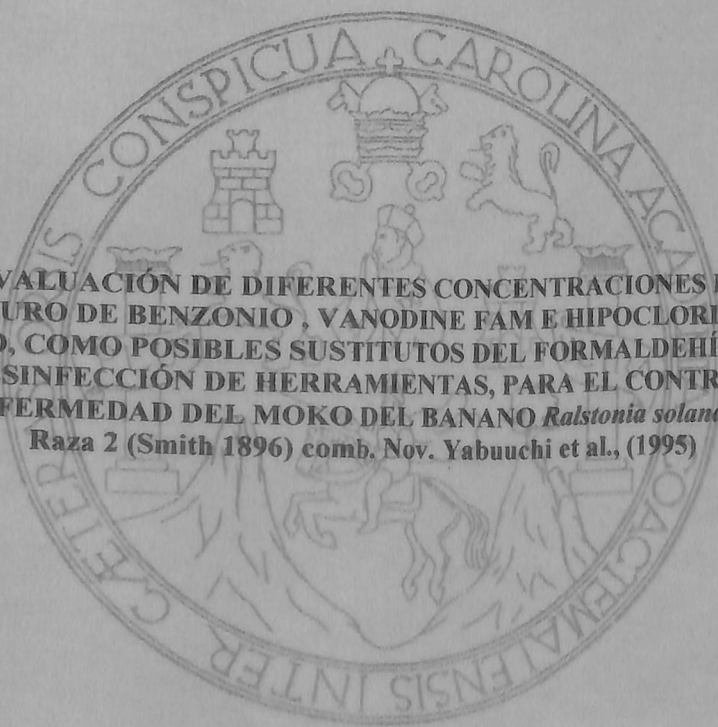


T-01984

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



**EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE BENZONIO, VANODINE FAM E HIPOCLORITO DE SODIO, COMO POSIBLES SUSTITUTOS DEL FORMALDEHÍDO EN LA DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS, PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO DEL BANANO *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi et al., (1995)**

**JULIO CESAR ARGUETA MEDRANO**

Guatemala, noviembre de 2,001

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS



EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE BENZONIO , VANODINE FAM E HIPOCLORITO DE SODIO, COMO POSIBLES SUSTITUTOS DEL FORMALDEHÍDO EN LA DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS, PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO DEL BANANO *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi *et al.*, (1995)

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

POR:

JULIO CESAR ARGUETA MEDRANO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2001

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DECANO**

**Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA**

**VOCAL PRIMERO**

**Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO**

**VOCAL SEGUNDO**

**Ing. Agr. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ OVALLE**

**VOCAL TERCERO**

**Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ**

**VOCAL CUARTO**

**Prof. ABELARDO CAAL ICH**

**VOCAL QUINTO**

**Br. AXEL AURELIANO HERRERA PÉREZ**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. EDIL RODRÍGUEZ QUEZADA**

Guatemala, Octubre de 2001.

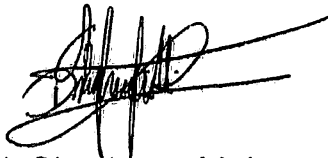
**Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala**

De conformidad con las normas establecidas por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE BENZONIO , VANODINE FAM E HIPOCLORITO DE SODIO, COMO POSIBLES SUSTITUTOS DEL FORMALDEHÍDO EN LA DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS, PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO DEL BANANO *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi *et al.*, (1995)**

Como requisito, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,



Julio César Argueta Medrano

## ACTO QUE DEDICO

A:

**DIOS NUESTRO  
SEÑOR**

Ser supremo y Divino que ilumina mi entendimiento.  
Eterna gratitud por permitirme culminar la etapa más importante  
de mi vida estudiantil, mi carrera universitaria.

**MIS PADRES**

Marco Antonio Argueta Gómez y Vilma Yolanda Medrano de  
Argueta. Que sirva como una pequeña recompensa a su esfuerzo  
este triunfo y considérenlo suyo también.

**MIS TIOS**

Marta, Antonieta, Rosita, Lili, Cristina, Francisco, Oswaldo,  
Waldemar y Mauro. Gracias por su amistad y apoyo.

**MI SOBRINA**

Adriana María Anzueto Argueta, que su futuro este lleno de  
bendiciones.

**MIS PRIMOS**

A todos mis primos en general, gracias por su amistad.

**MIS ABUELOS**

María Argueta Rodríguez, gracias por su amor y apoyo.  
A la memoria de Antonio Argueta Rodríguez, Cristina Gómez de  
Argueta, Fernando Blanco, Isabel Díaz, Margarita Díaz (Q.E.P.D).  
Una flor sobre sus tumbas.

**MIS AMIGOS Y  
COMPAÑEROS**

Leonardo Mazariegos, Juan Pablo Guzmán, Edy López, José  
Franco, Elmer Oliva, Ruben Zaladaña, Yesica Monzón, Sandra  
Guzman, Jorge Quinteros, Vinicio Yol, Jacobo Volvito, Alfredo  
Mirón, Jacobo Estrada, Jeddu García, Albertosi Coronado y muchos  
más que con aprecio los recuerdo.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron al desarrollo de  
mi carrera.

## **TESIS QUE DEDICO**

**A:**

**GUATEMALA**

Linda y preciosa tierra donde nací.

**FACULTAD DE  
AGRONOMIA**

Hogar del saber que me permitió formarme profesionalmente.

**UNIVERSIDAD DE SAN  
CARLOS DE GUATEMALA**

Casa de estudios superiores en donde descansa el pilar fundamental para el desarrollo de toda sociedad, la educación, la ciencia y la tecnología.

**AGRICULTORES DE  
GUATEMALA**

Que son la razón de ser del Ingeniero Agrónomo, quienes bajo todos los cielos y sobre todos los suelos cultivan la tierra para alimentar a este país.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Especial agradecimiento a:**

**Ing. Agr. M.Sc. José Humberto Calderón Díaz, asesor del presente trabajo, gracias por su apoyo**

**Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera, gracias por su amistad.**

**Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte, supervisor de mi E.P.S en donde surgió la inquietud de realizar la presente investigación.**

	I
CONTENIDO	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Marco conceptual	3
3.1.1 Historia del cultivo del banano	3
3.1.2 Descripción general del cultivo	4
3.1.3 Clasificación taxonómica	6
3.1.4 Historia y distribución de la enfermedad	6
3.1.5 Clasificación de <i>Ralstonia solanacearum</i>	7
3.1.6 Importancia económica	8
3.1.7 Aislamiento e identificación	8
3.1.8 Síntomas	10
1. En hojas de plantas adultas	10
2. En hijos jóvenes	10
3. En el pseudotallo	10
4. En el rizoma	10
5. En el racimo	11
3.1.9 Diseminación	11
1. Herramientas	11
2. Contacto de raíces	11
3. Insectos	11
4. Suelo	12
5. Semilla	12
6. Agua de inundaciones	12
3.1.10 Hospederos	16
3.1.11 Combate del Moko	17
1. Resistencia	17
2. Practicas de cultivo	17
a. inspección	17
b. deshije	18
c. desinfección de herramientas	18
d. prácticas en áreas de cuarentena	18
3. Tratamiento con Bromuro de metilo	19
3.1 Etapa previo a la erradicación	19
3.2 Etapa de erradicación	20
3.3 Etapa posterior al tratamiento con Bromuro de metilo.	21

3.1.12	Desinfectantes	21
3.1.13	Desinfección química	23
3.1.14	Condiciones ideales de un desinfectante	24
3.1.15	Estadística no paramétrica	25
3.1.16	Prueba de proporción de tres o más poblaciones independientes	26
3.2	Marco referencial	26
3.2.1	Área de estudio	26
3.2.2	Localización y delimitación del área de trabajo	26
3.2.3	Clima y zona de vida	27
3.2.4	Geología e Hidrología	27
4.	OBJETIVOS	28
5.	HIPÓTESIS	29
6.	METODOLOGÍA	30
6.1	Área experimental	30
6.2	Material experimental	30
6.2.1	Material genético de banano a utilizar	30
6.2.2	Desinfectantes a evaluar	30
a.	Vanodine FAM	30
b.	Cloruro de benzonio	31
c.	Hipoclorito de sodio	31
d.	Formaldehído	32
6.3	Manejo del experimento	32
6.3.1	Plantas de banano a utilizar	32
6.3.2	Concentraciones de desinfectantes a evaluar	33
6.3.3	Realización de la inoculación	33
6.4	Diseño experimental	33
6.5	Variables de respuesta	33
6.5.1	Días al aparecimiento de síntomas	33
6.5.2	Presencia o ausencia de la bacteria	33
6.6	Unidad experimental	34
6.7	Análisis estadístico	34
6.8	Tratamientos	34
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
7.1	Presencia o ausencia de la bacteria	36
7.2	Días al aparecimiento de síntomas	40
8	CONCLUSIONES	44
9	RECOMENDACIONES	45
10	BIBLIOGRAFÍA	46
11	APÉNDICE	49

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Taxonomía del banano	6
CUADRO 2	Características diferenciales de los cinco tipos de <i>Ralstonia solanacearum</i> Raza 2	9
CUADRO 3	Malezas asociadas cultivo del banano como hospedantes de la Raza 2 de <i>R. solanacearum</i>	16
CUADRO 4	Tratamientos a considerar	35
CUADRO 5	Resultados obtenidos de la variable de respuesta Presencia o ausencia de la bacteria	36
CUADRO 6	Precio de los desinfectantes evaluados	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Vista esquemática de una planta de banano en fructificación.	5
FIGURA 2	Fotografía de una planta adulta de banano mostrando síntomas de moko	13
FIGURA 3	Fotografía de un hijo joven de banano mostrando síntomas de moko	13
FIGURA 4	Fotografía de un corno de banano mostrando síntomas de moko	14
FIGURA 5	Fotografía de un racimo de banano mostrando síntomas de moko	14
FIGURA 6	Diferentes medios de diseminación del Moko y su prevención.	15
FIGURA 7	Fotografía del rayado bacteriano de <i>R. solanacearum</i> Raza 2 tipo SFR	37
FIGURA 8	Fotografía de un desflorador portante su esponja impregnada con una solución de Vanodine	39
FIGURA 9	Gráfica de los días al aparecimiento de síntomas de moko en los tratamientos evaluados	40
FIGURA 10	Secuencia en la que fueron presentándose los síntomas las unidades experimentales del testigo inoculado	41
FIGURA 11	Secuencia del aparecimiento de síntomas de moko de las unidades experimentales del testigo inoculado	41
FIGURA 12	Secuencia del aparecimiento de síntomas de moko en las unidades experimentales del testigo inoculado, en la cual todas ya presentan los síntomas de la enfermedad	42

FIGURA 13	Fotografía que muestra las dos unidades experimentales con síntomas de moko en el tratamiento Vanodine Fam 0.5% de P.C	42
FIGURA 14	Unidad experimental infectada con moko del tratamiento Vanodine Fam 1% de P.C	43
FIGURA 15	Primera unidad experimental en mostrar síntomas de moko en el tratamiento Formaldehído al 12% de I.A	43

EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE BENZONIO, VANODINE FAM E HIPOCLORITO DE SODIO, COMO POSIBLES SUSTITUTOS DEL FORMALDEHÍDO EN LA DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS, PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO DEL BANANO *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi *et al.*, (1995)

EVALUATION OF DIFFERENT CLORURO DE BENZONIO CONCENTRATIONE, FROM VANODINE FAM, AND HIPOCHLORITO OF SODIO AF POSSIBLE SUBSTITUTES OF FORMALDEHÍDO DESINFECCION OF TOOLS, FOR THAED CONTROL THE VANANA MOKO DISEASE *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi *et al.*, (1995)

## RESUMEN

Las empresas productoras de banano de la costa sur, siguen utilizando el Formaldehído en la desinfección de herramientas, para evitar la diseminación de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith 1896) comb. Nov. Yabuuchi *et al.*, (1995).

El uso del anterior desinfectante tiene el inconveniente de ser tóxico, al producir reacciones indeseables a quien lo utiliza, como irritación en la piel y mucosas, debido a los fuertes vapores que emite.

La presente investigación fue realizada con el objetivo de evaluar la eficacia en cuanto a desinfección de herramientas, utilizando diferentes concentraciones de Vanodine Fam, Cloruro de Benzonio e Hipoclorito de Sodio, como posibles sustitutos del Formaldehído.

Las unidades experimentales consistieron en plantas de banano obtenidas mediante cultivo de tejidos, ésto para asegurar que el material estuviera libre de plagas. Cada planta se tomó como una unidad experimental, en la cual se aplicaron tratamientos consistentes en inoculaciones realizadas de la siguiente forma: se cortó material infectado (corno) con un bisturi, se desinfectó el bisturi por diez segundos en la solución desinfectante evaluada, se realizó una incisión superficial en el pseudotallo de la planta. Los anteriores pasos se repitieron en tres ocasiones para cada unidad experimental en intervalos de 14 días cada una para simular la práctica comercial.

Los tratamientos en los cuales se obtuvo un 100% de eficacia en desinfección de herramientas fueron los siguientes: Vanodine Fam al 2% de P.C, Cloruro de Benzonio 40 cc/litro e Hipoclorito de Sodio 10 cc/litro.

Respecto al precio y menor toxicidad, el Vanodine Fam al 2% de P.C demostró ser el mejor sustituto del Formaldehído, además de ejercer un 100% de desinfección a nivel de herramienta. El Hipoclorito de Sodio aunque es el más barato, tiene el inconveniente de ser reactivo con la materia orgánica, lo que hace disminuir su eficacia al emplearse en las labores del campo, pero puede ser utilizado de otras maneras que se discuten en los resultados de este trabajo. Así también el Beloran, ofrece una buena eficacia en desinfección y su toxicidad es en gran parte menor a la del Formaldehído, pero su uso se encuentra limitado por su precio.

