son, el fósforo y el potasio; según ensayos realizados en los invernaderos de CIAT, las plantas a las que se les aplicaron altos niveles de potasio, fueron menos susceptibles a la pudrición por el hongo *Phytophthora* sp.

Un clon que muestra buena adaptación y tolerancia en un ecosistema dado, puede ser severamente afectado por las plagas y enfermedades existentes en otro ecosistema diferente cuando es introducido. Consecuentemente en un ecosistema dado se debe preferir la utilización de los mejores clones regionales sobre los introducidos; las introducciones deben hacerse específicamente para mejorar genéticamente los clones regionales más promisorios o porque proceden de ecosistemas similares, con iguales plagas y enfermedades. Además, con respecto al contenido de HCN de los genotipos de yuca y su rol en la protección contra las plagas y enfermedades, nuestro entendimiento del papel de los glucósidos cianogénicos en yuca es pobre. Este factor puede tener nada que ver con los niveles de resistencia que presentan estas plantas, mas bien, estos pueden deberse a alguna otra propiedad intrínseca de la yuca amarga como la presencia de taninos (Wilson 1997) o vellosidades en nudos apicales (Bellotti et al 1985 citado por Wilson 1997), ambos pueden ser los que detengan a los insectos plaga. Desde el punto de vista genético, la resistencia que se presenta en los genotipos de yuca y sus parientes silvestres es probablemente heredada multigenéticamente y de tipo horizontal o de campo. Investigaciones recientes indican que no hay inmunidad, excepto para *Spaceloma manihoticola*. Existe resistencia a la mayoría

de los insectos y enfermedades a niveles bajos e intermedios (Bellotti & Kawano 1983) en los cultivares existentes.

La estabilidad de la resistencia horizontal es considerada mayor que la resistencia vertical (Robinson, 1976, citado por Bellotti & Kawano 1983) y acarrea menos riesgo para el desarrollo de biotipos (Pimentel & Bellotti 1976, citado por Bellotti & Kawano 1983,). Dada la naturaleza del cultivo de la yuca, su habilidad para resistir épocas de sequía y su rápida recuperación del daño causado por insectos (CIAT 1976, citado por Bellotti & Kawano 1983) y su alto nivel de daño económico, la resistencia horizontal basada en numerosos genes, debería ser adecuada para mantener las poblaciones de insectos a un nivel de daño económico muy bajo.

El germoplasma es evaluado para determinar resistencia a diferentes plagas y para identificar y seleccionar poblaciones resistentes. Posiblemente altos niveles de resistencia no pueden encontrarse en una sola variedad. Si diferentes genes aditivos están involucrados, cruces entre genotipos pueden incrementar el nivel de resistencia. Una vez que la resistencia ha sido identificada para diferentes plagas, los genotipos pueden ser cruzados entre sí, para un aumento de resistencia si es necesaria.

Naturalmente, este tipo de programa requiere un equipo multidisciplinario en el que toman parte el entomólogo y el fitomejorador además del patólogo, puesto que resistencia a enfermedades también es requerida para la liberación de un material comercial.

Por ultimo, el sistema de siembra en el cual la yuca va a ser cultivada puede determinar el nivel de resistencia necesario. Algunos estudios muestran que las poblaciones de insectos son reducidas cuando la yuca se cultiva por sistemas de cultivos múltiples, o en asociación con otros cultivos, tales como frijol. Si una variedad de yuca esta siendo desarrollada para un sistema de cultivos intercalados, los niveles de resistencia necesitados pueden ser menores (Bellotti & Kawano 1983).

5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES:

- Los métodos de enraizamiento más viables para los genotipos evaluados son: suelo-arena en una proporción de 3:1, arena de pega y cascarilla de arroz.
- Los genotipos que presentaron mejores porcentajes de germinación y promedios de sobrevivencia en los métodos de enraizamiento anteriormente mencionados fueron: un genotipo de *M. carthaginensis* (MCTH 37-8), uno de *M. peruviana* (240-3) y otro de *M. flabellifolia* (MFLA 444-003). Todos estos presentaron 100% de germinación y promedios de sobrevivencia mayores a 0.7 en estos métodos.
- El material vegetal de Vaupés presentó altos porcentajes de germinación y muy buenos promedios de sobrevivencia, a excepción de un solo genotipo (Wasoco) que tuvo una sobrevivencia de menos de la mitad de plantas vivas de las sembradas.
- De los materiales de Santander de Quilichao, solo los pertenecientes a la especie *M. esculenta* presentaron una buena adaptación a la siembra en invernadero.
- Se encontró una buena sobrevivencia para todos los materiales del banco de Germoplasma del CIAT, excepto para MPER 413-003.
- Los tres genotipos silvestres evaluados con respecto a *M. tanajoa* (MFLA 444-002, MPER 417-003 y MPER 417-005) presentaron al menos tolerancia para esta plaga, y se recomienda evaluaciones posteriores para estos. Los demás genotipos pueden ser descartados.

