

**EL MOKO (*Ralstonia solanacearum*) EN PLÁTANO Y BANANO:  
INCIDENCIA Y MEDIDAS ALTERNATIVAS DE CONTROL EN EL  
CONTEXTO COLOMBIANO.**

**JHENNY YOMARA AGUDELO VALENCIA**

**VILMA CAROLINA FLOREZ MOGOLLON**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA –UNAD-  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO  
AMBIENTE – ECAPMA**

**ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGRARIA  
DOSQUEBRADAS RISARALDA**

**2019**

**EL MOKO (*Ralstonia solanacearum*) EN PLÁTANO Y BANANO:  
INCIDENCIA Y MEDIDAS ALTERNATIVAS DE CONTROL EN EL  
CONTEXTO COLOMBIANO.**

**JHENNY YOMARA AGUDELO VALENCIA**

**VILMA CAROLINA FLOREZ MOGOLLON**

**ASESOR**

**MANUEL FRANCISCO POLANCO PUERTA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA –UNAD-  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO  
AMBIENTE – ECAPMA-**

**ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA AGRARIA**

**DOSQUEBRADAS RISARALDA**

**2019**

**Nota aclaratoria.**

La escuela y los jurados no se hacen responsables por los conceptos emitidos por el autor.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

## **DEDICATORIA**

Los autores dedicamos esta monografía a Dios por brindarnos la fortaleza para culminar con éxito esta nueva etapa, a nuestras familias y esposo por su apoyo incondicional, a los productores de plátano del Quindío y Risaralda, por abrir las puertas de sus fincas para realizar nuestra búsqueda de información en campo, a los Doctores José Camilo Torres y Manuel Francisco Polanco por su conocimiento y sugerencias en cada momento de la realización del presente documento.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus  
agradecimientos a:

Los productores de plátano de los municipios de Quimbaya, y Filandia en el departamento del Quindío, La Celia y Marsella en el departamento de Risaralda, a los entes Gubernamentales, alcaldías, Umatas de estos municipios, a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por el apoyo constante en este proceso.

## RESUMEN

El plátano (*Musa paradisiaca*), es un fruto de importancia económica en Colombia y el mundo; en Colombia según (Dane,2017) cuenta con 232.006 ha. y una producción 1.235.400 ton. representa la base de la canasta familiar colombiana y hace parte de la seguridad alimentaria de miles de personas en el país, su consumo per cápita alcanza 155kg/persona/año. Es cultivado en el 100 % del territorio colombiano; pero en la actualidad cuenta con un flagelo fitosanitario nacional, la enfermedad del “Moko”, causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1993), Raza 2. Es una enfermedad devastadora penetra en la planta a través de las raíces o de heridas causadas por insectos; se establece en la xilema ocasionando un taponamiento que impide el flujo de agua hacia las partes aéreas de la planta, manifestando síntomas como marchitez y finalmente su muerte (ICA, 2014). Su control se limita a medidas preventivas, uso excesivo de agroquímicos y erradicación de cultivos enfermos. Con el fin de contribuir en el manejo de este problema se realizó una revisión de literatura enfocada a determinar la incidencia y alternativas de control de la enfermedad, tanto en plátano, como en banano. De acuerdo a los resultados se pudo evidenciar que a la fecha no existen protocolos definidos que permitan la eliminación de la bacteria en un 100% pero que, con medidas de manejo integral, aplicación de protocolo ICA y manejo del material vegetal es posible disminuir focos de infección y control e incluir alternativas como lo citadas en el presente documento.

**Palabras clave:** Cultivo, Infección, Fitopatógeno, Ocurrencia, Protocolos.

## ABSTRACT

Banana (*Musa paradisiaca*), is a fruit of economic importance in Colombia and the world; in Colombia according to (Dane, 2017) it has 232,006 ha. and a production 1,235,400 ton. It represents the base of the Colombian family basket and is part of the food security of thousands of people in the country, its per capita consumption reaches 155kg / person / year. It is cultivated in 100% of the Colombian territory; but currently it has a national phytosanitary scourge, the “Moko” disease caused by the *Ralstonia solanacearum* bacteria (Smith, 1993), Race 2. It is a devastating disease penetrates the plant through the roots or wounds caused by insects; It is established in the xylem causing a tamponade that prevents the flow of water to the aerial parts of the plant, manifesting symptoms such as wilting and finally its death (ICA, 2014). Its control is limited to preventive measures, excessive use of agrochemicals and eradication of sick crops. In order to contribute to the management of this problem, a literature review focused on determining the incidence and alternatives of disease control was carried out, both in banana and banana. According to the results it was possible to demonstrate that to date there are no defined protocols that allow the elimination of the bacteria by 100% but that, with measures of integral management, application of ICA protocol and management of plant material it is possible to reduce foci of infection and control and include alternatives cited in this document.

***Keywords:*** *Cultivation, infection, Occurrence, Phytopathogenic Protocols.*



# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	17
4. OBJETIVOS	19
5. METODOLOGÍA	20
6. DESARROLLO	24
6.1.1 Clasificación Taxonómica	24
6.1.2 Descripción morfológica de <i>R. solanacearum</i>	24
6.1.3 Razas y clasificación	26
6.1.4 Forma de transmisión e infección de <i>R. solanacearum</i> al plátano.	27
6.1.5 Sistema de defensa de la planta a <i>R. solanacearum</i> .	28
6.1.5 Sintomatología y formas de identificación de la enfermedad	30
6.1.5.1 Síntomas externos:	31
6.1.5.2 Síntomas internos	31
6.1.5.2.1 Síntomas en Cormo (Rizoma):	31
6.1.5.2.2 Síntomas en racimos:	32
6.1.5.2.3 Síntomas en seudotallo:	33
6.1.5.2.4 Síntomas en raquis:	33
6.1.5.2.5 Síntomas en colinos y plantas jóvenes:	34
6.1.5.2.6 Síntomas en plantas adultas	35
6.2 INCIDENCIA Y PROLIFERACIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO <i>RALSTONIA SOLANASEARUM</i> EN LOS CULTIVOS DE PLÁTANO Y BANANO EN COLOMBIA	36
6.2.1 Generalidades de la enfermedad del Moko a nivel mundial en los cultivos de plátano y banano	38
6.2.2 El moko en los cultivos de plátano y banano en Colombia.	40

<b>6.3.1 Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (<i>Musa spp.</i>) en Colombia</b> -----	<b>43</b>
<b>6.3.2 Diseminación de la enfermedad:</b> -----	<b>44</b>
<b>6.3.3 Manejo integrado de la enfermedad Prevención</b> -----	<b>44</b>
<b>6.3.4 Monitoreo del moko</b> -----	<b>45</b>
<b>7.1.4 Intervención Manejo de focos de la enfermedad:</b> -----	<b>45</b>
7.1.4.1 Zonificación del cultivo para implementar prácticas de manejo de la enfermedad -----	<b>46</b>
7.1.4.2 Instrucciones para la zona roja-----	<b>46</b>
7.4.1.3 Zona amarilla-----	<b>47</b>
7.1.4.3.1 Instrucciones para la zona amarilla:-----	<b>48</b>
7.1.4.4 Instrucciones para la zona verde:-----	<b>48</b>
<b>6.4.1 Manejo integrado del moko en plátano</b> -----	<b>49</b>
<b>6.4.1.1 Control cultural</b> -----	<b>49</b>
<b>6.4.1.2 Prevención</b> -----	<b>50</b>
<b>8.1.3 Monitoreo del moko</b> -----	<b>51</b>
<b>8.1.3 Control biológico.</b> -----	<b>51</b>
<b>8.1.4 Control genético</b> -----	<b>52</b>
<b>8.2 Manejo y multiplicación de semilla de plátano y banano</b> -----	<b>53</b>
<b>8.2.1 Técnica tras</b> -----	<b>54</b>
<b>8.2.3 Micro túneles de propagación</b> -----	<b>54</b>
<b>8.2.4 Conocimiento de los productores de la enfermedad del moko y su manejo adecuado.</b> -----	<b>56</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b> -----	<b>61</b>
<b>10. RECOMENDACIONES</b> -----	<b>63</b>
<b>11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b> -----	<b>64</b>