## 1. INTRODUCCIÓN

La enfermedad del "moko del banano" ocasionada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. Yabuuchi *et al.*, (1995), está ampliamente distribuida en las regiones bananeras del mundo. Esta constituye una amenaza constante al cultivo, que de no tomarse las medidas de control adecuadas, puede destruir totalmente una plantación. Desafortunadamente, no existe ninguna variedad resistente, ni medidas de control. El manejo de la enfermedad para este cultivo está dirigido a la detección oportuna de las plantas enfermas, su eliminación inmediata, evitar la diseminación del patógeno por medio de herramientas utilizadas en las diferentes labores del cultivo, como son: extracción y preparación de la semilla, poda, deshoje sanitario y de protección de la fruta, deshoje, cosecha. Asimismo, se practica el desbellote manual para evitar la transmisión por insectos atraídos por las flores masculinas (23).

La bacteria penetra en la planta a través de heridas en cualquiera de sus órganos: raíces, rizoma, pseudotallo, peciolos de las hojas, tallo, yema floral o a través de heridas en los hijos, alcanzando los tejidos vasculares (xilema) donde se multiplica rápidamente e invade en toda su extensión el sistema vascular de la planta en un corto periodo de tiempo, impidiendo así el libre paso de agua. Esto aunado a enzimas celulósicas y pépticas producidas durante el crecimiento de las bacterias, son la causa de los síntomas característicos de marchitez o clorosis que produce la enfermedad (24).

En el área cultivada con banano por la empresa Agrobelsa y anexos, que comprende un total de 3000 has, se ha venido utilizando la formalina como desinfectante de herramientas utilizadas en las diferentes labores del cultivo, pero se tiene el inconveniente de que es altamente irritante tanto para la piel como para los ojos, y por lo tanto se tienen quejas de los trabajadores debido a los problemas que les causa el contacto con dicho producto y podría ser un inconveniente por el cual no se logra una desinfección del 100% necesaria para combatir la enfermedad. El presente estudio tuvo como objetivo el evaluar posibles sustitutos del formaldehído, los cuales deben cumplir con los requerimientos de desinfección necesarios y baja toxicidad, para lo cual se utilizaron productos comerciales como Beloran 40 SL, Vanodine Fam, e Hipoclorito de Sodio.

De tal manera que se llegó a determinar que las concentraciones más bajas efectivas en la desinfección de herramientas fueron: Vanodine Fam al 2% de P.C, Cloruro de Benzonió 40 cc/litro, Hipoclorito de Sodio 10 cc/litro, ofreciendo un 100% de efectividad, superando al ofrecido por el Formaldehído 120 cc/litro.

## 2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente se utiliza Formaldehído al 12% de ingrediente activo en la desinfección de herramientas utilizadas en las diferentes labores que se realizan en el cultivo del banano, y así evitar la diseminación de la enfermedad del moko *Ralstonia solanacearum* Raza 2 por medio de éstas, este producto ha sido utilizado por mucho tiempo debido a sus resultados satisfactorios para este fin.

El inconveniente que se tiene para su utilización es que es muy irritante a la piel y ojos de los trabajadores, lo cual hace que éstos no desinfecten de planta a planta la herramienta, provocando que no se logre una desinfección del 100% de la misma necesario en una finca productora de banano

Por lo que se hace necesario la evaluación de productos alternativos al mismo y que tengan buenos resultados de aceptación y desinfección de la herramienta. Éstos productos podrían ser el Cloruro de Benzonió (Beloran 40SL), Vanodine Fam e Hipoclorito de Sodio, los cuales se evaluaron en diferentes concentraciones en esta investigación, para así poderlos utilizar como substitutos del Formaldehído a nivel comercial.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Marco conceptual

##### 3.1.1 Historia del Cultivo del Banano.

La historia del banano data de miles de años. Rumphius el más prominente botánico antes de Linneo en su *Herbarium Ambionense*, escritor en las obras de la antigüedad, dice que el banano es de linaje venerable. Es un hecho reconocido que el hombre ha usado el banano como alimento, por miles de años. Fue una de las primeras frutas que cultivaron los antiguos agricultores primitivos (15).

Con frecuencia en las antiguas literaturas hindú, china, griega y romana se hace referencia al banano. También se le menciona en varios textos sagrados de los pueblos de oriente entre estas dos epopeyas hindúes el *Magabharata* y el *Ramayana*. Existen referencias en algunos textos sagrados budistas en crónicas que describen una bebida derivada del banano que a los monjes de esta región les era permitido beber.

Los arqueólogos modernos han encontrado dibujos de banano en ruinas antiguas tales como el templo budista de Bharbut que datan del siglo II A.C. y el monumento javanés a Buda levantado en Borododur en el año 850 A.C.

El sudeste asiático se considera el lugar de origen de los bananos, su cultivo se desarrolló simultáneamente en Malayá y en las Islas Indonecias (15).

El antropólogo Dr. Herbert Spiden escribió: "es lo más probable que el banano sea oriundo de las húmedas regiones tropicales del sudeste de Asia, incluyendo el nordeste de la India, Burma, Camboya y partes de la China del Sur, así como las Islas Mayores de Sumatra, Java, las Filipinas y Taiwán. En esos lugares las variedades sin semillas del verdadero banano de consumo doméstico, se encuentran en estado silvestre, aunque es probable que hayan escapado de los cultivos (2).

La palabra "banano" es africana. Se supone que los navegantes portugueses tratando de encontrar una ruta hacia China, hace mas de 500 años, desembarcaron en Guinea, donde observaron que los nativos lo cultivaban, y satisfechos del excelente sabor se dedicaron a propagarlo en los territorios bajo su dominio, manteniendo su nombre "banano"; el cual se ha perpetuado hasta nuestros días, aunque también son aceptadas las variaciones "plátano", "guineo". "cumbre" y otros (27)

Las musáceas (banano, plátanos y demás guineos) a fines del siglo pasado eran cultivos casi desconocidos en Europa, llevados de las regiones tropicales por los naturalistas viajeros y conservados en los invernaderos cálidos de algunos museos. El plátano fruto que solo ocasionalmente llegaba a los puertos como un producto de exportación (27).

### 3.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CULTIVO

#### Descripción de la planta:

El banano, es una planta herbácea con un tallo verdadero denominado cormo con ramificación monopódica. El cormo emite ramificaciones laterales a las que se les denomina retoños. Las raíces son cordiformes y tiernas, el meristemo terminal del cormo que posee basalmente una vaina. Las hojas aparecen en forma helicoidal e imbricadas conformando el falso tallo, el cual es cilíndrico, recto y rígido, llegando a una altura de hasta los 6 a los 8 metros (2).

Las variedades cultivadas producen alrededor de 30 hojas funcionales. El meristemo central experimenta una acción hormonal, que detiene la diferenciación de los brotes foliares en formación y determina la inflorescencia. A lo largo del eje se encuentran dispuestas en hélice los espadices o brácteas, las cuales cubren un grupo de flores situadas en dos filas apretadas e imbricadas. Los primeros grupos diferenciados están compuestos por flores femeninas, cuyo ovario se transformará en bananos; estos glomérulos generalmente reciben el nombre de manos de las que pueden aparecer de 5 a 15, según la variedad y las condiciones del medio ambiente. Los grupos de diferenciación tardía llevan flores masculinas de ovario reducido, con estambres desarrollados, aunque frecuentemente desprovistos de polen (2).

Una vez emergida la inflorescencia, ésta se curva hacia el suelo. Las brácteas grandes y acuminadas son de color rojo violáceo al violeta, son cerosas y cuando se repliegan y caen sucesivamente dejan las manos (grupos de bananos) al descubierto. Los racimos se recolectan cuando los frutos son gruesos y con el pericarpio verde; la maduración del racimo sin separarlo de la planta resulta inadecuada, por ser incompleta la transformación del almidón en azúcares (9).

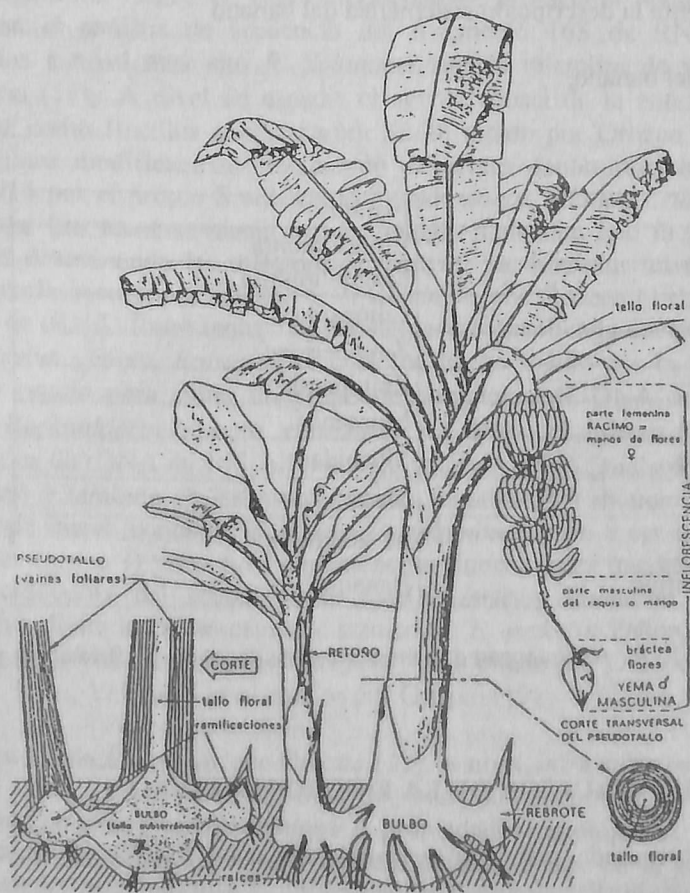


FIGURA 1 VISTA ESQUEMATICA DE UN PLATANO EN FRUCTIFICACION, JUNTO CON SUS REBOTES

(FUENTE: EL PLATANO, J. CHAMPIONI) (9).

### 3.1.3 Clasificación taxonómica

En el cuadro 1, se presenta la descripción sistemática del banano.

Cuadro 1. Taxonomía del banano,

Reino	Plantae
Sub-reino	Embriobionta
División	Magnolióphita
Clase	Liliópsida
Sub-clase	Zingiberidae
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Sub-familia	Musoidae
Género	Musa
Especie	M. acuminata
Nombre común	Banano

FUENTE: CRONQUIST, A. An integrated system of classification of flowering plants. New York 1981 (7).

### 3.1.4 HISTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENFERMEDAD:

Esta enfermedad causada por *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. Nov. Tabuuchi *et al.*, (1995)(Rs) (=Pseudomonas solanacearum, = Burkholderia solanacearum), se descubrió por primera vez en 1840 en banano y plátano Moko o Chato de donde se originó su nombre (22).

En el Hemisferio Occidental, se ha reportado en México, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Perú, Brasil, Ecuador, Suriname, Guayana Británica, Trinidad y Grenada Buddenhagen, Lehmann citado por Orozco (19), fuera de este hemisferio, la enfermedad solo se ha reportado en Filipinas (22)

### 3.1.5 CLASIFICACIÓN DE *Ralstonia solanacearum*

El organismo causal de esta enfermedad es la bacteria *Ralstonia solanacearum* de acuerdo con el análisis de secuencia del fragmento 16S de RNA ribosomal, han sido determinados a nivel más alto *R. Solanacearum* es miembro de una división de la clase Protobacteria (14). A nivel de especie el agente causal de la enfermedad fue descrito por primera vez como *Bacillus solanacearum* Smith citado por Orozco (19), desde entonces a sufrido algunas modificaciones recibiendo diferentes denominaciones en la nomenclatura dada en 1914 por el propio Smith como *Pseudomonas solanacearum* la cual prevaleció por muchos años. Las técnicas modernas de biología molecular han facilitado la elaboración de flujogramas describiendo las relaciones evolutivas a diferentes niveles de profundidad. En 1992, fue reclasificada por Yabuuchi *et al* citado por Orozco (19), dentro del grupo II de homología de rRNA. Entre tanto, fue nuevamente reclasificada dentro del mismo grupo, pero como un nuevo genero, *Ralstonia* el cual fue hecho valido por la USB (1896). Un nuevo género fue creado para situar un grupo de homología de DNA distinto del grupo de la especie de *Burkholderia cepacia* con base a los datos del análisis filogenético de secuencia de nucleótidos de rDNA de 16S, hibridación de rRNA-DNA, análisis de lípidos celulares y de ácidos grasos y también de las características fenotípicas Yabuuchi *et al* citado por Orozco (19). En este nuevo contexto, el genero *Pseudomonas* paso a ser apenas el de las especies fluorescentes (grupo I) y las fitopatogénicas no fluorescentes quedaron distribuidas entre los géneros *Acidovorax* del grupo III de *Burkholderia* y *Ralstonia* y grupo II. El genero *Ralstonia* fue dividido en las especies siguientes: *R. pickettii* Palleroni & Doudoroff comb. Nov. citados por Orozco (19), *R. Eutropha* Davis citado por Orozco (19), *R. Solanacearum* Smit comb. Nov., Yabuuchi *et al* citados por Orozco (19).

Según Hayward citado por Orozco (19), a nivel infra-subespecifico *R. solanacearum* también a sido clasificada de acuerdo con su hospedero, distribución geográfica, patogenicidad, relación epidemiológica y propiedades fisiológicas. Asimismo a través del tiempo, fueron identificadas 5 razas basadas primariamente en la gama de hospederos que afectan. Buddenhagen, Aragaki & Qhinon citados por Orozco (19). La raza 1 (Biovares 1,3 y 4) atacan un gran número de plantas, incluyendo la papa, tomate, berenjena, tabaco y solanáceas en general. La raza 2 (Biovares 1,3 y 4) ataca bananos y similares. La raza 3 (Biovar 2) es considerada especifica para papa, ésta también esta asociada a algunas otras solanáceas, para designar estirpes encontradas en la China que diferían de los biovares descritos por Haiward (14) se propuso la raza 4, biovar 4, siendo ésta reportada infectando jengibre y raza 5 afectando mora (*Morus alba* L.).