- Para Piojo Harinoso se encontró que los genotipos MPER 417-003 MFLA 444-002 presentan moderados niveles de tolerancia y se recomiendan para evaluaciones posteriores.
- En el caso de Mosca Blanca, se encontró que tres genotipos silvestres (MPER 417-003, MPER 417-005 y MFLA 444-002), fueron altamente resistentes a nivel de daño e infestación para esta plaga, además los genotipos MECU 72 y Nupará presentaron niveles concordantes con tolerancia. Los demás genotipos evaluados (Flores, CMC 40, CM 7395) fueron altamente susceptibles por lo que se descartan para un programa de mejoramiento.

Existen en la literatura muy pocos estudios que involucren la especie *M. brachyloba*, presente en las zonas húmedas hacia el norte de América del Sur. Sin embargo Albuquerque (1977) ha reportado esta especie como resistente al piojo harinoso (*P. herreni*), por lo cual sería conveniente y recomendable iniciar estudios con esta especie.

Es necesario aumentar la base genética de los cultivos y conservación de germoplasma; aparte de la recolección de material para banco de genes, es necesario evaluar los materiales y sus tolerancias o resistencia. Debe recordarse que en muchas zonas donde se hicieron las primeras recolecciones de material silvestre hoy ya no se lo encuentra.

Áreas naturales protegidas tales como parques nacionales en donde especies de *Manihot* silvestres son amenazadas, pueden ser importantes también en la preservación del germoplasma. El mantenimiento de sitios naturales provee seguridad ante la frecuente difícil tarea de conservar especies silvestres en cultivo,

y en esto se pueden preservar enormes pool de genes. Las áreas protegidas deben complementar, no sustituir, la colección y preservación de estos materiales en depósitos de germoplasma donde estos son aprovechables para trabajos de mejoramiento e intercambio.

El conocimiento científico, relacionado con las plantas de importancia económica, tradicionalmente ha sido reconocido solamente por los técnicos e investigadores de altos grados académicos. Sin embargo es invaluable el conocimiento de numerosas plantas que tienen los indígenas precolombinos. Este conocimiento abarca tanto el medio propicio para desarrollarse, como de las prácticas agrícolas que posibiliten buenos rendimientos (de acuerdo a la potencialidad de las tierras), y aun adaptaciones genéticas.

Desafortunadamente los científicos muy poco han hecho por aprovechar estos conocimientos involucrándolos en planes de investigación. Hasta ahora ese papel ha sido limitado a las ciencias sociales, especialmente a los antropólogos.

El conocimiento de las bases ecológicas de las interacciones entre insectos y plantas pueden contribuir para una mejor utilización de los mecanismos de resistencia en programas de control integrado de plagas. Si la suposición de Levins & Wilson (1980) es válida en el ámbito general de la entomología agrícola, la aplicación de la teoría ecológica en el campo del mejoramiento de resistencia varietal puede servir de modelo de integración entre la teoría y la práctica. La utilización de la resistencia varietal es un método ideal en el control de integrado de plagas. Si con la resistencia sola no es suficiente para controlar una plaga esta se puede integrar con los controles biológico, cultural y químico.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

ALBUQUERQUE, M. D. 1977 Mealy bug attack on cassava in Amazonia. En: Proc. Fourth Symp. Intern. Soc. Trop. Root Crops, Cali, Colombia. 1976. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. p. 207

ALLEM, A. C. 1987. *Manihot esculenta* is a native of the neotropics. Plant Genetic Resources News Letter 71: 22-24. FAO/IBPGR.

ALLEM, A. C. 1993. Collection of wild strains of cassava in Brazil. Second Progress Report. IPGRI and CENARGEN/EMBRAPA, Brasilia. 13 p.

ALLEM, A. C. 1994a . The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). Genetic Resources and Crop Evolution 41: 133 – 150.

ALLEM, A. C. 1994b. *Manihot* germplasm collecting priorities. Report of the First Meeting Resources. International Plant Genetic Resources Institute, International Crop Network Series. No 10, Rome. Pp. 87 0 110.

ALLEM, A. C. 1995. Collection of wild strains of cassava in Brazil: Fourth (final) progress report. IPGRI and CENARGEN/EMBRAPA, Brasilia. 25 p.

ANDERSON, R. 1988. Evaluation of germoplasm of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for resistance to mealy bugs (*Phenacoccus herreni* Cox & Williams). Tesis doctoral, Cornell University. EEUU.