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3 Microscopía electrónica Ralstonia solanacearum raza1 biovar 3.</i>	24
<i>Figura 4 A) Colonias de Ralstonia solanacearum en medio de cultivo TZC; B) Nótese el color rojo característico en el centro rodeado de una zona blanca, colonia típica virulenta.</i>	25
<i>Figura 5 Sintomatología de Moko: (A Y B) nótese en ambas imágenes las características de las hojas amarillentas en A) se observa fruto afectado y plantas cercanas contaminadas con la enfermedad B) se evidencia hoja bandera con síntomas de la enfermedad y fruto afectado</i>	28
<i>Figura 6 Ciclo de vida del Moko en plátano, (Ralstonia solanacearum raza 2).</i>	30
<i>Figura 7 Sintomatología de moko R. solanasearum en cormo</i>	32
<i>Figura 8 Sintomatología de moko en fruto de plátano</i>	32
<i>Figura 9 Sintomatología de moko R. solanacearum enseudotallo</i>	33
<i>Figura 10 Sintomatología de moko R. solanasearum en raquis</i>	34
<i>Figura 11 Sintomatología de moko R. solanasearum en colinos</i>	34
<i>Figura 12 Sintomatología de moko R. solanasearum en plantas adultas</i>	35
<i>Figura 13 Representación gráfica de dos casos (a y b) hipotéticos de la distribución de la enfermedad de moko en una misma localidad con 6 fincas de 50 hectáreas cada una y 12 focos en total.</i>	37
<i>Figura 14 Distribución geográfica del moko del plátano R. solanacearum raza 2</i>	39
<i>Figura 15 Regiones con Incidencia del moko en plátano y banano en Colombia datos tomados de Corpoica 2016 consulta en el siguiente link:- <a href="https://drive.google.com/open?id=10C_uFXD00-0QRBUQvEMn360agaHCzla3&amp;usp=sharing">https://drive.google.com/open?id=10C_uFXD00-0QRBUQvEMn360agaHCzla3&amp;usp=sharing</a></i>	42
<i>Figura 16 Patrón de incidencia de plátano vs hidrología en el Departamento del Quindío</i>	43
<i>Figura 17 Lavapies (a) Desinfección de calzado, a la entrada y salida del lote. (b) Desinfección de herramientas. Fuente (Alarcón &amp; Jiménez, 2012)</i>	51
<i>Figura 18 Eliminación de dominancia apical en cormo de plátano</i>	55
<i>Figura 19 a) Técnica de elaboración de microtunel, B) Microtunel con semilla en proceso de emergencia Fuente (Cardona,2019)</i>	56
<i>Figura 20 Síntomas de la enfermedad del Moko que los productores identifican en la planta de plátano y banano en campo</i>	57
<i>Figura 21 Medidas sanitarias realizadas por los productores para evitar la contaminación con Moko en su cultivo de plátano o banano. Fuente propia</i>	58

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Consulta de literatura en 4 bases de datos</i> _____	21
<i>Tabla 2 Clasificación de la búsqueda en base de datos</i> _____	21
<b><i>Tabla 3 Distribución geográfica del moko del plátano <i>R. solanasearum</i> raza 2 a nivel mundial Fuente (EPPO-PQR.2014; CABI, 2014)</i></b> _____	39

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de plátano en Colombia es uno de los más representativos y prometedores del país, pues se da en todas las regiones y durante todo el año. Es el sustento de miles de familias en Colombia y por su valor nutricional es utilizado tanto para alimentación humana y como alternativa en la alimentación animal.

Su producción es anual y representa un importante renglón en la economía nacional, la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2017), afirma que en 2017 el área plantada o sembrada por el grupo de cultivos de tubérculos y plátano correspondió a 497.867 ha. de los cuales el cultivo de plátano tenía una participación del 46.6% es decir contaba con un área sembrada de 232.006 ha. y el área en edad productiva o cosechada para este grupo fue de 444.301 ha. Donde el plátano está representado por el 39.7 % es decir 176.387,5 ha. y basados en la misma fuente La Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2016), afirma que durante el año 2015 en Colombia se contaba con 236.759 hectáreas sembradas en plátano, de las cuales se cosecharon 185.291, obteniendo una producción de 1.235.400 toneladas, con rendimientos promedios de 6,7 toneladas por hectárea al año. Lo anterior demuestra que a la fecha en el 2017 se evidencia una reducción del área cultivada en plátano representada en 4.753 ha. menos comparadas con el área sembrada del año 2015.

Según datos del ministerio de agricultura y desarrollo rural, para el 2017 Antioquia fue el principal productor con 251.776 toneladas, seguido por los departamentos de Quindío, Meta y Risaralda, entre otros.

El plátano *Musa paradisiaca* Representa una importancia económica del sector agropecuario colombiano al generar 4.1% del empleo agropecuario y agroindustrial en las zonas que se produce y por supuesto constituye un alimento básico de los colombianos con un consumo per cápita 155 kg/persona/año.

“Históricamente el plátano ha representado uno de los alimentos más importantes en la dieta de los colombianos, actualmente, en los territorios habitados por los grupos étnicos del país se concentra en gran medida el cultivo de plátano por encima de otros alimentos, alcanzando el 40% de sus áreas sembradas.” (Porrás, 2019).

El plátano *Musa paradisiaca* se reproduce por medio de material vegetativo llamado colinos o hijos; es la principal vía de transmisión de las características genéticas deseables, sin embargo, este también es el método más eficiente para la diseminación de plagas y enfermedades como el Moko, que hacen que el cultivo pierda rentabilidad y calidad. (Santos, 2006)

De igual manera al pertenecer a la familia de las musáceas el banano también juega un papel importante dentro de la economía nacional siendo uno de los productos agrícolas a los que más se destina tecnología especialmente en la costa norte colombiana. Actualmente Colombia, cuenta con una representación de 92.660 ha. cultivadas con un área cosechada de 86.133 ha.; rendimiento del cultivo entre 2007 y 2017 de 2.152.311 ton. y se exporta actualmente alrededor de 2.000.000 toneladas, (Agronegocios, 2019) reflejándose dentro de la cadena productiva como un producto de gran importancia económica.

Este cultivo no es ajeno a la susceptibilidad de la enfermedad del moko *R. solanacearum* al igual que en el cultivo de plátano ha afectado notoriamente la cadena productiva y merece la misma atención y manejo para lograr controlar los focos de la enfermedad.

El Moko *R. solanacearum* es una bacteria anteriormente clasificada en el género *Pseudomonas*, es un complejo de especies constituido por cinco razas según hospedante y cinco biovars en función de su habilidad para producir ácidos a partir de carbohidratos. (Álvarez, 2013). Según Olson (2005) Existe una clasificación que divide el complejo de especies en cuatro filotipos que reúne a las cepas por origen geográfico: las cepas de Asia son del filotipo I, las de América son del filotipo II, las de África son del III y otras zonas como Indonesia corresponden al filotipo IV. La enfermedad del Moko bacteriano causada por *R. solanacearum* raza 2 (Yabuuchi et al., 1995) es de gran importancia debido a su amplio rango de hospedantes, fácil diseminación y difícil manejo. (Valencia, 2014). Es una enfermedad que provoca grandes pérdidas económicas a nivel mundial (Peeters et al., 2013). Se encuentra ampliamente distribuida en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, esta bacteria afecta a más de 250 especies de plantas de 54 familias botánicas diferentes. (Prieto & col, 2012)

Es en la actualidad una enfermedad de declaración obligatoria ante entidades como, (Instituto Colombiano Agropecuario) en Colombia, su rápida y fácil propagación por elementos inanimados, personas y material vegetal contaminado, ha permitido su diseminación a nivel Nacional; las muchas pero infructuosos programas de erradicación, control y seguimiento de esta enfermedad en Colombia, sigue siendo el cuello de botella de las entidades del estado. La principal causa de pérdidas en cultivos producida por la enfermedad, está en el transporte inadecuado de semillas contaminadas de predio a predio, la falta de métodos de control sanitario en la fincas o personas ajenas a la propiedad, la falta de seguimiento por parte de los entes de control sanitario, la poca o nula asistencia técnica a los campesinos, la falta de administración y registros por parte de los propietarios, todos son un conjunto de factores que inciden en la propagación de la enfermedad convirtiéndose en un problema sanitario nacional.

Por lo anterior siendo el moko *R solanasearum* una enfermedad de atención obligatoria y de importancia económica a nivel nacional y mundial el presente documento tiene como objetivo, brindar una perspectiva nacional sobre la incidencia y proliferación de la enfermedad, alcances de la mitigación y alternativas de manejo.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El plátano *Musa paradisiaca* es un alimento básico en la canasta familiar de los colombianos y su exportación constituye un factor importante en la generación de divisas para la economía nacional. Según el ministerio de agricultura, este fruto es cultivado en Colombia en una extensión de 232.006 ha. distribuidas por todo el país; y posee 176.387 ha. de área productiva, el volumen de su producción en 2017 supera los 4.111.696 toneladas con un rendimiento de 9.89 toneladas por ha. (DANE, 2017) y se exporta en miles de toneladas alrededor de 106,97 (Asohofrucol, 2017)

Lo anterior demuestra que la producción de plátano en Colombia es uno de los renglones de la economía campesina más importante y que merece especial atención teniendo en cuenta su susceptibilidad a una enfermedad devastadora como lo es el moko *R solanasearum* causante de pérdidas de áreas extensas de producción en el país. Esta enfermedad fue reportada en Colombia en 1954 en el departamento del Tolima y desde su aparición se ha realizado divulgación de métodos de prevención y control, sin embargo, cada vez son más las familias afectadas que dependen exclusivamente del cultivo de plátano y banano.