Los cinco biovares son definidos de acuerdo con la habilidad de utilizar y/o oxidar ciertos azúcares y alcoholes (14).

### 3.1.6 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las mayores pérdidas en el Hemisferio Occidental han sido causadas en las siembras de banano y plátano de pequeños agricultores (28); En Colombia Ramírez citado por Salas (24), reportó que en 1983 la producción en producción del chato (ABB) fue del 86%.

Existen pocos datos detallados sobre las pérdidas de moko en las grandes plantaciones bananeras; Stover (28), indicó que en Centro América es un área de 12500 hectáreas, menos del 1% de las plantas se pierden anualmente debido a esta enfermedad y a la remoción de plantas sanas adyacentes como parte del control; sin embargo, este nivel de pérdidas es mantenido solamente por un sistema costoso de prevención y control a un costo aproximado de \$ 33 U.S. por hectárea por año.

### 3.1.7 AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN

Para la identificación de las variantes de *Ralstonia solanacearum* de la raza 2, se recomienda obtener muestras de rizoma o pinzotes de plantas con síntomas. Si el rizoma es grande (más de 15 pulgadas de diámetro) se puede cortar por la mitad, si es pequeño de 6 a 8 pulgadas se puede mantener intacto. Del pinzote se puede obtener un pedazo de 15 a 20 cm. De largo. La muestra se envuelve en un plástico y se debe llevar al laboratorio dentro de las 24 horas próximas, sin exponerlo a altas temperaturas o al sol directo.

El primer medio de cultivo específico para el aislamiento de la bacteria fue desarrollado por Kelman (17), y contenía 1:0% de peptona; 0.1 % de hidrolizado de caseína; 0.5% de glucosa; 1.7% de agar y 0.005% de cloruro de trifenil tetrazolium en un litro de agua destilada, los platos con el rayado bacterial se incuban por 36 horas a 32 grados centígrados.

Lozano y Sequeira citados por Salas (24), diferenciaron las 3 razas de *Ralstonia solanacearum* basada en la reacción de hojas de tabaco después de infiltrarlas con suspensión de las diferentes razas. La raza 2 (Musaccas y Heliconias) induce una reacción de hipersensibilidad 10 a 12 horas después de la infiltración. La raza 1 (tabaco, tomate, otras solanáceas y banano diploide) no causó

Cuadro 2. Características diferenciales de los cinco tipos de *Ralstonia solanacearum* Raza 2

Tipo	Origen	Virulencia	Invasión por las brácteas florales	Capacidad de sobrevivencia en el suelo	Características del Cultivo en Tetrazolium
D	Heliconia silvestre	Atrofia y distorsión de plantas jóvenes, baja virulencia en bananos.	Baja	Pobre, menos de seis meses.	Colonias Irregulares, fluidas y a menudo blancas.
B ó F	Probablemente por mutación del tipo D.	Sin o con desprendimiento de exudado de la flor masculina, altamente virulenta en plátanos Bluggoe y bananos.	Alta	12 a 18 meses	No se puede distinguir de la raza D en el cultivo
SFR	Probablemente de Heliconia de raza B.	Con desprendimiento de exudado de la flor masculina, altamente virulenta en plátanos Bluggoe y bananos.	Alta	3 - 6 meses	Colonias redondas, fluidas y pequeñas. rojas en su corteza con márgenes blanco azulados.
H	Probablemente por mutación del tipo b.	Con desprendimiento de exudado de las flores masculinas, menos virulenta en plátano Bluggoe que el SFR y no virulenta en bananos.	Alta	No se ha determinado; pero probablemente baja.	Elíptica, fluida, suave, de color rojo en el centro.
AFV	Probablemente por mutación de tipos B o SFR.	En hijos pequeños causa decoloración, áreas necróticas y pobre crecimiento, poco virulenta.	No evidencia	No se ha determinado; pero probablemente baja.	Colonias pequeñas redondeadas con pigmentación rojo vino al centro, rodeada de borde claro angosto.

Basado en Stover (1972) y Wood (1984) Citados por Salas (24).

síntomas visibles después de 24 horas de la infiltración; pero a las 36 horas indujo lesiones necróticas rodeadas de un halo amarillento. La raza 3 (papa y tomate) sólo causó una decoloración amarillenta del área infiltrada a las 48 horas. French y Sequeira citados por Salas (24), basados en el tamaño, forma, coloración y deposición de limo de la bacteria, creciendo en medio de tetrazolium y en la formación de melanina en medio de tirosina pudieron separar un aislamiento que denominaron A de la raza 2 obtenida de la Zona Amazónica de Perú.

Granados y Sequeira citados por Salas (24), al adicionar al medio de cultivo de Kelman (17), compuestos que reducen el crecimiento de otros organismos tales como timerasol, sulfato de polimixina, tiromicina, cloromiatín y violeta cristal, mejoraron la eficiencia en el aislamiento de la bacteria del suelo.

### 3.1.8 SÍNTOMAS

1. En hojas de plantas adultas: Se presentan varios tipos de condiciones anormales que hacen sospechar del moko, tales como amarillamiento en hojas jóvenes. Estas zonas amarillentas se tornan necróticas, a veces rodeadas de un halo amarillo (Figura 2).
  - A. En otros casos, se observa necrosis a lo largo de una o más hojas acompañada de zonas amarillentas y a menudo una o más hojas se doblan.
  - B. En estados ya avanzados de infección, la totalidad de la lámina de varias hojas pueden presentar la coloración amarilla con áreas necróticas.
2. En hijos jóvenes: En hijos de menos de un mes de edad, cuando están infectadas, generalmente detienen su crecimiento y a veces deforman. En hijos de más edad se presenta marchitez y una coloración verde amarillento seguida de la total necrosis de las hojas (Figura 3).
3. En el pseudo tallo: Cuando se hacen cortes longitudinal y transversalmente en el pseudo tallo de una planta infectada, se observan puntos o rayas café rojizo que se concentran hacia el centro del pseudo tallo y en el tallo aéreo de aquellas plantas que iniciaron el proceso floral.
4. En el rizoma: Al hacer un corte de un rizoma infectado, se observa una coloración café amarilla especialmente en el área límite entre el cilindro central y la corteza; en algunos casos extendiéndose hacia las yemas. Cuando el rizoma es joven, la coloración es amarillo rojizo (Figura 4).

5. En el racimo: Externamente se observan dedos color verde amarillento o amarillos mezclados con dedos verde normal. Cuando se cortan estos dedos se observa una necrosis seca y dura. En racimos jóvenes infectados se presenta además de la coloración verde claro o amarilla de los dedos, diferentes grados de distorsión de dedos. Cuando se hacen cortes longitudinal o transversalmente del pinzote del racimo, se nota una coloración café rojizo de los haces vasculares, Salas (24) (Figura 5).

### 3.1.9 DISEMINACIÓN

La bacteria causante de la enfermedad de Moko puede ser diseminada a plantas Sanas por: herramientas, contacto de raíces, suelo infectado y por insectos.

1. Herramientas: En las operaciones de deshije, apuntalamiento, cosecha, arranque de semilla o corte de plantas después de volcamiento por viento, las posibilidades de transmitir la bacteria son muy altas cuando hay plantas infectadas en el área. Buddenhagen y Sequeira (6).
2. Contacto de raíces: Las raíces de plantas vecinas se entrecruzan, esta forma de transmisión es más común con la variante B que persiste en el suelo por 12 ó 18 meses que en la variante SFR que sobrevive un máximo de seis meses en el suelo.
3. Insectos: Los insectos que visitan las superficies cortadas pueden transmitir la bacteria. En la variante SFR, ésto es más corriente porque fluye a través de las cicatrices de las brácteas de las flores masculinas antes de que la bellota sea removida antes del embolse (6).

Buddenhagen y Elsasser citado por Salas (24), asociaron brotes de Moko en chato o cuadrado (bluggoe) en Honduras, Colombia y Venezuela con transmisión por insectos.

Buddenhagen y kelman (5), reportan que abejas del género *Trigona* sp., avispas del género *Polybia* sp., lo mismo que moscas *Drosophila* sp. Y otros géneros de moscas que visitan las flores del banano son responsables de la diseminación de la bacteria causante del Moko en lugares dispersos en las plantaciones de banano.

En Colombia, Gálvez y Lozano (11), estudiando la diseminación de moko (raza SFR) en plátano, reportaron que la mayor dispersión fue debido a insectos del orden de los hemipteros, la que alcanzó un 73% comparado con 18% por herramientas infectadas y un 9% por causas no determinadas.

4. Suelo: Las raíces de las plantas de banano se entremezclan y traslapan con las raíces de las plantas vecinas. El exudado bacteriano que emana de las raíces enfermas o que existe en el

suelo de donde se han arrancado plantas infectadas, puede contagiar las raíces de las plantas sanas adyacentes. La diseminación por este medio es lenta e importante solamente si la mata entera infectada no se elimina pronto y se establecen zonas de seguridad (buffer) en aquellas áreas que requieren dichas zonas, Salas (24).

5. Semilla: Rizomas usados como semilla han sido el medio de diseminación a larga distancia entre continentes (de América a Filipinas), entre países y entre áreas distantes del mismo país. La transmisión por insectos ha sido responsable de la diseminación a menores distancias. Actualmente se cuenta con la técnica de cultivo de meristemos que elimina la bacteria del Moko en material de propagación, siendo ésta una de las ventajas de este método.
6. Agua de inundaciones: Cuando ocurre una inundación que incluye áreas con Moko, se debe evaluar la posible diseminación de la bacteria a áreas libres de la enfermedad (24).

Todas estas formas de diseminación se ilustran en la figura 6.

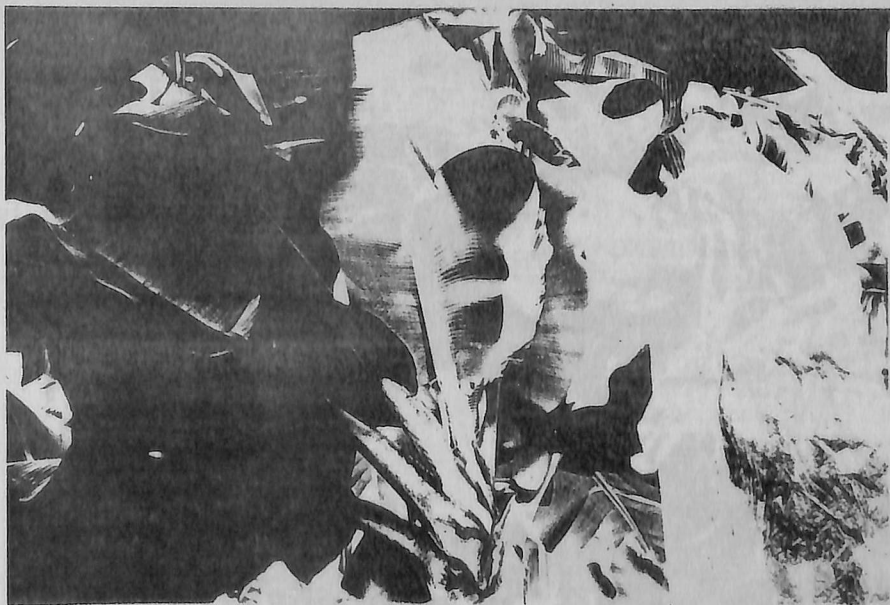


Figura 2: Planta de banano en producción con síntomas de moko, en una de las hojas más jóvenes, presentando un amarillamiento y necrosis.



FIGURA 3. Hijo joven con síntomas de moko, presentando marchitez, necrosis de la hoja más joven y coloración verde amarilla.



FIGURA 4. Corno de banano con síntomas de moko, observándose una coloración café amarilla en el área límite entre el cilindro central y la corteza.

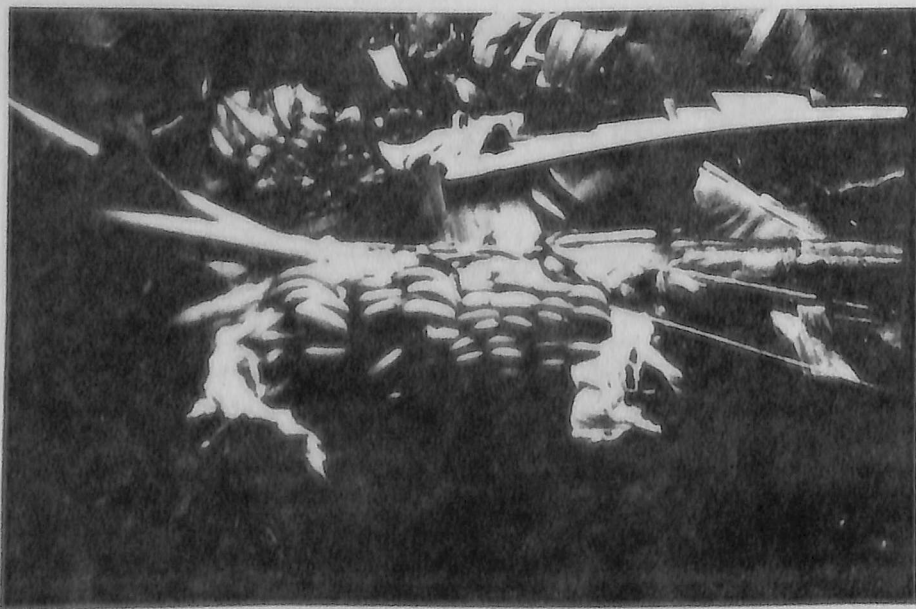


FIGURA 5. Racimo de banano presentando síntomas de moko, se puede apreciar dedos de color amarillo mezclados con dedos de color verde normal.