ARGUELLO, H. O. 1988. Prácticas agrícolas y consecuencias genéticas que permitieron una mejor adaptación de los indígenas a la Amazonía Colombiana. Agronomía Colombiana 5: 86-96.

ARIAS, B. 1995. Estudio sobre el comportamiento de la “Mosca Blanca” *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) en diferentes clones de yuca *Manihot esculenta* Crantz. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. Palmira-Colombia.

ARIAS, B. & GUERRERO, J. M. 2000. Control de plagas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por resistencia varietal. Sociedad Colombiana de Entomología

SOCOLEN. Memorias XXVII Congreso Medellín - Colombia, Julio 26-28 de 2000. Pp. 243-259.

BACA, A. E. 1991. Evaluación y mejoramiento de las técnicas para micropropagar y conservar germoplasma de especies silvestres de yuca (*Manihot* sp.). Tesis de Biología - Botánica. Cali-Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias.

BELLOTTI, A. C. 1983. Control integrado de plagas de la yuca. En REYES, J. A. (Ed) Yuca: Control integrado de plagas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. Pp 249-264.

BELLOTTI, A. C. 2000. Las plagas principales del cultivo de la yuca: un panorama global. Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN memorias XXVII congreso Medellín, Colombia, Julio 26-28 de 2000. Pp 189-217.

BELLOTTI, A. C., GUERRERO, J. M. 1977. Resistencia varietal en yuca contra los ácaros *Tetranychus urticae* y *Mononychellus tanajoa*. Revista Colombiana de Entomología 3: 87-90.

BELLOTTI, A. C., KAWANO, K. 1983. Mejoramiento para resistencia varietal en el cultivo de la yuca. En: Domínguez, C. Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp. 171- 193.

BELLOTTI, A. C., VARGAS, O. 1986. Mosca Blanca del cultivo de yuca: Biología y Control. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 34 p. Serie: 04SC-04.05

BELLOTTI, A. C. REYES, J. A., GUERRERO, J. M., FERNÁNDEZ, F. 1983. Ácaros presentes en el cultivo de la yuca y su control. En: Domínguez, C. Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp 283-303.

BELLOTTI, A. C., REYES, J. A., VARELA, A. M. 1993. Observaciones de los piojos harinosos de la yuca en las Américas; su biología, ecología y enemigos naturales. En Domínguez, C. Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp 313-337.

BELLOTTI, A. C., BRAUN, A. R., ARIAS, B., CASTILLO, J. A. & GUERRERO, J.M. 1994. Origin and management of neotropical cassava arthropod pests. *African Crop Science Journal*. 2(4): 407-417.

BRAUN, A. R., ALVAREZ, J. M., CUELLAR, M. E., DUQUE, M. C., ESCOBAR, J. R., FRANCO, C., GAIGL, A., GUERRERO, J. M., LENIS, J. I., MELO, E. L., MESA, C., ZÚÑIGA, R. 1993. Inventario de ácaros fitófagos y sus enemigos naturales en el cultivo de la yuca en Ecuador. Pp. 1-51. En: Braun, R. Bases fundamentales para investigación sobre los ácaros plagas y sus enemigos naturales en el Ecuador. CIAT, Cali-Colombia.

CARDONA, C. 1989. Selección para resistencia a insectos. Manejo de la plaga y metodología de evaluación y selección. Pp. 78-83. En: Dessert, M. ed. Taller Regional de Mejoramiento de Fríjol (El Manejo Practico de Programas de Mejoramiento Genético), Jutiapa, Guatemala. Trabajos presentados. San José, Costa Rica, Programa Cooperativo Regional de Fríjol de Centroamérica, México y El Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Documento no.89-3.

CASTILLO, J. A. 1985. Informe de las investigaciones realizadas por el CIAT entre 1976 y 1985 sobre *Phenacoccus gossypii* y *P. herreni* dos especies de piojos harinosos plagas en los cultivos de yuca, proyectos futuros. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 18 pp.

CASTILLO, R. 1992. Etnobotánica de Tenchonquelite (*Manihot* sp.) en el sureste del estado de México. Tesis de Ingeniería Agrónoma., Universidad Autónoma de Chapingo, México

COCK, J. H. 1985. Cassava; New potential for a neglected crop. Boulder: Westview Press, 191 pp.

COCK, J. H. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. CIAT, Cali, Colombia.

COCK, J. H., WHOLEY, D., LOZANO, J. C., TORO, J. C. 1967. Sistema rápido de propagación de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT Cali, Colombia. Series ES-20.12p.

DE CANDOLLE, A. 1967. Origenes of cultivates plants. Hafner Publishing Company (ed.), N.Y.

DUFOUR, D. L. 1986. Uso de la selva tropical por los indígenas Tukano del Vaupés. Universidad de Colorado, Boulder. EEUU. 10 p.