Inclusive se llegó al punto de que el 95% de los cultivos plataneros del país haya por lo menos una planta afectada con moko (Galindo, ICA-Bogotá, 2004). citados por (CIAT & FAO sf) ver figura # 13 ; es así como se ha identificado áreas afectadas en zonas del país y donde se han desarrollado estrategias de control de la enfermedad como es el caso del departamento de Casanare donde en el año 2017, bajo convenio firmado por el (Instituto Colombiano Agropecuario), ICA, y la Fundación Biopaz, se erradicaron 1.812 focos de moko (Diario del Llano, 2018). siendo la erradicación de cultivos la estrategia sanitaria de relevancia y de prioridad en Colombia.

De igual manera en el departamento del Cesar una evaluación realizada por el (ICA) estableció que 412 plantaciones de banano y plátano, localizadas en San Alberto (Cesar), estaban contaminadas por la bacteria por tal motivo el ICA, en alianza estratégica con la Oficina de Desarrollo Rural, desarrolló labores fitosanitarias para el control y erradicación de cinco focos de esta enfermedad (El Tiempo, 2017) de esta forma continúa el estado estableciendo barreras sanitarias y control.



Esta situación no es ajena en el resto del país y pese a la vigilancia epidemiológica por entidades como el ICA, el MOKO *R. solanasearum* acapara cada día más ha. de cultivos de plátano y banano en Colombia y en el mundo; por esta razón es importante determinar en el presente documento la incidencia del moko en Colombia, las medidas de control y protocolos establecidos que permitan crear estrategias para diezmar los focos existentes y prevenir de manera eficaz la diseminación de la enfermedad.

### **3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Colombia actualmente es uno de los países con mayor producción de plátano, ocupa el cuarto lugar en producción, rendimiento y área sembrada a nivel mundial (FAOSTAT, 2017). Es un producto de importancia económica al reportar un promedio de un empleo directo y dos empleos indirectos por ha. De igual manera otro cultivo de importancia económica y perteneciente a la familia de las musáceas es el banano donde un 90% de la producción nacional es destinado para la exportación.

Pero en la actualidad pese a su importancia económica cuenta con un flagelo fitosanitario nacional, la enfermedad del “Moko” causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1993), Raza 2, enfermedad que fue encontrado por primera vez en Colombia en los municipios de Prado y Purificación en el Tolima en el año 1954. (ICA, 2017). Es la enfermedad bacteriana más limitante en la producción de banano y plátano en Colombia. La importancia de esta bacteria se relaciona con su amplio rango de hospederos, fácil diseminación, alta variabilidad genética y fisiológica, y su exigente y riguroso control en las áreas afectadas (Obregon M, 2008)

Esta enfermedad constituye uno de los problemas fitosanitarios más limitantes en América Latina y el Caribe, después de la Sigatoka negra. Genera pérdidas en la producción, altos costos de erradicación y cuarentenas vegetales. Según el ICA, destruye el 100% del cultivo donde se presenta, y deja secuelas en el suelo, al ser habitante común. Esta penetra en la planta a través de las raíces o de heridas causadas por insectos; se establece en la xilema ocasionando un taponamiento que impide el flujo de agua hacia las partes aéreas de la planta, manifestando síntomas como marchitez y finalmente su muerte (ICA, 2014). La bacteria cuenta con un amplio rango de hospederos, cerca de 50 familias botánicas y más de 200 especies. En plantaciones de banano y plátano de Colombia, la bacteria se asocia con arvenses que se encuentran en altas poblaciones, contribuyendo a su sobrevivencia y permanencia en el campo. (Obregon M, 2008)

Su control se limita a medidas preventivas, uso excesivo de agroquímicos y erradicación de cultivos enfermos. En Colombia cerca del 95% de los departamentos tienen la presencia de moko (CIAT & FAO sf) y se hacen esfuerzos y constantes revisiones fitosanitarias a la isla de San Andrés y Providencia con el fin de evitar el

ingreso de la enfermedad, ya que el plátano en esa zona es base de la seguridad alimentaria.

La enfermedad es una limitante del cultivo de platano y banano donde se han desarrollado estrategias de manejo pero ninguna con resultados eficientes

¿Es el Moko *R. Solanasearum* la enfermedad mas limitante para el cultivo de platano en colombia?

¿Esta revision de literatura podria brindar elementos suficientes para lograr un control efectivo de la enfermedad en Colombia y el mundo?

#### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo General**

Contribuir al conocimiento sobre la incidencia, proliferación, estrategias y/o alternativas de manejo efectivo de la enfermedad del moko (*Ralstonia solanasearum*) en el cultivo del plátano y banano en el territorio colombiano.

#### **4.2 Objetivos Específicos**

Determinar la incidencia y proliferación de la enfermedad del moko en los cultivos de plátano y banano en Colombia.

Describir protocolo de manejo y alternativas de control de la enfermedad del moko en los cultivos de plátano y banano en Colombia.

## **5. METODOLOGÍA**

Esta monografía hace un recorrido documental sobre las investigaciones realizadas en el origen y manejo de la enfermedad en el mundo y especialmente en Latinoamérica y Colombia; la metodología de estudio enfatizó en revisar bases de datos, bibliotecas virtuales, revistas científicas, repositorios de universidades, artículos, revistas, tesis de grados etc. sobre estudios científicos realizados en la enfermedad del Moko en cultivos del plátano y banano, a partir de allí se determinó los avances que ha tenido la enfermedad así como las estrategias de prevención y control.

**Fase 1:** Consistió en consultar y recopilar información científica en bases de datos (revistas, repositorios et), obteniendo artículos científicos, tesis de grados, libros etc. ver tabla (N°1 y 2)

**Tabla 1: Consulta de literatura en 4 bases de datos**

<b>Palabras claves Bases de datos</b>	<b>Springer link</b>	<b>Science Direct</b>	<b>Scopus</b>	<b>Nature</b>
<i>Ralstonia solanasearum</i>	2484	1872	2408	165
Bacterial Moko	108	58	42	4
Bacterial Moko in Colombia	29	16	7	1
Banana Cultivation	10248	6124	722	564
Banana diseases	18277	18678	278	566
Bacterial Moko in Banana.	96	44	38	4
Bacterial moko control	92	51	16	1

**Tabla 2 Clasificación de la búsqueda en base de datos**

<b>Clasificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Pertinentes – Teóricos Con evidencia</b>	42	Presentan estudios de incidencia y control del Moko en plátano. De estos hay estudios realizados en Colombia.
<b>De referencia</b>	156	Presentan datos importantes sobre la ubicación geográfica de la enfermedad y características generales del patógeno.
<b>No pertinente</b>	37800	Tienen información vaga sobre el tema.

Además, se tuvo en cuenta otras fuentes de información oficiales como el ICA, (Instituto colombiano agropecuario) CORPOICA o (AGROSAVIA) Corporación colombiana de investigación agropecuaria, CIAT (Centro internacional de agricultura

tropical) Biblioteca agropecuaria de Colombia, Biblioteca UNAD (Universidad Nacional abierta y a distancia), El Servicio Nacional de Sanidad Agraria – SENASA.

Fase 2: Esta fase consistió analizar los documentos científicos investigaciones realizadas en las bases de datos consultadas para disponer de información sobre la incidencia de la enfermedad, medidas de control y algunas prácticas que puedan ser utilizadas en Colombia y hayan sido realizadas con éxito en otros países. De igual manera se desarrolló en esta fase la aplicación de una encuesta técnica sobre el conocimiento manejo la enfermedad del moko *R. solanacearum* a productores de plátano que han sido afectados por la enfermedad en predios de los departamentos de Risaralda y Quindío, permitiendo de esta manera poder interactuar y conocer de primera mano la percepción de los campesinos sobre la incidencia y los métodos de control de la enfermedad del en el cultivo del plátano y banano; información fundamental para la realización del presente documento. Se realizaron un total de 30 visitas a predios para la aplicación de la encuesta utilizando un formulario virtual de Google.

Para el desarrollo de esta fase se realizaron visitas técnicas a predios afectados por la enfermedad de *R. solanacearum*, donde se aplicó la encuesta a usuarios seleccionados por las Umatas (Unidades municipales de asistencia técnica rural) de los municipios base para la aplicación de la encuesta, los municipios de Quimbaya, en el departamento del Quindío, La Celia y Marsella, en el departamento de Risaralda, de igual manera se indago con las personas afectadas por la enfermedad los manejos y control individual que realizaban como insumo fundamental del presente documento. (Ver enlace de la encuesta).