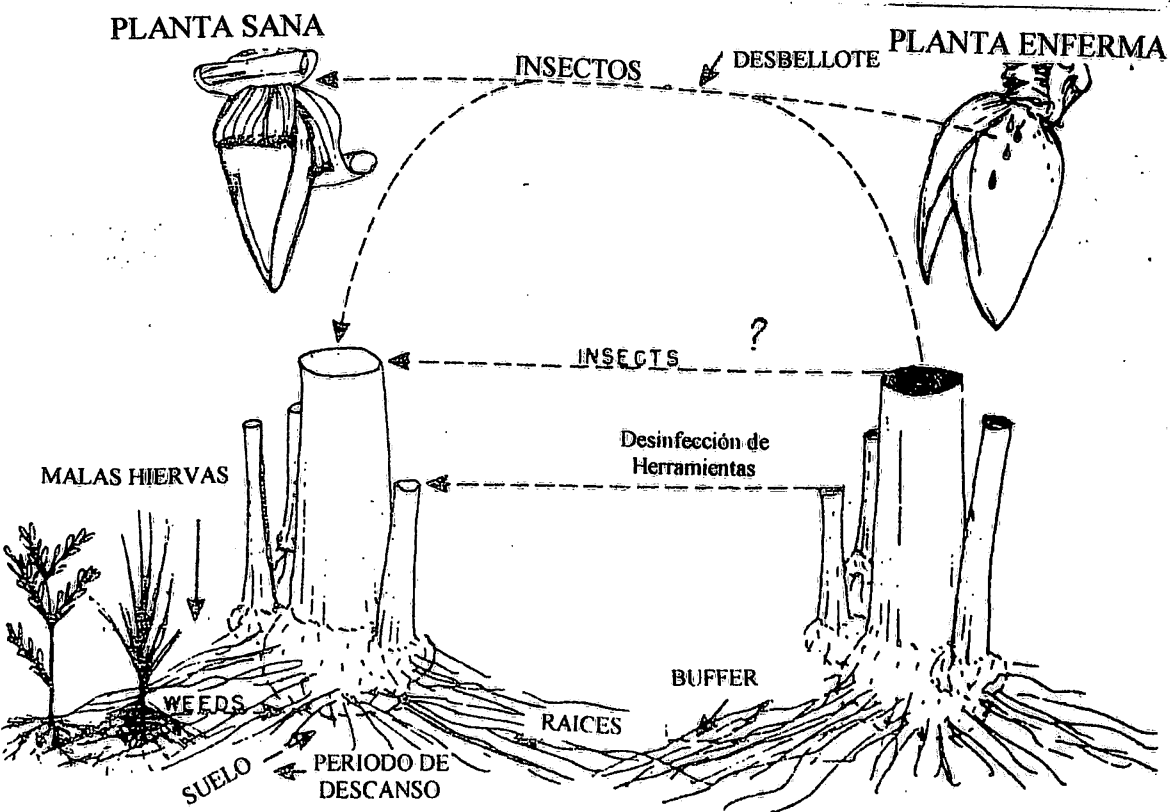


FIGURA 6. Diferentes formas de diseminación del moko y su prevención.

FUENTE: Buddenhagen & Kelman, 1964 (5).

### 3.1.10 HOSPEDEROS

Buddenhagen (4), aisló la variante B de *Ralstonia solanacearum* raza 2 de dos especies de heliconias, creciendo en plantaciones de banano abandonadas que indujeron marchitez en bananos.

Sequeira y Averre citados por Salas (24), detectaron tres especies de Heliconias infectadas con la raza B en bosques vírgenes en Costa Rica.

En Colombia, Belcazar y otros citados por Salas (24), estudiaron la susceptibilidad de 33 malezas a las razas 1,2 y 3 de *Ralstonia solanacearum* patogénicas en tabaco, banano y papa respectivamente. Cuatro especies fueron susceptibles a la raza 2 y 12 especies fueron consideradas portadoras; no mostraron síntomas externos pero si necrosis del sistema vascular de donde la bacteria fue reaislada.

Berg (3), determinó en Honduras 11 hospederos de la variante SFR, todos ellos comunes como malezas en las zonas bananeras.

Vásquez (30), reportó varias malezas asociadas al cultivo del banano como hospedantes de la raza 2 de *R. solanacearum* en la región Noratlántica de Guatemala.

Cuadro 3. Malezas asociadas al cultivo del banano como hospedantes de la Raza 2 de *R. solanacearum*.

<i>Licanthes stephanocalix</i>
<i>Acalypha arvensis</i>
<i>Euphorbia graminea</i>
<i>Tinantia sp</i>
<i>Borreria acymoides</i>
<i>Acalypa sp</i>
<i>Xanthosoma roseum</i>
<i>Heliconia sp</i>
<i>Solanum americanum</i>

Guatemala, 1987 N.A. Vásquez (30).

En resumen, existe un gran número de plantas que han sido reportadas como hospederos o portadoras de la bacteria que causa el moko, de ahí la importancia de la eliminación de malezas en las áreas donde se está llevando a cabo el período entre la eliminación del banano y la resiembra.

### 3.1.11 COMBATE DEL MOKO:

El combate de esta enfermedad está basado, en las pequeñas siembras de campesinos, en la eliminación de variedades altamente susceptibles como el chato o cuadrado, sustituyéndolo por variedades menos susceptibles como pelipita. A nivel de finca comercial el banano, el control depende en la adopción de prácticas específicas culturales, el control químico que actualmente se hace con Bromuro de Metilo como la mejor opción y la eliminación con herbicidas de musáceas y otros hospederos en los alrededores de los bananales que pueden servir como fuente de inóculo en una acción combinada con los programas de sanidad vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería (24).

1. Resistencia: Todas las variedades comerciales de banano y plátano son susceptibles a las variantes B y SFR; de éstas, aquellas variedades que presentan brácteas persistentes, son menos susceptibles a la infección por insectos.

El plátano, tipo cacho (AAB) parece tener algún grado de resistencia en el campo aparte de las brácteas persistentes. Pocos trabajos se han realizado evaluando resistencia a moko de variedades con resistencia a otras enfermedades importantes; en Honduras, de una colección de 345 introducciones que fueron inoculadas artificialmente, con la variante SFR, sólo 34 mostraron algún grado de resistencia, Stover (28). Entre las resistentes están: M. Balbisiana (BB) y pelipita (ABB); esta variedad ha sido recomendada como sustituto del chato o cuadrado (ABB), el cual es muy afectado por la variante SFR transmitida por insectos, Stover y Richardson citados por Salas (24).

#### 2. Prácticas de cultivo:

- a. Inspección: El combate está basado en la DETECCIÓN TEMPRANA de las plantas enfermas y su RAPIDO TRATAMIENTO, United Brand Co (29). Donde hay alta incidencia de casos de Moko, las inspecciones se deben hacer a intervalos de una o dos semanas, coordinadas con los ciclos de deshije, de manera que las inspecciones se realicen inmediatamente antes del ciclo de deshije. En áreas con baja incidencia de la enfermedad, las inspecciones pueden ser extendidas de tres a cuatro semanas.

Debe haber una cuadrilla en cada finca con un evaluador por cada 45 - 50 hectáreas. Las cuadrillas de inspección deben colocar un rótulo metálico en la orilla del camino en el área en que están evaluando, de modo que pueda ser localizada por el personal supervisor.

Los inspectores deben avanzar lentamente dentro de la plantación observando matas paridas, su fruta, las hojas de matas sin parir y los hijos. Todos los casos dudosos son examinados, especialmente hijos descoloridos o deformes, fruta que presenta dedos deformados, o dedos maduros a la par de dedos verdes especialmente en racimos jóvenes. En caso de síntomas en las hojas, se corta un pedazo de rizoma de la planta madre o de un hijo y si se observan los síntomas típicos de la enfermedad, se coloca de nuevo el pedazo

cortado de su posición normal y se cubre con tierra. Este corte se hace preferiblemente con un cuchillo de punta redonda o con una macana ya que se puede examinar tanto el rizoma hijo como la madre.

Todos los casos con Moko deben ser marcados claramente para la fácil localización por la cuadrilla de tratamiento, después de ser verificado por el supervisor de MOKO.

La eficiencia de los inspectores se debe verificar alineando cada uno en igual forma, de manera que permanezcan inspeccionando la misma área en cada ciclo.

b. **Deshije:** Los ciclos de deshije deben ser alargados de ocho a diez semanas en áreas de alta incidencia de Moko.

El deshije se debe suspender cuando:

- Hay caso de Moko sin tratar en esa área.
- Hasta que se haya hecho otra inspección en áreas con casos nuevos.
- Cuando el área está bajo cuarentena de Moko. La cuadrilla de Moko debe hacer el deshije en esas áreas.

c. **Desinfección de herramientas:**

Todas las herramientas usadas en áreas con Moko deben desinfectarse al 4% de Beloran 400 (Ciba Geigy) o de Vanodine Fam al 2% (Pfizer).

La desinfección debe ser mata a mata para deshije, deshoje y cosecha, en caso de palas debe desinfectar al pasar de un zanja a otro. La desinfección de herramientas requiere una adecuada supervisión y de evaluaciones periódicas.

d. **Prácticas en áreas de cuarentena:** Esta área comprende un círculo de por lo menos, 100 metros de radio alrededor de la planta enferma.

i. Inspección visual cada 1 ó 2 semanas. Esta práctica se mantendrá hasta 12 meses después de la aparición del último caso.

ii. En operaciones tales como deshojas, deshijas, cosecha y cualquier otra labor que use herramientas se hará desinfección mata a mata de las herramientas.

iii. El deschirado debe ser hecho a mano (quebrando el pinzote).

iv. Debe mantenerse un estricto control de malezas.

v. Se recomienda hacer embolses prematuro (o de bellota) y la eliminación semanal de la bellota que haya dos grupos de flores masculinas abiertas.

- vi. No se debe apuntalar con chuza, se debe hacer sin ningún tipo de heridas del pseudo tallo.
- vii. Para sembrar, la semilla debe venir de áreas libres de moko, o sea, que no proceda a áreas cuarentenadas y revisadas por el encargado de moko o de plantas obtenidas de cultivo de Meristemas con garantía de que están libres de Moko.
- viii. En las entradas a las áreas cuarentenadas se establecerán puestos de desinfección para zapatos y herramientas.
- ix. Para cada caso de Moko se debe marcar en un rótulo con pintura, a la orilla del área tratada, lo siguiente:
  - x. Número de casos en la finca.
  - xi. Sección o cable.
  - xii. Fecha de detección.
  - xiii. Fecha y método de tratamiento.
  - xiv. Fecha de resiembra.
- xv. Si los casos son continuos se numeran todos los tratados en un solo rótulo.
- xvi. El récord de casos en la finca lo debe llevar el administrador.
- xvii. Los pinzotes de racimos provenientes de las áreas en cuarentena no deben regresarse al bananal.

Además, se recomienda que la cuadrilla de detección de Moko lleve una libreta de campo donde se apunta diariamente los aspectos relacionados con esta operación, tales como: cable o sección, fecha de división, casos de Moko, plantas con Moko con fruta y sin fruta, plantas destruidas con fruta y sin fruta, fecha de tratado, número de trabajadores en la cuadrilla y días ciclo (29).

### 3 Tratamiento con bromuro de Metilo.

#### 3.1 Etapa previa a la erradicación.

- A. Comunicar al encargado de moko de la finca, la localización de la planta con síntomas.
- B. Cuarentenar y suprimir las labores en el área afectada (esta área comprende un círculo De 100 m. De radio alrededor de la planta enferma) cerca al área en cuarentena.

- C. Inspección de hijos en un círculo de al menos 50 m. de radio alrededor de la planta enferma para determinar cuántas plantas presentan síntomas de Moko.
- D. Marcar con mecate y/o piola el área a tratar con Bromuro de Metilo; ésta comprende un círculo de al menos 5 metros de radio alrededor de la planta enferma. Poner rótulo de peligro en los bordes de esta área.
- E. Poner puesto de desinfección para botas y herramientas. El puesto consiste en un recipiente con el desinfectante recomendado. Toda herramienta que salga del área erradicada debe ser desinfectada, así como las botas de los trabajadores.

### 3.2 Etapa de erradicación

- A. Aplicar en el área a erradicar insecticida a la dosis recomendada en la etiqueta, éste puede ser: Diazinón, Dursban o Sevin.
- B. Cortar las plantas, comenzando con las sanas en el borde de esta área y continuando hacia el centro, dejando las plantas afectadas de último. En cada planta se buscarán síntomas internos de Moko. Repetir aplicación del insecticida.
- C. Cortar (picar) minuciosamente la(s) cepa(s) afectadas, incluyendo el rizoma, seguido inmediatamente de la aplicación de uno de los insecticidas recomendados anteriormente.
- D. Hacer una zanja de 10-15 cm. De profundidad en la periferia del área. Esta será usada para el sellado de la carpa de fumigación
- E. Distribuir el equipo necesario para aplicar 1 libra de bromuro de metilo por cada 10 metros cuadrados (para un área de 5 m. de radio, se necesitan 10 libras); este producto debe liberarse en por lo menos 5 puntos, de los cuales uno estará en contacto directo con la planta enferma, United Brand Co (29).
- F. Otra opción es cortar la planta enferma de forma que se pueda colocar en bolsas plásticas, luego se le aplica Bromuro de Metilo bajo la capa de 10 metros cuadrados.
- G. Colocar la carpa de plástico negro, la cual debe tener un grosor mínimo de 4-5 milésimas de pulgada. Los bordes se sellan en la zanja con suficiente tierra para evitar escapes de gas. Asegúrese que la carpa no tenga perforaciones.
- H. Proceder a liberar el gas. Habiendo retirado el personal del área y tomando las medidas de precaución correspondiente.