FALCON, L. A. & SMITH, R. F. 1983. El concepto de control integrado de plagas. En: Reyes, J. A. (Ed) Yuca: Control integrado de plagas. CIAT, Cali, Colombia. Pp 15-32.

FAO Y FIDA. 2000. La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. FAO Y FIDA, Roma.

GULICK, P., HERSHEY, C., ESQUINAS, J. 1983. Genetic resources of cassava and wild relatives. Roma, IBPGR secretariat, 56 P.

HERSHEY, C., AMAYA, A. 1983. Germoplasma de yuca: evolución, distribución y colección. En Domínguez, C. Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp 77-89.

HOWELER, R. H. 1986. Los suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical en Palmira, Colombia. Documento de Trabajo No.16. 60 p.

JENNINGS, D. L. 1995. Cassava *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae). Pp 128-132. En: Smartt, J., Simmonds, N. Evolution of crop plants. Second edition. Longman Scientific & Technical, EEUU.

KOGAN, M. 1983. Principios de la relación insecto planta y su aplicación en la resistencia varietal. En: Dominguez, C. Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp 33-44.

KOGAN, M., ORTHMAN, E. T. 1978. Antixenosis - - A new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. ESA Bulletin 24: 175- 176.

LENIS, J. I., BRAUN, R., MESA, N., DUQUE, MYRIAM. 1993. Uso de escalas para la estimación de poblaciones de ácaros Tetranychidae en cultivos de yuca. Pp 139-172. En: Braun, R. Bases fundamentales para investigación sobre los ácaros plagas y sus enemigos naturales en el Ecuador. CIAT, Cali-Colombia.

LEON, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Segunda edición. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. 445 P. (Colección libros y materiales educativos / IICA; no. 84).

LEVINS, R., WILSON, M. 1980. Ecological theory and pest management. Ann. Rev. Entomol. 25: 287-308ñ

LLANO, G. A., ALVAREZ, E., LOKE, J., MADRIÑAN, R., RESTREPO, J. A., MORA, J. R. 2002. Evaluación de la adaptación de variedades de yuca con resistencia a *Phytophthora* sp., mediante investigación participativa en comunidades indígenas de Mitú (Vaupes, Colombia). Acta Agronómica 51: 31-39.

LOBO, M. 2000. Importancia de la biodiversidad en el desarrollo de variedades de plantas resistentes a insectos plagas. Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN memorias XXVII congreso Medellín, Colombia, Julio 26-28 de 2000. Pp 1-12.

MESA, N. & LENIS, J. I. 1993. Características taxonómicas de importancia de la familia Tetranychidae. 52-77. En: Braun, R. Bases fundamentales para investigación sobre los ácaros plagas y sus enemigos naturales en el Ecuador. CIAT, Cali-Colombia.

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

PANDA, N. & KHUSH, G. S. 1995. Host plant resistance to insects. International Rice Research Institute, Philippines. Pp 431.

Panel: Biodiversidad, el rol de los recursos genéticos. 1993. En: Primer Curso Taller de actualización sobre legumbres, Modulo IV: biodiversidad, producción y propiedad. 25 al 29 de octubre de 1993. Buenos Aires, Argentina.

RESTREPO, J. A. 2000. Evaluación de algunas variedades de yuca *Manihot esculenta* Krantz a las condiciones ambientales de Mitú-Monfort mediante investigación participativa. Tesis Ingeniería Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. 95 p.

ROA, A. C. 1997. Estimación de la diversidad genética en *Manihot* sp. mediante marcadores moleculares. Tesis de magíster en Ciencias, Biología. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

ROGERS, D. J., APPAN, S.G. 1973. *Manihot, Manihotoides* (Euphorbiaceae), Flora Neotropica, Monograph No 13. New York, Hafner Press.

SMITH, C. M. 1989. Plant resistance to insects: A fundamental approach. Jhon Wiley and Sons, New York. Pp. 286.

TINGEY, W. 1986. Techniques for evaluating plant resistance to insects. 251-284. En: Miller, J. R. & Miller, T. A. 1986. Insect-Plant interactions. Springer-Verlag, New York Inc. EEUU.

TORO, J. C., ROCA, W., COCK, J. H. 1983. Métodos de multiplicación acelerada de material genético promisorio de yuca *Manihot esculenta* Crantz. En: Domínguez, C. (Comp.) Yuca: Investigación, producción y utilización. CIAT, Cali, Colombia. Pp 147-152.

WILSON, W. 1997. Why bitter cassava (*Manihot esculenta* Crantz)? Productivity and perception of cassava in a Tukanoan Indian settlement in the Northwest Amazon. Tesis de Ph.D., University of Colorado, EEUU. 205 p.