Encuesta disponible en el siguiente link:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdwT2WfhVhpp87houo-Yplf058YtzNxLfZkC8E7a6ENaKnjew/viewform>

## **Análisis de la información**

El Instrumento de recolección de información aplicado fue un formulario virtual de Google y en sitios donde no había acceso a internet se aplicó cuestionario físico de 11 preguntas de tipo abierto y cerrado.

Estos resultados de la encuesta se presentan en el desarrollo del trabajo

## 6. DESARROLLO

### 6.1 GENERALIDADES DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO *R. solanacearum*

#### 6.1.1 Clasificación Taxonómica

La identidad del agente causal del Moko ha sido establecida de la siguiente forma:

**Nombre:** *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith, 1896)

**Sinonimia:** *Burkholderia solanacearum* raza2 (Yabuuchi et al. 1992)

*Pseudomonas solanacearum* (Smith, 1896)

#### Clasificación taxonómica

Dominio: Bacteria

Phylum: Proteobacteria

Clase: Betaproteobacteria

Orden: Burkholderiales

Familia: Burkholderiaceae

Género: *Ralstonia*

Especie: *Ralstonia solanacearum* raza 2

#### 6.1.2 Descripción morfológica de *R. solanacearum*



Figura 1 Microscopía  
*solanacearum* raza1 biovar

electrónica *Ralstonia*  
3.

Fuente: (Chandrashekara Kn et al, 2010)

El moko bacteriano causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum* raza 2 Smith, es una bacteria Gram negativa, en forma de bacilo, con dimensiones de 0.5 a 0.7  $\mu\text{m}$ . x 1.5 a 2.5 $\mu\text{m}$ , móvil, con uno a cuatro flagelos que varía con el tipo de colonia y



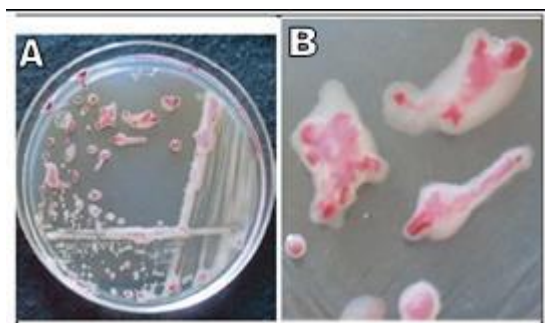
edad del cultivo Ver Figura 1. (Agrios, 1997 citado por SINAVEF, 2013). Además, es considerado un género de aerobios estrictos, catalasa positiva y quimiorganótrofos.

Se conocen un sinnúmero de especies saprofitas y patógenas en animales, humanos y plantas que es su hospedero más frecuente. Las especies fitopatógenas exhiben una enorme diversidad fisiológica, algunas producen pigmentación fluorescente. (Hayward, 1991)

Para el aislamiento de células viables de *Ralstonia solanacearum* se utiliza el medio de cultivo semiselectivo Sur África SMSA el cual ha demostrado altas especificidad y sensibilidad para el aislamiento comparado con otros medios más comunes como el TTC (cloro difenil tetrazodio). (Hayward, 1991).

Kelman, 1954, señala que existen dos clases de colonias diferenciadas por su morfología; una fluida, debido a su abundante producción de polisacáridos extracelulares, lisa, con bordes irregulares y redonda; la otra es una colonia mutante de apariencia seca, redonda, translúcida, rugosa y no fluida, la cual es difícil de observar en campo.

En medios de cultivos sólidos, se puede observar las dos clases de colonias Ver Figura 2; las colonias de tipo normal o virulento que son cremosas, irregularmente redondas, fluidas, y opacas; y las colonias no virulentas que son uniformemente redondas, más pequeñas y secas Champoiseau (2009).



**Figura 2** A) Colonias de *Ralstonia solanacearum* en medio de cultivo TZC; B) Nótese el color rojo característico en el centro rodeado de una zona blanca, colonia típica virulenta.

**Fuente:** Champoiseau (2009).

### 6.1.3 Razas y clasificación

Los aislamientos de *R. solanacearum* difieren en cuanto a su rango de hospederos, distribución geográfica, patogenicidad, relaciones epidemiológicas y propiedades fisiológicas. Debido a su alta heterogeneidad intraespecífica ha sido necesario distinguir entre razas y biovares.

La clasificación tradicional distingue cinco razas, descritas de acuerdo al hospedero u hospederos afectados, y cinco biovares, que se diferencian por su utilización de carbohidratos. (Buddenhagen, Sequeira y Kelman, 1962; citado por Martins, 2000; Kelman, 1953, citado por Hayward, 1991). La raza 1 afecta a las solanáceas y otras plantas, entre las cuales se cuentan algunas especies diploides de banano; la raza 2 afecta bananos, plátano y heliconias; la raza 3, la papa y el tomate; la raza 4, el jengibre y la raza 5 infecta la mora. Tan sólo la raza 2 afecta más de 200 especies de plantas musáceas, entre las cuales se reportan plátanos, bananos y *Heliconia* spp. Otros linajes de la misma raza causan al menos dos enfermedades en banano cuyos síntomas son similares al Moko: ‘Blood disease’ y ‘Bugtok disease’ reportadas en el sudeste asiático.

Sin embargo, la clasificación tradicional se encuentra bajo lupa por no atender a una correcta caracterización epidemiológica y a su poca utilidad en el manejo de las enfermedades que causa. Para contrarrestar este inconveniente se ha propuesto la adopción de un nuevo sistema de clasificación que consiste en la determinación de filotipos y secuevares a partir de la amplificación del ADN de aislamientos de *Ralstonia* mediante PCR y la posterior secuenciación de segmentos específicos (Fegan & Prior, 2005). Utilizando una técnica denominada ‘multiplex PCR’, en una sola reacción se amplifican y caracterizan filogenéticamente. Desde una perspectiva epidemiológica, la nueva caracterización agrupa sectores de la población de *Ralstonia* según hospederos definidos y en ambientes determinados.

#### **6.1.4 Forma de transmisión e infección de *R. solanacearum* al plátano.**

*R. solanacearum* invade los tejidos vasculares de la planta, a través de las raíces con heridas accidentales o aberturas naturales, originadas por la emergencia de raíces secundarias. Una vez ha ingresado en estos tejidos encuentra un medio óptimo para su diseminación, invadiendo no solo la xilema sino las células adyacentes que son el medio transporte de las moléculas de agua hacia otros tejidos (Hernández, Mariño, Trujillo & de Navarro, 2005).

La presencia de *R. solanacearum* raza 2 en el suelo se debe a que puede permanecer latente en residuos de cosecha infectados y en la rizósfera de malezas hospedantes (Hayward, 1991).

En observación directa al microscopio óptico de cortes transversales del tallo de plantas infectadas con moko se puede observar un sector del anillo vascular o xilema primario con una mayor cantidad de vasos obstruidos *R. solanacearum* y en los cortes longitudinales, se observa una obstrucción completa a lo largo de los vasos y puntos de color oscuro en la región del floema indicando el movimiento del fitopatógeno con el agua lo que trae como consecuencia una marchitez fisiológica por estrés hídrico. Los órganos de la planta que requieren mayor volumen de agua para la función fotosintética son las hojas, por lo tanto, es por esta zona por donde comienza generalmente el amarillamiento (Gonzales, Arías & Peterira, 2009).

Una vez establecida en el Xilema la bacteria es capaz de entrar a los espacios intercelulares de las células del parénquima en la corteza y la médula en varias áreas de la planta y es capaz de disolver la pared celular generando material viscoso con los restos celulares como se puede apreciar en la Figura 5. La generación de polisacáridos muy polimerizados aumenta la viscosidad de la xilema dando como resultado su taponamiento (Baker & Col, 1997).



**Figura 3** Sintomatología de Moko: (A Y B) nótese en ambas imágenes las características de las hojas amarillentas en A) se observa fruto afectado y plantas cercanas contaminadas con la enfermedad B) se evidencia hoja bandera con síntomas de la enfermedad y fruto afectado

**Fuente:** propia

### **6.1.5 Sistema de defensa de la planta a *R. solanacearum*.**

El Plátano es una planta herbácea, perteneciente a la familia de las Musáceas, que consta de un tallo subterráneo (Cormo y Rizoma) del cual brota un Seudotallo aéreo; el Cormo emite raíces y yemas laterales que formaran los hijos o retoños. Morfológicamente, el desarrollo de una planta de Plátano comprende tres fases: Vegetativa, Floral y de Fructificación. (Guerrero, 2012).

En el estudio realizado por Obregón Barrios, Rodríguez-Gaviria & Salazar-Yepes (2011), en suelo y tejidos de plantas de banano afectadas por el Moko en la región de Urabá-Antioquia, las poblaciones de la bacteria se reducen a medida que aumenta la distancia desde la planta afectada y la profundidad del suelo, se obtuvo que la población de la bacteria se encontraron hasta 1 metro de distancia de las plantas afectadas y a profundidades de 0 a 10 cm. Teniendo en cuenta que *R. solanacearum* puede sobrevivir en la rizósfera manteniéndose con las secreciones de las plantas huésped.