Se recomienda usar el aplicador metálico en el cual se coloca la lata de bromuro de metilo y del cual por medio de una manguera plástica, sale el gas después de cerrar el aplicador. Se requiere una libra de bromuro de metilo por cada 10 metros cuadrados, así para el área de 10 x 10 m. cuadrados con un total de 100 metros cuadrados, se requieren 10 latas de 1 libra de bromuro de metilo o 7 de 1 ½ libra de este producto. Las mangueras se distribuyen dentro del área donde estaba la mata con moko.

### 3.3 Etapa posterior al tratamiento con Bromuro de metilo.

- A. Cercar el área tratada con bromuro de metilo y aquella donde se eliminaron plantas vecinas con glifosato.
- B. Poner rótulos de peligro.
- C. Retirar la carpa 6 días después de la aplicación.
- D. El área erradicada no se sembrará antes de transcurridos 12 meses, período durante el cual se mantendrá libre de toda maleza y rebrotes de banano. Cuando se eliminan matas de banano con herbicidas (glyfosato) entre áreas tratadas con Bromuro de Metilo para la variante B, se recomienda sembrar el área de 18 meses después de tratadas, excepto que se tengan estudios que indiquen el período mínimo al cual no hay problemas de acumulación de bromo en la fruta de plantas sembradas en el área tratada con Bromuro de Metilo para reducir al mínimo las posibilidades de tal tipo de residuos en la fruta (29).

### 3.1.12 DESINFECTANTES

Al hablar de desinfectantes y saneadores químicos, se encuentran un número de términos que intentan clasificar, definir el grado de actividad y sugerir en cierto modo las limitaciones de estos agentes. No obstante la dinámica del idioma que tiende a modificar el uso y los significados de algunas palabras, en el lenguaje científico hay menos flexibilidad para estas modificaciones, por lo cual es necesario precisar los términos utilizados comúnmente en desinfección, puesto que con frecuencia se emplean equívocamente (20).

- A. **Antiséptico:** Es una sustancia que aplicada a los microorganismos, los hace inocuos (inactiva su poder de producir enfermedad), ya sea por destrucción o inhibiendo o deteniendo el crecimiento, de acuerdo con el tipo de preparación y el método de aplicación. Se usa específicamente para las preparaciones aplicadas a los tejidos vivos sin causar daño (20).
- B. **Bactericida:** Es un agente químico que destruye bacterias patógenas y no patógenas (no necesariamente esporas), se utiliza en tejidos vivos y en objetos inanimados.
- C. **Bacteriostático:** Es una sustancia que aplicada a las bacterias detiene su crecimiento pero no las destruye; una misma sustancia puede tener los dos efectos y su acción

depende de las condiciones de uso como concentración, temperaturas, tiempo de acción, etc.

- D. Desinfectante:** Es un agente que destruye todos los microorganismos infecciosos o potencialmente infecciosos que están presentes en objetos inanimados. El término incluye microorganismos tales como bacterias, virus, hongos, rickettsias, micoplasmas y protozoarios, pero no incluye necesariamente la acción destructora de formas resistentes como esporas, a menos que lo especifiquen. Los productos que poseen esta última acción son relativamente muy pocos y se llaman esporicidas.
- E. Detergentes:** Son sustancias que limpian las superficies sucias, debido a la capacidad de disminuir la tensión superficial o interfacial del agua (surfactante o tensoactivo) por lo cual ella se extiende y moja fácilmente todas las superficies (humectante) produciendo el lavado de la suciedad.
- F. Detergente germicida:** Es un limpiador con propiedades germicidas.
- G. Esterilización:** Es cualquier proceso físico o químico que aplicado a los microorganismos destruye todas las formas de vida.
- H. Esporicida:** Es un agente químico que destruye esporas de hongos y bacterias. Se usa para designar sustancias aplicadas sobre objetos inanimados.
- I. Fungicida:** Agente químico que destruye los hongos patógenos y no patógenos, se usa sobre tejidos vivos y objetos inanimados.
- J. Germicida:** Es una sustancia antiséptica o desinfectante, cuyo uso implica la destrucción de todos los microorganismos vegetativos. No se aplica a los antisépticos bacteriostáticos.
- K. Germicida detergente:** Es un desinfectante al que se le han agregado surfactantes humectantes compatibles, para facilitar la rápida penetración en detritus orgánicos, sobre superficies inanimadas para asegurar una desinfección más rápida y más efectiva con una acción adicional de limpieza.
- L. Microbicida:** Es cualquier agente químico que mata más de un tipo de microorganismos, puede ser sinónimo de germicida.
- M. Microbiostático:** Agente que detiene el crecimiento de cualquier clase de microorganismo.
- N. Preservante:** Es un agente o un proceso que previene la descomposición por medios químicos o físicos.
- O. Saneador:** Es un agente que reduce la población de microorganismos contaminantes sobre objetos inanimados hasta niveles seguros determinados por la Salud Pública. El término se aplica principalmente al área de procesamiento de alimentos y es impreciso, puesto que no define una destrucción total de gérmenes, sino solamente hasta niveles potencialmente inocuos.
- P. Viricida:** Agente que destruye o inactiva los virus, se aplica principalmente a sustancias químicas usadas sobre tejidos vivos (20).

### 3.1.13 DESINFECCIÓN QUÍMICA

Los factores que intervienen en el proceso de la desinfección química son variados. Zinsser y Bayne-Jones los han resumido de esta manera.

#### Factores relacionados con la desinfección química

- a. Naturaleza química de la sustancia: Inorgánica, estructural y orgánica.
- b. Ionización constante.
- c. Concentración.
- d. Solubilidad en diluyentes y constituyentes bacterianos.
- e. Afinidad por el protoplasma celular o sus constituyentes.
- f. Modo de acción: oxidación, precipitación, etc.

#### Factores relacionados con las bacterias

- a. Especie de microorganismo.
- b. Composición química del microorganismo.
- c. Fase de crecimiento, especialmente en lo que concierne a la diferente susceptibilidad de las células jóvenes comparada con la de las viejas, o diferencias entre células de la misma edad. Las bacterias jóvenes, de ordinario, son más susceptibles que las viejas.
- d. Estructuras especiales: Esporas, cápsulas.
- e. Antecedentes del cultivo: pueden seleccionarse las formas resistentes u originarse por la exposición gradual a los agentes tópicos.
- f. Variación bacteriana por diferencias en susceptibilidad.
- g. Número de bacterias en la muestra de prueba (20).

#### Factores generales que afectan a ambos componentes y al proceso en su totalidad

- a. Temperatura: el coeficiente térmico de desinfección es alto.
- b. Fenómeno de superficie: Especialmente absorción y tensión superficial. Cambio en la permeabilidad de las membranas y en la difusión.
- c. Concentración de hidrogeniones.
- d. Presencia de otros electrolitos que influyen sobre la ionización de los compuestos químicos y en las propiedades de las células bacterianas. Como han demostrado numerosos investigadores, ésto es cierto de un modo especial para el cloruro de sodio.
- e. Presencia de sustancias orgánicas, especialmente proteínas.
- f. Presión: Importante en algunos casos, especialmente por lo que respecta a sustancias gaseosas.
- g. Tiempo.

Es obvio que, si tantos factores influyen en la acción letal de los desinfectantes sobre las bacterias, es bastante difícil escoger el mejor o conseguir las condiciones óptimas de desinfección. Debe recordarse también que estos factores se refieren al uso de los agentes

químicos "in vitro" y que cuando se emplean sobre tejidos vivos, deben considerarse muchos otros más. (20)

### 3.1.14 CONDICIONES IDEALES DE UN DESINFECTANTE

Podemos definir como desinfectantes los agentes que destruyen los microorganismos patógenos. El término esterilizante sustituye muchas veces la designación desinfectante, principalmente en la industria de alimentos en el tratamiento del agua de bebida.

El desinfectante ideal debe reunir ciertas características. Si un desinfectante determinado se acerca a las condiciones del ideal, es útil para el empleo general. Las características más importantes son las siguientes (20).

#### A. Eficacia y poder Germicida

Se refiere a la actividad germicida en cantidad y en calidad, lo cual significa que el producto ideal debe ser activo contra toda la gama de agentes infecciosos incluyendo a las esporas bacterianas y fúngicas. La acción debe estar caracterizada por ser rápida y letal.

La capacidad germicida de un desinfectante suele compararse con la del fenol frente a una bacteria (la *Salmonella typhi*, agente productor de la fiebre tifoidea).

#### B. Estabilidad

Algunos desinfectantes en condiciones de laboratorio se muestran muy eficaces, pero en la práctica, la actividad germicida se ve disminuida por factores como: materia orgánica, temperatura, aguas duras, pH, y rápida descomposición.

Algunos desinfectantes más activos se combinan con materia orgánica, formando compuestos insolubles y precipitándose casi totalmente. Por ello, su actividad puede disminuir rápidamente, hasta el punto de no ser letal para los microorganismos.

Un producto ideal debe actuar eficazmente aún en presencia de factores adversos y ello depende de sus condiciones de fabricación y formulación.

#### C. Solubilidad

Es ideal que el desinfectante sea soluble en toda clase de solventes y a cualquier concentración; de ello depende su eficacia para desinfectar todo tipo de sustancias y elementos.

#### D. No debe ser Tóxico

Algunos desinfectantes producen reacciones secundarias como irritación en la piel y mucosas en los animales y en el hombre, llegando algunas veces a producir sensibilización (principalmente en humanos). Un buen desinfectante no debe producir ninguna reacción indeseable.

### **E. Acción Detergente y Desodorante**

Es un tipo de acción adicional de algunos desinfectantes que favorece notablemente la eficacia, además de ayudar a la limpieza. La presencia de compuestos oleosos sobre una superficie que se va a desinfectar puede anular la acción del desinfectante. Son mucho más eficaces los que son capaces de desnaturalizar sustancias malolientes y eliminar suciedad y grasas de todas clases.

### **F. Penetrabilidad**

Existen grandes diferencias en cuanto a la capacidad de penetración de los desinfectantes, algunos se absorben sobre superficies porosas o rugosas y no penetran. La presencia de tensioactivos en la fórmula favorece ampliamente esta cualidad. El desinfectante de tipo ideal debe penetrar rápida y eficazmente.

### **G. Homogeneidad**

Los desinfectantes deben ser de composición homogénea. Muchos de los desinfectantes comerciales, particularmente los preparados a base de los derivados de alquitrán, pueden variar, de vez en cuando, considerablemente en su composición y, en consecuencia, en su valor germicida.

### **H. Neutralidad sobre Materiales inertes**

Los desinfectantes no deben afectar las superficies sobre las que actúan, es frecuente que la naturaleza oxidante de algunos de ellos ataquen los metales, lo cual puede evitarse utilizando anticorrosivos en su formulación.

### **I. Economía**

Esta es una condición que debe ser analizada cuidadosamente. No se trata de encontrar el producto más económico, sino obtener la mejor relación costo-beneficio, puesto que en el análisis debe considerarse eficacia, espectro y formulación. Lo primero que se debe establecer, es la cantidad del principio activo en la solución desinfectante; ello depende de la concentración y la solución recomendada, pero los productos con igual concentración pueden tener diferente afectividad, de acuerdo con la formulación (20).

## **3.1.15 ESTADÍSTICA NO PARAMÉTRICA**

Una prueba de estadística no paramétrica es aquella cuyo modelo no especifica las condiciones de la distribución de la población de la que se extrae la muestra. Las suposiciones que se asocian con casi todas las pruebas estadísticas no paramétricas son: a) Observaciones independientes y b) Variables de continuidad básica.

Se clasifican como no paramétricos hablando estrictamente solo aquellos procedimientos que prueban hipótesis que no son afirmaciones acerca de parámetros de la población. Procedimientos a distribución libre son aquellos que no hacen suposición alguna acerca de la distribución de la población. Se acostumbra usar los términos "no paramétricos"

y a "distribución libre" intercambiabilmente y discutir los diversos procedimientos de ambos tipos bajo el encabezado de "estadísticas no paramétricas" (18).

### **3.1.16 Prueba de Proporción de tres o más poblaciones independientes.**

Cuando las respuestas de una variable de interés son de naturaleza binomial (dicotómica) o existen criterios, aunque generalmente arbitrarios, para forzar una respuesta binomial, el análisis estadístico generalmente se realiza para hacer inferencia respecto a proporciones.

La dicotomización de una variable cuantitativa, continua o discreta, ofrece menos información; sin embargo, en muchas situaciones resulta útil desarrollar pruebas estadísticas con este enfoque.

Por otra parte, en muchas situaciones no es factible obtener más que información de esta naturaleza, como en sexo, presencia o ausencia de enfermedades, etc. La situación de tres o más poblaciones es una extensión del caso de dos poblaciones independientes. Aquí la hipótesis se refiere a  $H_0 T_1=T_2=T_3.....T_k$ , T=tratamiento, es decir que las proporciones de los tratamientos respecto a una de las dos posibles respuestas son iguales.

Debido a que la distribución multinomial resulta complicada en su aplicación, la prueba de esta hipótesis se realiza a través de una aproximación de la distribución Ji cuadrado (25).

## **3.2 MARCO REFERENCIAL**

### **3.2.1 ÁREA DE ESTUDIO**

El estudio se realizó en las instalaciones del campamento de la empresa Agrobelsa y anexos S.A, ubicado en el municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla.

### **3.2.2 LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.**

El municipio de Tiquisate se encuentra a una distancia de 144 Kms. Al sur occidente de la capital. Se localiza dentro de los  $14^{\circ}16'45''$  latitud norte y los  $91^{\circ}21'57''$  longitud oeste. Colinda al Norte con Patulul y Río Bravo, Suchitepéquez; al Este con Nueva Concepción; al Sur con el océano Pacífico; al Oeste con Río Bravo, Santo Domingo y Mazatenango, Suchitepéquez. El municipio cuenta con una altitud media de 70 msnm (13).

### **3.2.3 CLIMA Y ZONA DE VIDA.**

El patrón de lluvias reportados es de 1200 hasta 2000 mm anuales, distribuidos en 140 días, principalmente en los meses de mayo a octubre. La humedad relativa tiene una media anual de 75% (16).

Según De la Cruz (9), la región se ubica en la zona de vida denominada Bosque Húmedo Subtropical (cálido), con biotemperaturas de alrededor de 27 grados C y la potencial estimada en promedio de 0.95. La vegetación natural original consistió en selvas tropicales alternando con claros y pantanos (8).

### **3.2.4 GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA.**

La superficie estudiada, según Díaz Lima, W (10), se ubica dentro de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Pacífico, formada por material aluvial que cubre los estratos de la plataforma continental, esta planicie de poca ondulación se encuentra formada de aluviones cuaternarios. El drenaje superficial está formado por los ríos Nahualate, Madre Vieja, Coyolate y sus afluentes.

## 4. OBJETIVOS

### General

Evaluar la eficacia de Cloruro de Benzonió, Vanodine Fam e Hipoclorito de sodio con el fin de substituir el uso del Formaldehído, en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación de la enfermedad del Moko del banano.

### Específico

Determinar la concentración y el desinfectante que ofrezca un nivel de desinfección igual o mejor al que presenta el Formaldehído a razón de 120 cc/litro, en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación del Moko del banano.

## 5. HIPÓTESIS

- 5.1 Al menos uno de los desinfectantes a evaluar, Cloruro de Benzonió, Vanodine FAM e Hipoclorito de sodio puede ser substituto del Formaldehído, ya que tiene igual o mejor resultado que este en cuanto a desinfección de herramientas se refiere, para evitar la diseminación del Moko del banano.
- 5.2 Al menos una de las concentraciones a evaluar de Cloruro de Benzonió, Vanodine FAM e Hipoclorito de sodio es efectiva en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación del Moko del banano, por lo cual substituirá el uso del Formaldehído.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 Área experimental

El estudio se realizó en las instalaciones del campamento de la empresa Agrobelsa y anexos S.A, ubicado en Tiquisate, departamento de Escuintla.

### 6.2 Material experimental

#### 6.2.1 Material genético de banano utilizado.

La investigación se realizó utilizando el clon Grand Naine, el cual tiene un aceptable potencial de producción y es el que ocupa mayor área cultivada en la zona. Las plantas son normalmente vigorosas, con manchas oscuras en el pseudotallo, peciolo de base abierta, frutos delgados, largos y encorvados de color verde, la pulpa presenta color blanco cremoso a amarillo pálido y muy dulce cuando madura.

#### 6.2.2 Desinfectantes evaluados

##### a. Vanodine Fam.

Vanodine es una solución de un complejo Yodo-surfactante para uso microbicida general, que posee condiciones de eficacia y estabilidad.

La formulación de Vanodine es balanceada de acuerdo con parámetros fisico-químicos que garantizan disponibilidad y estabilidad de la molécula de Yodo. Su acción se mantiene en presencia de materia orgánica y aguas duras, útil en procesos de desinfección en todo tipo de explotaciones pecuarias y agroindustriales. En los yodóforos se combina la acción microbicida del yodo con efectos sinergisantes del tensioactivo pero, finalmente, la eficacia está dada por la cantidad de yodo libre disponible para atacar los gérmenes. Una vez que el yodo ha sido liberado del surfactante hacia la fase acuosa, tiene la tendencia a disociarse en formas inactivas.

I<sub>2</sub> es la única forma que tiene acción microbicida contra bacterias, virus, hongos y otros microorganismos. La única forma de garantizar la estabilidad del I<sub>2</sub> es mantener un pH ácido en el medio de acción, es por esto que la eficacia de un yodóforo depende de la cantidad y calidad de los ácidos presentes en la fórmula.

Para el efecto la formulación de Vanodine contiene ácido sulfúrico, que resulta ideal para este propósito, también se utiliza el ácido forsfórico que, aunque menos fuerte que el anterior, se adiciona en la fórmula por sus propiedades anti corrosivas, por otra parte la adición de un surfactante debida a la capacidad de disminuir la tensión superficial le confiere a la formula características de limpiador, emulsificante, humectante, dispersante, penetrante, desodorizante y espumante, condiciones que potencializan la acción germicida porque la materia orgánica es removida más fácilmente para asegurar un mayor contacto del desinfectante con los microorganismos.

#### **b. Cloruro de benzonio (Beloran)**

Es un desinfectante muy activo de buen poder germicida incluso a bajas concentraciones. Este agente antimicrobiano posee un amplio espectro de acción contra diversas especies de gérmenes patógenos. Su buen poder humectante y de penetración hacen posible su empleo de forma sencilla como desinfectante o protección contra el crecimiento de microorganismos, viene a una concentración de 400 cc de I.A por litro de solución.

Beloran es un compuesto especial de amonio cuaternario que presenta 2 grupos hidroxilo en la molécula, lo que le confiere sus excelentes propiedades microbicidas así como solubilidad. Beloran satisface en un alto grado las cualidades que se exigen de un desinfectante. Su espectro de acción antimicrobiano abarca también bacterias gramnegativas como *E. coli*, así como levaduras, hongos y micoplasmas.

La acción antimicrobiana de Beloran no se ve afectada por la presencia de materia orgánica.(20)

#### **c. Cloro**

Se usa principalmente como saneador, más que como desinfectante. Es comúnmente utilizado para el tratamiento de aguas y en lechería. El hipoclorito de sodio y el hipoclorito de calcio son las preparaciones más frecuentes. También se usan algunos compuestos orgánicos como cloramina, diclorodimetilhidantoina, ácido dicloro o tricloro cianúrico. En general, se caracterizan por tener una alta reactividad con la materia orgánica, fuerte olor y, por ser del grupo de los halógenos, son corrosivos. Tienen amplio espectro germicida. Su mecanismo de acción consiste en desnaturalizar las proteínas alternando los procesos enzimáticos. A mayor acidez se obtiene mayor efectividad.(20)

#### d. Formol

Más precisamente conocido con el nombre de solución de formaldehído o formalina, que contiene un 37-40% de gas de formaldehído, posee una acción germicida potente que no se reduce en presencia de materia orgánica. Tiene una baja toxicidad sistémica, pero localmente es muy corrosivo, destruye las células del epitelio, también produce vapores muy penetrantes e irritantes que producen conjuntivitis e irritación del tracto respiratorio. Tiene una acción esporicida limitada. Produce desnaturalización y coagulación de las proteínas. En algunos casos se utiliza asociado con permanganato de potasio para obtener vapores desinfectantes. La ventaja del gas sobre el líquido es su mayor penetración en todo lugar que se desinfecte, su desventaja es que los gases son sumamente tóxicos (20).

### 6.3 Manejo del experimento

En esta investigación se evaluó la eficacia de tres desinfectantes, en diferentes concentraciones, comparado con la eficacia del Formaldehído para desinfección de herramientas en el control del Moko del banano. Este ensayo se realizó a nivel de vivero de la forma siguiente.

#### 6.3.1 Plantas de banano utilizadas.

Se utilizaron plantas obtenidas mediante cultivo de tejidos, esto para asegurar que el material esté libre de patógenos. Los tratamientos fueron aplicados a las plantas a las 10 semanas posteriores a su trasplante en cubetas plásticas conteniendo suelo.

El experimento se realizó en un vivero de saram, el cual permite el paso del 75% de la radiación solar, esto para evitar la luz directa de los rayos solares sobre las plantas tratadas

#### 6.3.2 Concentraciones de desinfectantes evaluados.

Vanodine FAM: 0.5, 1, 2 y 3% de producto comercial

Cloruro de Benzonio: 20, 40, 60 y 80 cc/litro

Hipoclorito de Sódico: 10, 20, 30 y 50 cc/litro

Los anteriores productos fueron comparados con Formaldehído a razón de 120 cc/litro.

Además se incluyó un testigo absoluto al cual no se le aplicó ningún tratamiento y un testigo inoculado, en el cual en lugar de utilizar un desinfectante se utilizó únicamente agua.

### 6.3.3 Realización de la inoculación:

La unidad experimental fue representada por una planta y para su inoculación se procedió de la forma siguiente.

1. Se cortó material infectado (cormo) con un bisturí.
2. Se desinfectó el bisturí por diez segundos en la solución desinfectante evaluada.
3. Se realizó una incisión superficial en el pseudotallo de la planta a la cual se aplicó el tratamiento.
4. Los anteriores pasos se repitieron en tres ocasiones para cada unidad experimental, en intervalos de 14 días cada una para simular la práctica comercial.

### 6.4 Diseño experimental.

Para los tratamientos que se evaluaron en este estudio se utilizó un diseño estadístico completamente al azar.

### 6.5 Variables de respuesta

Después de la primera inoculación se procedió a observar a intervalos de dos días las siguientes variables de respuesta.

#### 6.5.1 Días al aparecimiento de síntomas

Se contaron los días al aparecimiento de los primeros síntomas para los diferentes tratamientos.

#### 6.5.2 Presencia o ausencia de la bacteria (análisis de laboratorio)

Se determinó la presencia o ausencia de la bacteria utilizando el medio de cultivo específico de Kelman (17), el cual además nos permitió identificar el tipo de *Ralstonia solanacearum* Raza 2, y así poder determinar cuál de los tratamientos evaluados ofrece una desinfección del 100%.

## 6.6 Unidad experimental

Cada planta se tomó como una unidad experimental, existiendo un total de 15 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, por lo que resultaron 150 unidades experimentales.

## 6.7 Análisis estadístico

Para la variable presencia o ausencia de la bacteria, se procedió a realizar una prueba de Estadística no Paramétrica llamada **Proporción de tres o más poblaciones independientes**, ya que se cumplieron las siguientes condiciones para poder aplicarla.

- a: Tres o más tratamientos independientes
- b: Variable de respuesta binomial (dicotómica)

Se utilizó un nivel de significancia del 5%, evaluando las siguientes hipótesis.

**H<sub>0</sub>:** Todos los desinfectantes producen la misma eficacia en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación de *R. solanacearum* Raza 2.

**H<sub>a</sub>:** Al menos un desinfectante produce diferente eficacia en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación de *R. solanacearum* Raza 2.

Además se realizó un prueba de Normalidad para la variable número de días al apareamiento de síntomas, pero debido a que no hubo normalidad de los datos, y no existir ninguna incertidumbre acerca de cual fue el mejor tratamiento, se procedió a graficar y discutir los resultados de dicha variable.

## 6.8 Tratamientos

Se evaluaron 15 tratamientos con 10 repeticiones cada uno, que corresponden a cada desinfectante evaluado y sus respectivas concentraciones, además el testigo absoluto y el testigo inoculado. El ordenamiento de los tratamientos puede observarse en el cuadro 4.

#### Cuadro 4. Tratamientos evaluados.

P.C= Producto comercial

Trat. No.	Desinfectante	Concentración
1	Vanodine FAM	0.5 % de P.C
2	Vanodine FAM	1 % de P.C
3	Vanodine FAM	2 % de P.C
4	Vanodine FAM	3 % de P.C
5	Cloruro de Benzonio	20 cc/litro
6	Cloruro de Benzonio	40 cc/litro
7	Cloruro de Benzonio	60 cc/litro
8	Cloruro de Benzonio	80 cc/litro
9	Hipoclorito de Sodio	1 cc/litro
10	Hipoclorito de Sodio	2 cc/litro
11	Hipoclorito de Sodio	3 cc/litro
12	Hipoclorito de Sodio	5 cc/litro
13	Formaldehído	120 cc/litro
14	Testigo absoluto	0
15	Testigo inoculado	0

**Nota:** Las concentraciones evaluadas de Vanodine son presentadas en % de producto comercial, ya que si bien es cierto que el I<sub>2</sub> es el único agente microbicida en este producto, debido a su formulación se sabe que aproximadamente el 80% del I<sub>2</sub> contenido en la fórmula es liberado en la solución acuosa, por lo tanto se prefiere presentarlo de esta manera que es como en la práctica se recomienda para su uso comercial

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Presencia o ausencia de la bacteria

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la variable de respuesta, Presencia o ausencia de la bacteria, la cual es la variable principal, debido a que es un objetivo de la investigación el de encontrar un desinfectante con resultados iguales o mejores en desinfección que los ofrecidos por el formaldehído 120 cc/litro. La presencia o ausencia de la bacteria en los diferentes tratamientos se puede observar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados obtenidos de la variable de respuesta Presencia o ausencia de la bacteria.

Tratamientos evaluados expresado en cc/litro de Sol.	Be 20	Be 40	Be 60	Be 80	Va 0.5	Va 1	Va 2	Va 3	Cl 10	Cl 20	Cl 30	Cl 50	For 120	T.A	T.I	Total
Plantas enfermas	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	0	10	17
Plantas sanas	8	10	10	10	8	9	10	10	10	10	10	10	8	10	0	133
Total	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	150

Nota: El desinfectantes Vanodine se expresan en % de Producto comercial y el Cloruro de Benzonio, Hipoclorito de Sodio y Formaldehído en cc/litro de solución.

Be = Cloruro de Benzonio

Cl = Hipoclorito de Sodio

T.A = Testigo absoluto

Va = Vanodine

For = Formaldehído

T.I = Testigo inoculado

Las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad fueron debidamente empacadas y llevadas al laboratorio de Diagnóstico Fitopatológico de la FAUSAC, para realizar los respectivos cultivos bacterianos en el medio específico de Kelman, resultando positivos a *R. solanacearum* Raza 2 todos los cultivos e identificándola como el tipo SFR, debido a las características de las colonias formadas, las cuales fueron redondas, fluidas y pequeñas, rojas en su corteza con márgenes blancos. Estas características pueden observarse en la figura 7.