Las plantas de plátano y banano han desarrollado un rango de respuesta considerable para contrarrestar el ataque de fitopatógenos, este depende de la presencia

o ausencia de pares complementarios de genes de resistencia en el huésped y genes de virulencia (abr.) en la bacteria. Determinando el resultado de las interacciones planta-patógeno (González, Arias & Pereira, 2009). La interacción que tiene el fitopatógeno con diferentes plantas huésped favorece su persistencia, aumentando la población y contribuyendo a la supervivencia por largos períodos de tiempo, aun en ausencia de las plantas cultivadas (Obregón et al, 2011). Está situación es aún más crítica debido a que existe un desconocimiento o falta de implementación oportuna de prácticas de manejo del cultivo que contribuyan a disminuir las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad, lo cual conlleva a que se presente una alta incidencia del Moko en los cultivos, ocasionando pérdidas en la producción hasta del 100 % (Belalcázar, Rosales & Poca sangre, 2004). Se hace necesario implementar técnicas de mejoramiento genético y diversas alternativas de control que ayuden a los agricultores a solucionar este problema (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

La bacteria una vez adentro coloniza la corteza y se propaga por toda la planta, interrumpen el flujo de agua desde las raíces a las hojas. La severidad de la enfermedad depende también de factores como la temperatura y humedad del suelo, así como los hospedantes susceptibles y la virulencia de las cepas. (Tusona, Heidi, Noticiero, &Tohru, 2007) ver figura #9

La presencia de *R. solanacearum* raza 2 en el suelo se debe a que puede permanecer latente en residuos de cosecha infectados y en la rizósfera de malezas hospedantes (Hayward, 1991).

En las interacciones planta-patógeno se pueden presentar dos caminos, el primero incluye la activación de los mecanismos generales de defensa de la planta y los factores de virulencia producidos por el patógeno en contra a esa defensa y la segunda, después del reconocimiento inicial, la planta induce la resistencia mientras que el patógeno trata de escapar a esta resistencia. (Molmon & col, 2008)

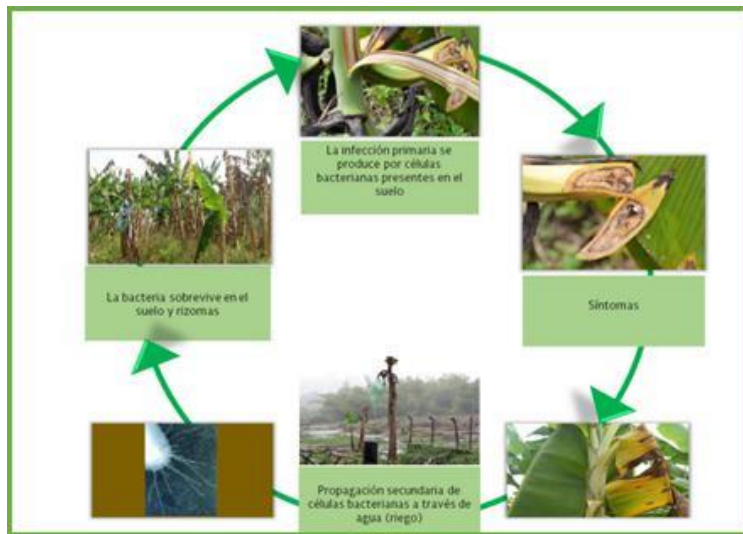
La defensa general de la planta consiste de factores químicos y físicos. Las defensas físicas incluyen cutículas, las cuales son fuertes cubiertas de polímeros de las superficies externas de la planta, pectinas que existen en las paredes celulares y lámina

media que afectan la adherencia entre las células, y las paredes celulares, las cuales protegen a las células vegetal de los daños externos. (Baker, 1997)

### 6.1.5 Sintomatología y formas de identificación de la enfermedad

*R. solanacearum* raza 2 causa diferentes síntomas en las plantas de banano y plátano, los cuales varían según la edad de la planta, medio de transmisión y órgano afectado (Merchán, 2002) En infecciones a través de herramienta contaminada, la enfermedad converge en el cormo ocasionando un amarillamiento foliar (Belalcázar, 1991). Citados por (Sagarpa & Senasica, 2016).

Todos los órganos de la planta, desde las raíces hasta el escapo floral, pueden ser infectados y presentan síntomas internos y externos. Los síntomas varían según la edad de la planta, medio de transmisión y órgano afectado:



**Figura 4** Ciclo de vida del Moko en plátano, (*Ralstonia solanacearum* raza 2).

Fuente: (Álvarez, 2015).

### **6.1.5.1 Síntomas externos:**

Se presentan marchitamientos y amarillamiento de plantas, las hojas se secan y se quiebran, pero sin desprenderse de la planta. Los hijos o rebrotes de plantas enfermas pueden quedar pequeños, retorcerse y ponerse negros. Se presenta un secamiento de los bordes de las hojas, seguido de una franja de color amarillo intenso. Se presentan racimos y dedos deformes, alguna fruta se madura antes de tiempo, además los dedos se rajan cuando el racimo está muy desarrollado. La bellota se seca, luego se seca el vástago hasta secarse todo el racimo. (ICA, 2016).

El síntoma inicia en la hoja central o bandera y avanza hacia las hojas de mayor edad. Las hojas infectadas se marchitan, se doblan y quedan adheridas a la planta. Los hijuelos infectados muestran los mismos síntomas que la planta madre (Stover, 1972). Citado por (ICA, 2016)

Las plantas enfermas presentan un marchitamiento gradual en relación a la intensidad de la enfermedad. La marchitez se debe al taponamiento de los haces vasculares del seudotallo, producto del crecimiento bacteriano y acumulación de polisacáridos bacteriales. El patógeno utiliza los vasos conductores para multiplicarse y dispersarse, por lo que, estos se bloquean, dando lugar a los síntomas característicos de amarillamiento y marchitez, semejantes a los que la planta manifiesta por sequía, ver ilustración #10 (Sagarpa & Senasica ,2016)

### **6.1.5.2 Síntomas internos**

Lo que más identifica al moko son los síntomas internos al partir racimos, dedos, troncos y cepas o rizomas afectados:

#### **6.1.5.2.1 Síntomas en Cormo (Rizoma):**

Al realizar un corte transversal al cormo se observan dos fenómenos claros Ver Figura 5: unas líneas de color marrón o negro que corresponden a los haces vasculares afectados por la bacteria y un círculo de color marrón a negro que separa la zona central de la zona en donde se forman las raíces. (ICA, 2014)



**Figura 5** Sintomatología de moko *R. solanasearum* en cormo

**Fuente propia**

#### **6.1.5.2.2 Síntomas en racimos:**

Los racimos biches madurados prematuramente son otro síntoma que puede indicar la presencia de la enfermedad en la plantación. Los síntomas en el racimo pueden variar de acuerdo con el tiempo de contagio; si la enfermedad ocurre en estados tempranos desde el inicio del racimo hasta un mes, la cascara de los plátanos se torna amarilla rojiza y luego se seca tomando un color negro todo el racimo; si está entre uno y dos meses, se forma la pulpa, pero toma una coloración amarilla; además, entre la pulpa y la cáscara aparece un anillo de color negro que emite un líquido viscoso de donde deriva su nombre moko; finalmente, si ocurre después de los dos meses, la enfermedad puede atacar solo algunas manos salvándose parte de la producción Ver Figura 6 Es común su transmisión cuando la bacteria entra por la inflorescencia (ICA, 2016).



**Figura 6** Sintomatología de moko en fruto de plátano

**Fuente propia**



Nótese el amarillamiento del fruto razón por la cual se le conoce con el nombre de moko o madura viche, las características del racimo no son ideales, bajo peso y pudrición, algunos dedos de los racimos se abren.

#### **6.1.5.2.3 Síntomas en seudotallo:**

Al realizar un corte transversal en el seudotallo, aparecen unos puntos café oscuro que corresponden a los haces vasculares taponados y necrosados por la bacteria. Al realizar un corte longitudinal hasta el punto de inserción de la calceta en el cormo, se observa que la línea o haz vascular afectado parte de allí. Esta sintomatología es claramente observable cuando la transmisión de la enfermedad se ha hecho al sembrar un colino infectado, Tal como se puede observar en la Figura 7



**Figura 7 Sintomatología de moko *R. solanacearum* en seudotallo**

**Fuente propia**

#### **6.1.5.2.4 Síntomas en raquis:**

Cuando se observa un racimo afectado por la enfermedad y se realiza un corte transversal en el raquis Figura 8, se encuentran unos puntos de color rojizo a café oscuro por donde la planta transmitió la enfermedad al racimo. En caso de realizarse la transmisión por herramienta o insectos del racimo, la enfermedad baja hacia la planta.