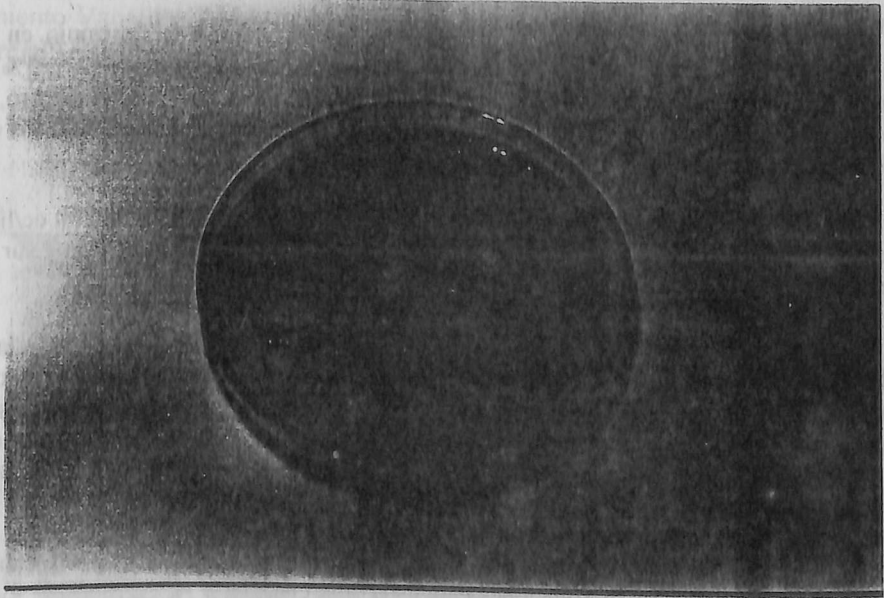


Figura 7: Estriado de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 tipo SFR en medio de cultivo de Kelman, mostrando las características distintivas del tipo.

Debido a la naturaleza de los datos obtenidos, los cuales cumplen con los supuestos de existir tres o más tratamientos evaluados e independientes y variable de respuesta binomial, se procedió a realizar una prueba de Estadística no Paramétrica llamada **Proporción de tres o más poblaciones independientes**, para la cual se presenta en el apéndice, la salida del proceso con el paquete de cómputo Statistica.

Los datos procesados presentaron un valor de Ji cuadrado tabulado de 23.7, el cual es menor al valor de Ji cuadrado calculado de 93.55, por lo tanto cae en la región de rechazo, y por lo tanto rechazamos la Hipótesis nula que dice: Todos los desinfectantes producen la misma eficacia en la desinfección de herramientas y aceptamos la Hipótesis alternativa: Al menos uno de los desinfectantes evaluados produce resultados de eficacia diferentes.

De acuerdo al análisis anterior se tiene evidencia suficiente para aseverar que los tratamientos evaluados tienen diferencia significativa en cuanto al control de *R. solanacearum* Raza 2 Tipo SFR.

De los desinfectantes evaluados, los mejores son el Cloruro de Benzonió en las concentraciones de 40 a 80 cc/litro, Vanodine Fam en concentraciones del 2 y 3% de producto comercial y el Hipoclorito de Sodio en concentraciones de 10 a 50 cc/litro, ya que presentaron un 100% de eficacia en la desinfección de la herramienta, que es lo que realmente se persigue en un desinfectante a utilizar para este fin.

Además se pudo establecer que el Formaldehído en la concentración de 120 cc/litro, que es el que actualmente se utiliza en algunas fincas bananeras de la costa sur de Guatemala, no es 100% efectivo en el control del moko.

Se puede observar en el cuadro 6, que el Hipoclorito de sodio es el desinfectante más barato, pero tiene el inconveniente de reaccionar con la materia orgánica, lo cual podría ocasionar reducción en su efectividad, pero podría utilizarse en los recipientes en donde se sumerge la herramienta del personal que llega todos las mañanas a trabajar a la finca, o para desinfectar las herramientas utilizadas en las áreas cuarentenadas cuando se finalicen las labores en dichas zonas.

**Cuadro 6.** Precio en Quetzales por litro de producto comercial de los desinfectantes evaluados y valor de realizar las soluciones para uso comercial.

Producto comercial	Precio por litro de producto comercial	Valor del producto en un volumen de 200 litros de solución en la concentración más baja efectiva.
Beloran 400 SL 10% de P.C	92.00	1840.00
Formaldehído 37.2 SL al 12% de I.A.	5.00	322.50
Vanodine Fam al 2% de P.C.	57.68	115.36
Hipoclorito de Sodio 65 S.l al 1% de I.A	20.00	61.53

El segundo desinfectante más barato es el Vanodine FAM al 2% de P.C, el cual sería el sustituto ideal del Formaldehído, debido a que además de tener un menor costo, no ocasiona irritabilidad en la piel, y se puede utilizar para desinfectar las manos de los desfloradores (Figura 8), y así evitar la transmisión del Moko mediante el látex que va quedando en los dedos de éstos. La anterior aplicación de Vanodine FAM al 2% de P.C fue producto de una evaluación realizada durante la ejecución de esta investigación debido a la necesidad de encontrar un producto desinfectante para el proceso de desflor, en el cual se evaluaron los productos anteriores en las concentraciones más bajas efectivas en la desinfección de herramientas. De este proceso de evaluación el tratamiento Vanodine FAM al 2% de P.C presento una buena desinfección y además no causo ningún tipo de

irritabilidad en la piel de las manos de los trabajadores. Fue de esta manera como el tratamiento Vanodine FAM al 2% se eligió y actualmente se utiliza en dicha labor a nivel comercial.

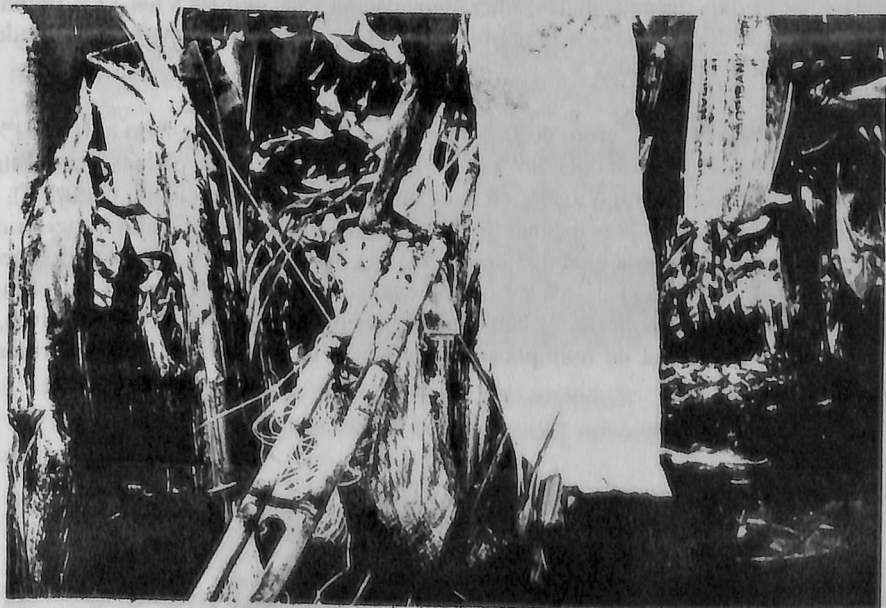


Figura 8: Desflorador portando su esponja impregnada con la solución de Vanodine

El Cloruro de Benzonió, es 100% eficaz a una concentración de 40 cc/litro, no produce vapores dañinos y es mucho menos irritante que el Formaldehído, pero tiene la desventaja de que su precio es elevado comparado con otros desinfectantes evaluados.

## 7.2 Días al aparecimiento de síntomas

La variable de respuesta, número de días al aparecimiento de síntomas es importante debido a que nos permite observar a través del tiempo, de cómo la bacteria se va diseminando dentro de la planta y cuanto puede tardar en mostrar síntomas. Lo anterior está íntimamente relacionado con la patogenicidad de la bacteria y la capacidad desinfectante de los productos evaluados. La patogenicidad y virulencia de la bacteria puede observarse en el testigo inoculado (figuras 10, 11 y 12) el cual presenta los primeros síntomas a los 11 días después de la primera inoculación y las últimas a los 37 y 39 días, lo anterior concuerda con lo que ocurre también a nivel de plantación comercial en donde las condiciones no son controladas.

En los tratamientos Cloruro de Benzonio 20 cc/litro, Vanodine Fam al 0.5 y 1% de P.C (figuras 13 y 14), Formaldehído 120 cc/litro (figura 15), las plantas presentaron síntomas en un lapso de tiempo mayor en comparación al testigo inoculado (figura 9), esto posiblemente debido a que la velocidad de multiplicación de la bacteria en el interior de la planta depende también de la cantidad de inóculo que haya recibido, lo que podría ser un factor que afecte la eficacia de los productos evaluados, ya que posiblemente eliminen cierta concentración de la bacteria, pero pueden quedar células bacterianas activas, las cuales tienen la capacidad de multiplicarse y provocar la enfermedad en un periodo de tiempo mayor.

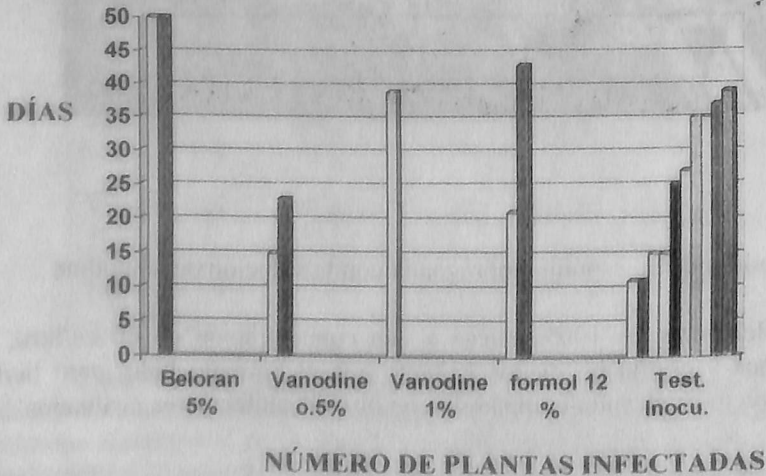


Figura 9. Tratamientos que presentaron síntomas de moko y días al aparecimiento los mismos.



Figura 10: Secuencia en la que fueron presentándose los síntomas las unidades experimentales del testigo inoculado, la cual se puede apreciar en esta figura y en las dos posteriores.



Figura 11: Secuencia del apareamiento de síntomas de moko en las unidades experimentales del testigo inoculado.



Figura 12: Secuencia del aparecimiento de síntomas de moko en las unidades experimentales del testigo inoculado en la cual todas ya presentan los síntomas de moko.

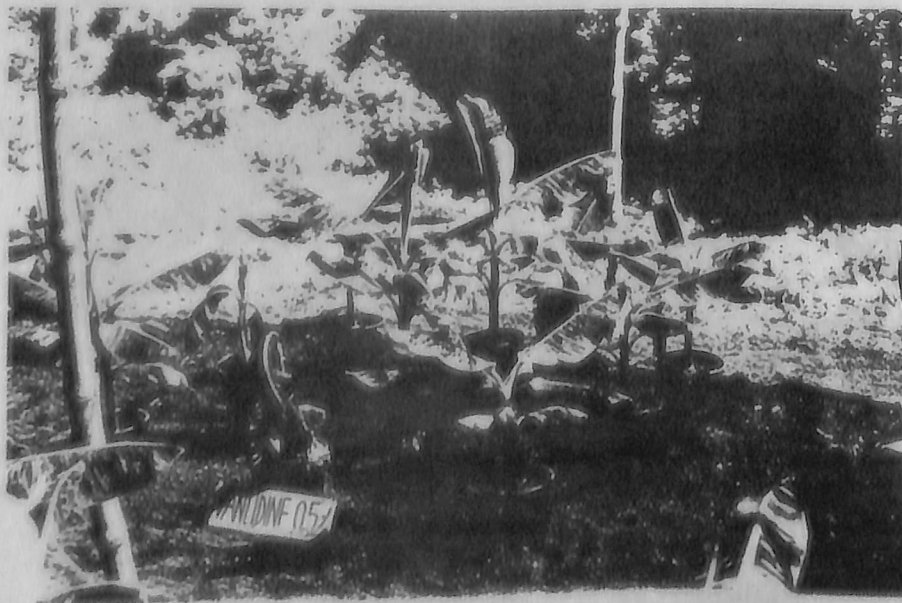


Figura 13: Fotografía que muestra las dos unidades experimentales con síntomas de moko en el tratamiento Vanodine Fam 0.5% de P.C

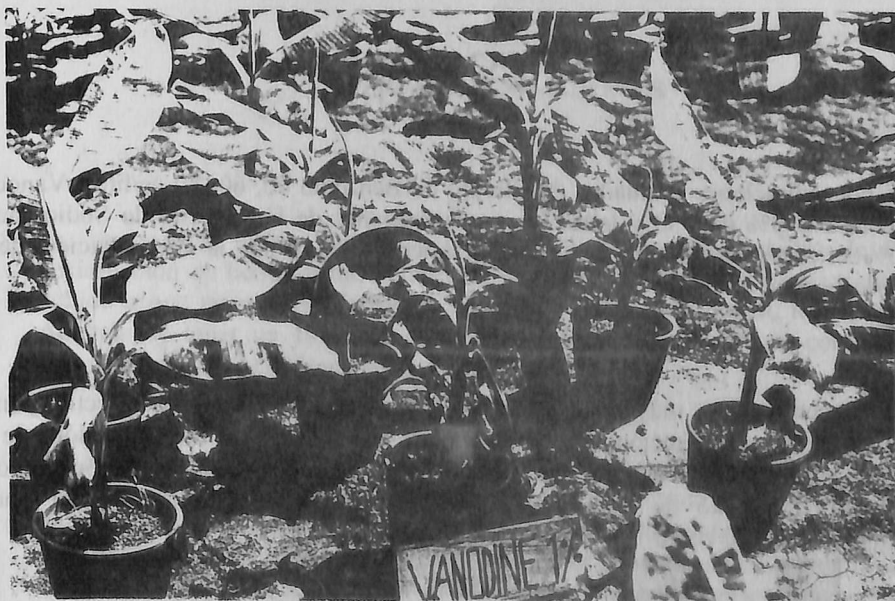


Figura 14: Unidad experimental infectada con moko del tratamiento Vanodine Fam 1% de P.C



Figura 15: Primera unidad experimental en mostrar síntomas de moko en el tratamiento Formaldehído al 12% de I.A

## 8. CONCLUSIONES

8.1 Las concentraciones evaluadas de Cloruro de Benzonio 40, 60, 80 cc/litro, Vanodine Fam al 2 y 3% de P.C y todas las concentraciones de Hipoclorito de Sodio fueron 100% eficaces en desinfección de herramienta para evitar la diseminación de *R. solanacearum* Raza 2.