**Figura 8** Sintomatología de moko *R. solanasearum* en raquis  
fuente propia

#### **6.1.5.2.5 Síntomas en colinos y plantas jóvenes:**

Cuando el colino es afectado por la enfermedad 20 días después de la siembra. Las hojas producidas se tornan amarillas pálidas, posteriormente se secan y mueren. No todos los colinos provenientes de una planta madre enferma presentan la sintomatología (Stover, 1972). La hoja bandera de una planta afectada por la enfermedad se torna inicialmente amarilla pálida o clorótica. Posteriormente se secan los bordes y de la punta hacia la nervadura central, finalmente la planta muere.



**Figura 9** Sintomatología de moko *R. solanasearum* en colinos  
fuente propia

### 6.5.5.2.6 Síntomas en plantas adultas

Se manifiesta con marchitez, amarillamiento y necrosis foliar; empieza generalmente en las hojas centrales hacia las periferias. En las plantas que aún no han entrado en producción, la hoja bandera es la última en sucumbir al ataque. En plantas que están en producción, la bacteria puede penetrar por la inflorescencia u otras vías, afectando el fruto, que muestra deformaciones, manchas, rajaduras, amarillamiento prematuro y falta de uniformidad.



**Figura 10** Sintomatología de moko *R. solanasearum* en plantas adultas

**Fuente propia**

En la anterior imagen se puede observar amarillamiento, y debilidad de la planta; durante la visita a este predio se pudo observar que el ICA ha realizado manejo de algunos focos, siendo infructuosa, ya que al indagar con la comunidad la mayoría de las personas no contactan el ICA frente a nuevos focos porque dicen perder dinero por el estricto manejo de la zona amarilla.

Por otro lado, en la Celia Risaralda las plantaciones de plátano más afectadas son las de la variedad de plátano comino y dominico hartón, siendo el comino el de mayor mercado por las asociaciones del municipio producto de excelente mercado para frituras.

Al contrario, en el municipio de Quimbaya en departamento del Quindío se pudo identificar la afectación en plantas de plátano y banano, pocas medidas de control

y poca o nula presencia de autoridades municipales para evitar los focos de la enfermedad que van en aumento en las veredas de la vía entre Quimbaya y Filandia también en el municipio del Quindío.

## **6.2 INCIDENCIA Y PROLIFERACIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO *RALSTONIA SOLANASEARUM* EN LOS CULTIVOS DE PLÁTANO Y BANANO EN COLOMBIA**

El problema de la enfermedad del moko en Colombia es de importancia pública y de declaración obligatoria ante entidades como el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), pero no deja de ser el problema de cada finca, cada vereda y cada productor que posea la enfermedad en sus predios, son ellos los llamados a mejorar, establecer, y controlar los focos de la enfermedad a establecer protocolos, con el fin de evitar la diseminación total o parcial en sus cultivos de plátano y banano.

En Colombia (Castañeda y Mendoza, 2005) establecieron que la incidencia del moko en regiones como Urabá la enfermedad *“siempre se ha calculado y reportado con base en el porcentaje de infección de la zona de acuerdo con el número de fincas infectadas; sin embargo, este indicador no refleja el estado real de la enfermedad, ni el riesgo que representa ésta, de acuerdo a la distribución presentada por la enfermedad en un momento determinado.”* Así pues, los autores recomiendan establecer la incidencia de la enfermedad teniendo en cuenta el número de focos, entendiendo foco, como aquella unidad o unidades de producción destruidas por la presencia de una o más plantas enfermas en un mismo sitio. *Recomiendan además trabajar la incidencia de la enfermedad con base en el número de focos, En las ilustraciones 11a y 11b, se muestran dos casos hipotéticos de distribución de la enfermedad en un área conformada por 6 fincas de 50 ha cada una. En ambos casos la enfermedad es detectada en un número de 12 focos, si se calcula la incidencia de la enfermedad con base en el número de fincas enfermas en el primer caso se tendría una incidencia del 100 %, mientras que en el segundo la incidencia sería del 16 %; lo cual en ninguno de los dos casos es cierto, porque no se está considerando el área de la plantación afectada. Tampoco se está teniendo en cuenta el riesgo de dispersión presentado por la bacteria en los dos casos hipotéticos, el cual claramente se ve que es diferente, es decir*

en el caso 11a el riesgo de la zona es mayor, por su mayor dispersión frente al 11b con una menor dispersión.

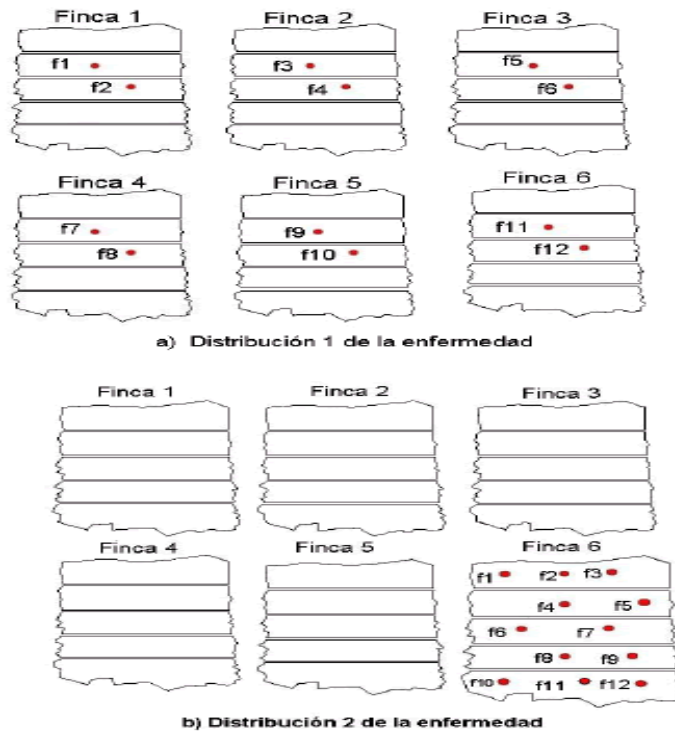


Figura 11 Representación gráfica de dos casos (a y b) hipotéticos de la distribución de la enfermedad de moko en una misma localidad con 6 fincas de 50 hectáreas cada una y 12 focos en total.

Fuente: (Castañeda & Mendoza, 2005)

Según los autores (Castañeda & Mendoza, 2005) “Establecen que los productores adicionalmente para cada foco manejan tanto el número de plantas con y sin síntomas de la enfermedad destruidas por el manejo. Si se tiene en cuenta el número de focos, plantas destruidas y distancia de siembra, puede estimarse el área promedio por foco en cada una de las fincas afectadas y con estas el porcentaje de infección por focos o por área según se desee. “Regresando al ejemplo hipotético de las 11a y 11b y si se supone que en cada foco se detectó una planta con los síntomas de la enfermedad, siguiendo la recomendación de destruir todas las plantas sanas existentes en un radio de 5 m, las plantas destruidas cubrirían entonces un área de 78 m<sup>2</sup> y si las fincas presentan un área de 50 ha, cada una, entonces, el porcentaje de incidencia sería del 0,002 %, en los dos casos. Un porcentaje aparentemente bajo, pero dado las características de la enfermedad es verdaderamente alto.”

*Se propone como posible fórmula para hallar las áreas afectadas por moko la siguiente:*

*Un índice de riesgo de dispersión del agente causal, el cual es estimado con base en el producto de las relaciones entre el área infectada y área total y entre los lotes infectados y lotes totales, esto es:*

$$IR = \frac{Ae}{At} \times \frac{Li}{Lt}$$

*Donde:*

*IR: índice de riesgo*

*Ae: área enferma de la finca.*

*At: área total de la finca.*

*Li: Lotes infectados en la finca.*

*Lot: Lotes totales de la finca*

*Lo que se busca es estimar la probabilidad que tienen las unidades de producción sanas en una finca bananera de ser infectadas, la cual obviamente se dispara con el aumento del área afectada y con el incremento de la dispersión.*

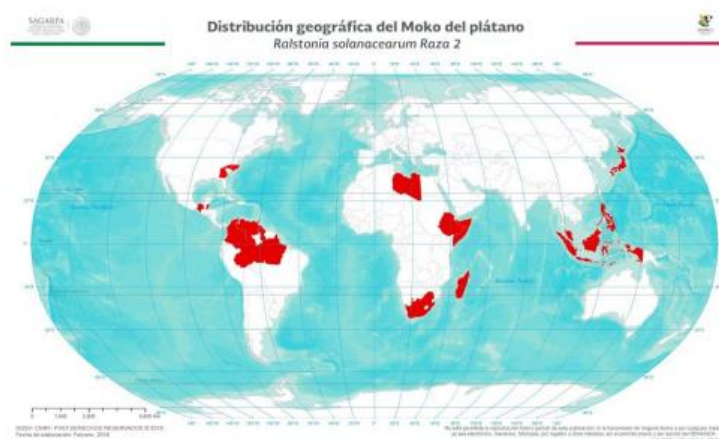
De esta manera (Castañeda & Mendoza, 2005) Afirman que el “índice de riesgo de dispersión es una herramienta dentro del manejo integrado de enfermedades que deja tipificar el avance del patógeno en presencia o ausencia de medidas fitosanitarias de control. Este índice corrige los errores que se pueden dar por sobre o subestimación de la incidencia de la enfermedad a nivel de zona o a nivel de finca, lo que puede ser corregido al establecer las relaciones enfermas/área total de finca y lotes infectados/lotes totales. En el caso particular de una finca un incremento en el índice, a pesar de las medidas de control implementadas está indicando que algún factor no fue considerado en las medidas.

### **6.2.1 Generalidades de la enfermedad del Moko a nivel mundial en los cultivos de plátano y banano**

*R. solanasearum* está reportada en 32 países de Asia, África, América del Norte, Central y Sur (EPPO, 2010). En la India, la enfermedad se informó por primera vez desde Bengala Occidental.

**Tabla 3 Distribución geográfica del moko del plátano *R. solanasearum* raza 2 a nivel mundial Fuente (EPPO-PQR.2014; CABI, 2014)**

Continente	Países con mayor incidencia
Asia	Filipinas, Indonesia, Malasia, Selangor, Kedah, Pahang, Negeri y Japón. (EPPO-PQR.2012; CABI,2013)
África	Etiopía, Libia, Somalia, Sudáfrica, Mauricio, Madagascar. (EPPO-PQR.2014; CABI,2014)
América	Bélice, Brasil, Colombia, Trinidad y Tobago, E.U.A., Guyana, Jamaica, México y Venezuela.



**Figura 12 Distribución geográfica del moko del plátano *R. solanacearum* raza 2 Fuente: EPPO-PQR, 2016**

Según Thurston (1989), el Moko ocasionó graves pérdidas en 1840 en Guyana donde fue reportada por primera vez. Luego hacia finales del siglo XIX causó en Trinidad la destrucción casi total del cultivar de plátano “Moko”, de donde la enfermedad deriva su nombre. En la década de 1960, devastó el cultivo de plátano en América Central, al igual que en Colombia y la selva amazónica del Perú. Se estima que en América Latina la enfermedad eliminó cultivos de plátano y banano en grandes extensiones de cultivar. (Belalcázar et al., 2003).

Esta enfermedad puede destruir en un 100% las plantaciones donde se presenta (Álvarez et al., 2015). Ha causado graves pérdidas en cultivos de banano y plátano especialmente en Sudamérica y el caribe como el caso de Guyana donde se reportaron pérdidas en rendimiento de hasta 74 % al 2016.

En América se considera endémico, es endémico con registros oficiales en Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Surinam, Trinidad y Venezuela. En 2004 se confirmó la enfermedad en St James, Jamaica. (Eires et al, 2005). En Colombia se reportó por primera vez en 1954 así como en Ecuador, Perú y lo largo del río Amazonas (Quinon y Aragaki 1963; Stover, 1972). Citados por (Alvares et al, 2013)

### **6.2.2 El moko en los cultivos de plátano y banano en Colombia.**

“La enfermedad es oriunda de Centro y Sur América donde se encontró en heliconias y de Mindanao, Filipinas donde se reporta en banano. De estos lugares se ha venido distribuyendo silenciosamente por todo el mundo. Rorer (1911) en 1890, la enfermedad apareció en forma epidémica en Trinidad; en 1940 se dan los primeros reportes en Venezuela y Centro América y años más tarde en el Caribe y parte de Sudamérica, (Sequeira, 1997). En Colombia se encontró por primera vez en 1954 entre los municipios de Prado y Purificación, en el departamento del Tolima (Rosero & Zarama, 1985); pero solo hasta 1962, Elkin Bustamante, identificó el agente causal como de naturaleza bacterial. En 1962 aparece en la Hoya, departamento del Magdalena (Granada, 1997). En julio de 1968 se reporta la presencia de la enfermedad en la zona bananera de Urabá, zona sur del municipio de Chigorodó, hoy municipio de Carepa (Mena, 1999)” (Castañeda y Mendoza, 2005)

En el eje cafetero se evidenció 1968 y 1970 (Granada, 2003). En el Quindío, se registró en los municipios de Armenia, Calarcá, Montenegro, La Tebaida y Quimbaya en 1998 (Merchán, 1998), en 2000 se reportó en 105 fincas, comprometiendo un área de 81,06 ha y 10 años después, el área aumentó a 418,21 ha. Vargas-Sánchez, 2000; Bejarano, 2010; ICA, 2010 citado por (Bautista & col 2016) Para 2010, en el Quindío se



erradicaron 52.863 plantas y 17.621 focos (ICA, 2010); según el ICA, seccional Quindío, las pérdidas en producción ascendieron a 6.800 t y 3.000 millones de pesos (Bejarano, 2010). (Citados por Bautista & col 2016)

Según (Tommey) citado por (Alvares et al, 2013) “después de su aparición en 1954 las zonas más afectadas por la enfermedad se ubicaron en los departamentos de meta donde arrasó con 20.000 ha. Entre 1970 y 1980. En el Urabá antioqueño en 1993 se erradicaron 87 ha. (Castañeda y espinosa 2005) (Lodoño, 2012) en santa marta 1996, durante solo 2.5 meses se erradicaron 4.387 plantas afectadas en un área de 18.3 ha. de banano Cavendish (Mejía, 1996); y en el Quindío entre 1999 y 2000 genero pérdidas por US \$ 73.0000 aproximadamente (Obregón, 2007)”

Entre los años 2005 y 2012 en Colombia el cultivo de plátano ocupó 355.602 ha, con una producción de 2.823.825 t y un rendimiento de 7.937,75 kg ha-1. Los departamentos de mayor participación fueron Arauca (12,5%), Antioquia (9,5%), Quindío (7,2%), Meta (7,1%) y Caldas (6,8%) (MADR, 2013). En la región Quindiana, el plátano contribuye con más del 50% del área agrícola, 1997 fue el año más representativo con una participación de 64,5%; para 1996 y 1997 contó con 45.953 y 39.013 ha, respectivamente; en 2011 el área disminuyó a 30.150 ha, con una producción de 301.879 t y rendimiento de 10,01 t ha-1 (EVAS, 2006; 2009; 2010; 2012). Citados por (Bautista, Bolaños, Abaunza, Arguelles, Forero 2016).

La producción actual de plátano y banano en Colombia Según la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2017), afirma que en 2017 el área plantada o sembrada por el grupo de cultivos de tubérculos y plátano correspondió a 497.867 ha. de los cuales el cultivo de plátano tenía una participación del 46.6% es decir contaba con un área sembrada de 232.006 ha. y el área en edad productiva o cosechada para este grupo fue de 444.301 ha. donde el plátano está representado por el 39.7 % es decir 176.387,5 ha. y basados en la misma fuente La Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2016), afirma que durante el año 2015 en Colombia se contaba con 236.759 hectáreas sembradas en plátano, de las cuales se cosecharon 185.291, obteniendo una producción de 1.235.400 toneladas, con rendimientos promedios de 6,7 toneladas por hectárea al año.

Lo anterior demuestra que a la fecha en el 2017 se evidencia una reducción del área cultivada en plátano representada en 4.753 ha. menos comparadas con el área sembrada del año 2015 donde la reducción puede deberse a la afectación de la enfermedad.

Para el caso del banano cultivo que actualmente es igual de susceptible al moko que el plátano, se reporta a nivel nacional una producción de 92.660 ha. y un área cosechada de 86.133 toneladas durante el año 2017. Cifras realmente importantes teniendo en cuenta que el banano de la zona caribe colombiana en su gran mayoría es de exportación.

### Áreas afectadas por moko en Colombia



Figura 13 Regiones con Incidencia del moko en plátano y banano en Colombia datos tomados de Corpoica 2016 consulta en el siguiente link:- [https://drive.google.com/open?id=10C\\_uFXD00-0QRBUQvEMn360agaHCzIa3&usp=sharing](https://drive.google.com/open?id=10C_uFXD00-0QRBUQvEMn360agaHCzIa3&usp=sharing)

Por otro lado en el departamento del Quindío desde la aparición de la enfermedad las pérdidas para los productores han sido devastadoras en la ilustración # 14 se puede observar las áreas de influencia y la diseminación del moko en el departamento; la incidencia de la enfermedad va ligada a la cercanía de los lotes

afectados a fuentes hídricas lo que facilita la diseminación local, es de anotar que las temporadas actuales, el calentamiento global y el cambio climático en general es un factor de predisposición para la diseminación de la bacteria en áreas afectadas y no afectadas, la creciente de los ríos, inundaciones y demás catástrofes naturales no solo afectan la población rural, también afectan notoriamente la proliferación de enfermedades en cultivos como el plátano.