8.2 Las concentraciones más bajas de los productos evaluados que fueron efectivas en un 100% en la desinfección de herramientas, para evitar la diseminación de *R. solanacearum* Raza 2 fueron: Vanodine FAM al 2% de P.C, Cloruro de Benzonio 40 cc/litro, Hipoclorito de Sodio 10 cc/litro, superando la eficacia ofrecida por el Formaldehído 120 cc/litro

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Se recomienda el uso de una solución de Vanodine Fam al 2% de P.C, en la desinfección de herramientas para evitar la diseminación de *R. solanacearum* Raza 2, debido a que no ocasiona irritación en la piel de quien lo utiliza, ni vapores tóxicos. Además de tener un 100% de efectividad y un menor precio en comparación a la solución de Cloruro de Benzonio y Formaldehído.
- 9.2 Se recomienda el uso de Hipoclorito de Sodio en una solución del 1% de ingrediente activo, en la desinfección de la herramienta que es ingresada por las mañanas a la finca por el personal y en la desinfección de herramienta utilizada en áreas cuarentenadas cuando se finalizan las labores en ellas, pero no es conveniente su uso en las labores de campo, ya que aunque su costo es menor que Vanodine, reacciona con la materia orgánica y esto puede causar una reducción en su efectividad.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G.N. 1997. Plant pathology. 4 ed. Estados Unidos, Academic Press. 635 p.
2. BELCAZAR C., S.L.; TURO M., J.C.; JARAMILLO, C. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Cali, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario. Manual de Asistencia Técnica no. 50. 376 p.
3. BERG, L.A. 1971. Weed host of *Pseudomonas solanacearum* (SFR STRAIN) causing bacterial with of bananas. *Phytopathology*. 61(10):1314-1315.
4. BUDDENHAGEN, I.W.; 1960. Strains of *Pseudomonas solanacearum* in indigenous hosts in banana plantations of Costa Rica and their relationship to bacterial wilt of bananas. *Phytopathology*. 50(9):660-664.
5. BUDENHAGEN, I.W.; KELMAN, A. 1964. Biological and pysiological aspects of Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Ann. Rev. Phytopath.* 2:203-230.
6. BUDDENHAGEN, I.W.; SEQUEIRA, L. 1958. Desinfectants and tool desinfection of spread of bacterial wilt of bananas. *Pl. Dis. Repr.* 42 1399-1409.
7. CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of clasification of flowering plants. New Tork, Columbia University Press. P. 23, 17-18,
8. CRUS S., J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. CHAMPION, J. 1968. El plátano. Trad. Al español por Fermín Palomeque. Barcelona España, Blume. 247 p.
10. DIAZ LIMA, W. 1987. Estudio preliminar de uso potencial del suelo para riego y drenaje en 200000 Has.; proyecto Tiquisate-Nueva Concepción, Escuintla. Guatemala, Dirección de Recursos Naturales Renovables, Departamento de Estudios de Suelos. 58 p.
11. GALVEZ, G.; LOZANO, C. 1974. Marchitamiento bacterial (Moko) del plátano y y banano causado por *Pseudomonas solanacearum* y su control en Colombia. *Revista I.C.A. (Col)* 9 (2):137-157.
12. GONZÁLES, M. 1987. Enfermedades del cultivo del banano. Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Programa de Comunicación Agrícola. 98 p.

13. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1983. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. Tomo 4, p. 89-91; 751-753.
14. HAYWRD, A.C. 1964. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum*. J. Appl. Bacteriol. 27:265-277.
15. HIDIGORAS, B.A. 1981, Estudio comparativo de productos químicos herbicidas usados en el control de malezas en el cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.) Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 62 p.
16. IICA. 1991. Desarrollo de la ganadería bovina de doble propósito en Guatemala; estudio de caso, Guatemala. 119 p.
17. KELMAN, A. 1954. The relationship of pathogenicity of *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance in a tetracycline medium. Phytopathology 44(3):693-695.
18. MIYARES, R.A. 1986. Paquete de programas en lenguaje Basic para pruebas estadísticas no paramétricas usuales. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 60 p.
19. OROZCO MIRANDA, E.F. 1987. Colonización de raíces de plantas deninhas por *Ralstonia solanacearum* "in vitro" em casa-de-vegetacao. Tesis de Maestria. Brasilia, D.F, Universidade de Brasilia, Departamento de Fitopatología. 114 p.
20. PFIZER. DIVISION DE SALUD ANIMAL. s.f. Manual de desinfección y desinfectantes. s.f. 55 p.
21. RILLO, A.R. 1979. Bacterial wilt of banana in the Philipines. F.A.O. Plant Protection Bulletin. 27(4):105-108.
22. RORER, J.B. 1911. A bacterial disease of bananas and plantains. Phytopathology 1:45-49.
23. RUIZ MORALES, J.C. 1990. Determinación de la susceptibilidad a "moko del banano" causado por *Pseudomonas solanacearum* Raza 2, en las musáceas existentes en la zona Bananera de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 23 p.
24. SALAS, J.A. 1994. Moko o marchitez bacterial causado por *Pseudomonas solanacearum*. E.F. Smith y su combate. Costa Rica, Compañía Bananera Atlantica. 31 p.

25. SIBRIÁN, R. 1984. Manual de técnicas estadísticas simplificadas. Panamá, INCAP, Unidad Estadística. 60 p.
26. SIMMONS, N.W. 1973, Los plátanos. España, Blume. 539 p
27. SOTO, M. 1985. Bananos, cultivo y comercialización. Costa Rica, Editorial Lil. 726 p.
28. STOVER, R.H. 1972. Banana plantain and abaca diseases Ne York, Columbia University Press. P. 189-203.
29. UNITED BRANDS Co. DIVISION OF TROPICAL RESEARCH. 1977. Control de la enfermedad de moko. Costa Rica. Instrucciones Técnicas. No 77-1. 15 p.
30. VÁSQUEZ, N.A. 1987. Determinación de las principales malezas asociadas al cultivo el banano (*Musa sapientum* L.) y su condición hospedante a *Pseudomonas solanacearum* Raza 2, en la Región nor Atlántica de Guatemala. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 26 p.

Co. Do  
Roberto

## 11 APÉNDICE

CUADRO 1A. Salida del proceso de los datos de la variable de respuesta Presencia o Ausencias de la Bacteria, realizado con el programa Statistica.

STATISTICA. File Server - [Observed vs. Expected Frequencies (datos mediano sta)]

Chi-Square = 93.52946 df = 29 p < .000000  
NOTE: Unequal sums of obs. & exp. frequencies

Case	observed OBSERV	expected ESPERAD	O - E	(O-E) <sup>2</sup> / E
C1	2.0000	1.1300	.87000	.66982
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	2.0000	1.1300	.87000	.66982
C1	1.0000	1.1300	-.13000	.01496
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	2.0000	1.1300	.87000	.66982
C1	0.0000	1.1300	-1.13000	1.13000
C1	10.0000	1.1300	8.87000	69.62557

CUADRO 1A. Salida del proceso de los datos de la variable de respuesta Presencia o Ausencias de la Bacteria, realizado con el programa Statistica.

C1	16	8.0000	8.8600	-.86000	.88348
C1	17	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	18	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	19	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	20	8.0000	8.8600	-.86000	.88348
C1	21	9.0000	8.8600	.14000	.00221
C1	22	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	23	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	24	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	25	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	26	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	27	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	28	8.0000	8.8600	-.86000	.88348
C1	29	10.0000	8.8600	1.14000	1.46668
C1	30	0.0000	8.8600	-8.86000	8.86000
NUM		150.0000	149.8500	.15000	93.52946



Figura 1A: Personal encargado de realizar la inspección de moko en una de las fincas de Agrobelsa y Anexos S.A.



FIGURA 2A: Disposición de las unidades experimentales en el invernadero.

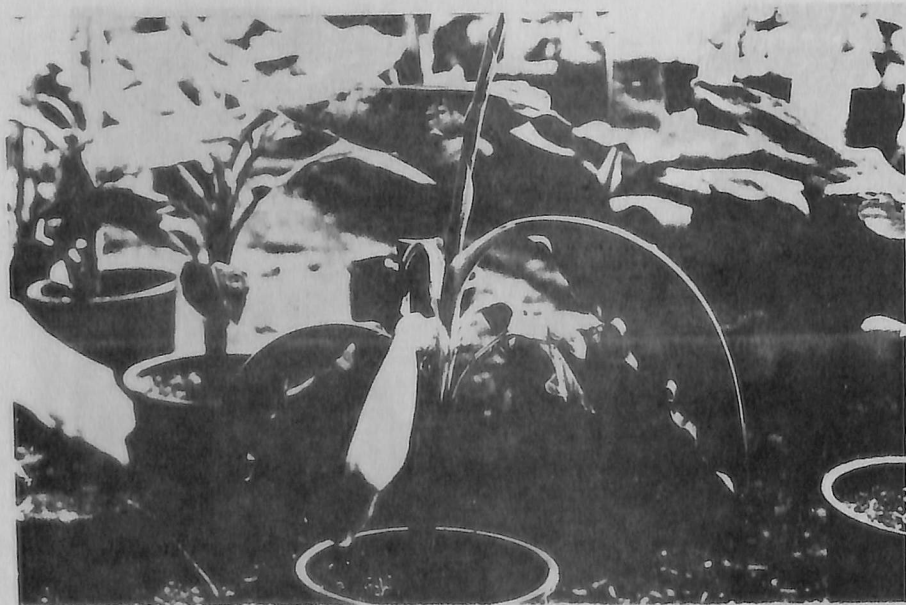


Figura 3A: Síntoma de la enfermedad del Moko en una de las unidades experimentales.



Figura 4A: Unidades experimentales con el tratamiento de Hipoclorito de Sodio 10 cc/litro en el cual ninguna planta se infectó con moko.



Figura 5A: Unidades experimentales sin síntomas de moko del testigo absoluto, en el cual no se realizó ningún tipo de inoculación

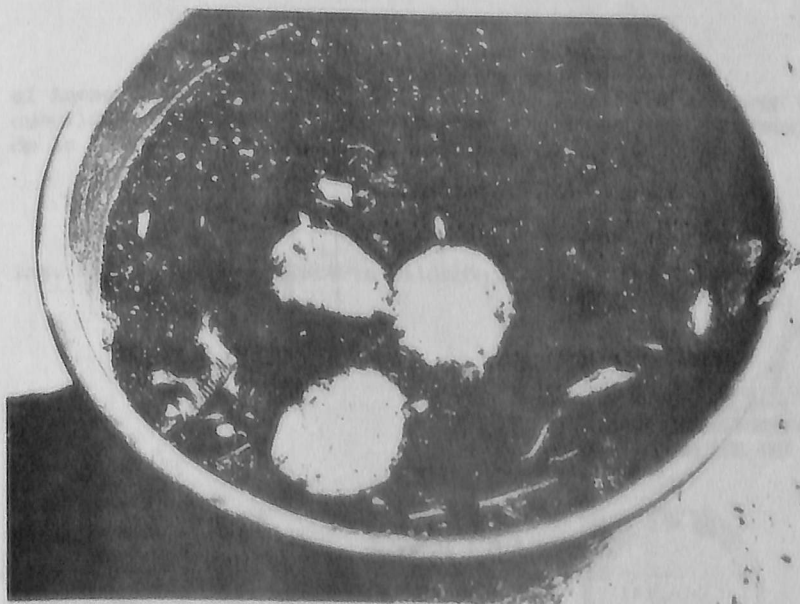


Figura 6A: Coloración amarillo rojiza característica del moko, en el área límite entre el cilindro central y la corteza, de un rizoma de una de las unidades experimentales infectadas.



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CLORURO DE BENZONIO, VANADINE FAM E HIPOCLORITO DE SODIO, COMO POSIBLES SUSTITUTOS DEL FORMALDEHIDO EN LA DESINFECCION DE HERRAMIENTAS, PARA EL CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO DEL BANANO Ralstonia solanacearum Raza 2 (smith 1896) Comb.Nov, Yabuuchi et al., (1995)".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JULIO CESAR ARGUETA MEDRANO

CARNET No: 9510089

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Jorge Omar Samayoa Juárez  
Ing. Agr. Alvaro G. Hernández Dávila  
Ing. Agr. Gustavo A. Alvarez Valenzuela

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. M.Sc. José Humberto Calderón Díaz  
A S E S O R

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López  
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E



Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera  
D E C A N O  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

APARTADO POSTAL 1546 § 01091 GUATEMALA, C.A.

TEL/FAX (502) 478-9794

e-mail: [liusac.edu.gt](mailto:liusac.edu.gt) § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

cc:Control Académico  
IIA.  
Archivo  
AO/prr