### Departamento del Quindío

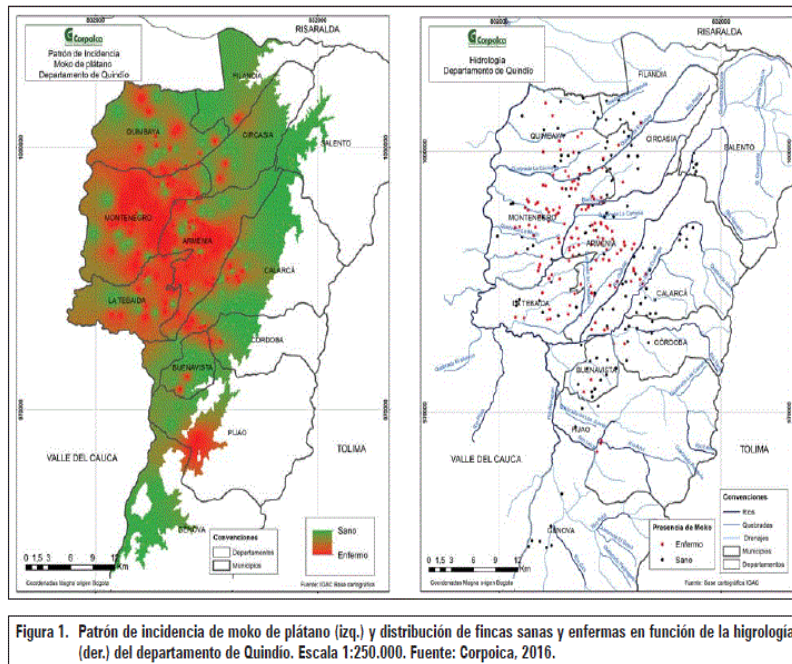


Figura 14 Patrón de incidencia de plátano vs hidrología en el Departamento del Quindío Fuente (Corpoica, 2016).

## 6.3 PROTOCOLO DE MANEJO Y ALTERNATIVAS DE CONTROL DE LA ENFERMEDAD DEL MOKO EN LOS CULTIVOS DE PLÁTANO Y BANANO EN COLOMBIA.

### 6.3.1 Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (*Musa spp.*) en Colombia

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la FAO y el ICA en su documento Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (*Musa spp.*) - **Medidas para la temporada invernal** se han tomado apartes de mucha trascendencia en este documento cuyos

autores (Alarcon & Jimenez, 2012) realizan una descripción minuciosa de medidas de control y manejo sanitario que son aplicables a países de características tropicales y que pertenecen al manejo que se ha desarrollado en Colombia que se citan a continuación.

“La bacteria puede sobrevivir en suelo sin vegetación meses e incluso varios años, en las raíces de los hospederos, esto depende de las condiciones ecológicas y flora prevalente en cada sitio. Es necesario tener en cuenta que puede haber un gran número de arvenses en el lote infectadas por la bacteria, pero con reacción asintomática; entre los más comunes están *Emilia sonchifolia*, *Solanum nigrum*, *Bidens pilosa*, *Browalia americana*, *Commelina sp.*, *Phyllanthus corcovadensis* y *Pilea hyalina*. En los diferentes hospederos las raíces pueden ser infectadas por la bacteria a través de heridas naturales o causadas por plagas y herramientas. En los tejidos infectados las bacterias se multiplican en los haces vasculares y se vuelven rápidamente sistémicas”. (Alarcon & Jimenez, 2012)

### **6.3.2 Diseminación de la enfermedad:**

*La bacteria se disemina a través de las diferentes herramientas utilizadas en las prácticas culturales, por aguas de escorrentía caños, canales y ríos, medios de movilización o arrastre del tejido infectado; por insectos de diferentes especies que se alimentan en los nectarios localizados debajo de las brácteas, pues al desprenderse dejan expuesto exudados bacteriales; por maquinaria, residuos de cosecha, arvenses hospederas de la enfermedad y, en general, todo medio locomotor llevado por el hombre como partículas de suelo adheridas al moverse por áreas infestadas y por colinos o semillas provenientes de plantaciones afectadas. (Alarcon & Jimenez, 2012)*

### **6.3.3 Manejo integrado de la enfermedad Prevención**

*Para el manejo preventivo de la enfermedad debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:*

- *Conocer el historial del lote en cuanto a cultivos previos: presencia de enfermedades antes de realizar la siembra o resiembra de plantaciones nuevas.*
- *Utilizar colinos sanos, provenientes de fincas certificadas por el ICA (Resolución 3180 del ICA) y acatar, si es el caso, las medidas de carácter legal como*

*cuarentenas y transporte de semillas sin registro ICA o el traslado de material de áreas afectadas a zonas libres del problema.*

- *No regar vástagos ni material vegetal proveniente de otras plantaciones o lotes infectados de la misma finca.*
- *Implementar la desinfección del calzado en la entrada del lote, con soluciones de yodo agrícola o de hipoclorito de sodio.*
- *Desinfectar todas las herramientas de uso en el cultivo.*
- *No permitir el tránsito de personas ajenas a la finca ni el ingreso de animales a las plantaciones.*
- *Mantener la plantación libre de malezas.*
- *Eliminar las bellotas de los racimos tan pronto maduren.*
- *Realizar control de picudos y gusano tornillo, ya que pueden ser vectores o factores predisponentes para la entrada de la enfermedad*
- *Avisar al ICA cualquier planta que se sospeche puede tener síntomas de la enfermedad.*

#### **6.3.4 Monitoreo del moko**

*Para realizar el monitoreo de bacterias *Ralstonia solanacearum* (moko) se debe aplicar la fórmula:*

*(a) Desinfección de calzado, a la entrada y salida del lote.*

*(b) Desinfección de herramientas. Área afectada (m<sup>2</sup>) Área total sembrada (m<sup>2</sup>)*

*Incidencia de moko =  $\frac{\text{Área afectada}}{\text{Área total sembrada}} \times 100$  Se debe realizar una revisión mensual del área erradicada.*

#### **7.1.4 Intervención Manejo de focos de la enfermedad:**

*Para el manejo de la enfermedad se requiere confirmar el diagnóstico por parte del ICA y desarrollar el proceso de erradicación de plantas afectadas y el control de focos de acuerdo con los protocolos de erradicación del ICA; los siguientes protocolos están establecidos en la reglamentación de ICA En Colombia y se deben aplicar en todos los lotes con presencia de la enfermedad siguiendo los siguientes pasos.*

#### **7.1.4.1 Zonificación del cultivo para implementar prácticas de manejo de la enfermedad**

*Una vez se ha identificado la presencia de moko, desde la planta enferma se toma un radio de 5 metros y se realiza un encerrado con hilo, para un área de 78 m<sup>2</sup>, que tendrá una frecuencia de supervisión de una vez cada cuatro semanas (zona verde: nada de afectación, zona amarilla: área de seguridad entre el foco y la zona productiva de la finca, zona roja áreas afectadas) para distinguir los diferentes niveles de daño. Así se controlará esta enfermedad en todo el cultivo.*

- *Encerrar con cinta o alambre.*
- *Erradicar con herbicida*
- *Cubrir con plástico.*
- *Realizar zanjas en la parte superior del lote*
- *Bandejas-Yodo 20% al ingreso del lote.*
- *Desinfestar herramienta cuando se usa; Además, tener de 2 a 3 machetes.*
- *Control de malezas con herbicida.*
- *Siembra e incorporación de flor de muerto (1kg/m)*
- *Roca fosfórica (5-10 kg/m).*
- *Lixiviado (12-20l/sitio).*
- *Trampeo de picudo y tornillo dentro del lote.*

#### **7.1.4.2 Instrucciones para la zona roja**

- *Elimine las plantas in situ de toda la zona roja e inyecte en el seudotallo una solución de glifosato al 20%, usando una jeringa plástica graduada. La cantidad por utilizar depende de la edad y altura de la planta, puede variar de 5 a 50 ml de solución. Se debe inyectar en varios sitios, distribuidos en toda la planta en forma helicoidal; de esta manera la planta afectada se seca en su sitio y se evita que contamine el suelo adyacente.*
- *De ninguna manera se deben extraer las plantas afectadas ni sacarlas de la plantación y menos arrojarlas a caños y ríos.*
- *Es necesario encerrar con cinta o alambre de púa el área afectada incluyendo las plantas aparentemente sanas a 5 metros alrededor de la planta enferma. Esta zona queda en cuarentena dentro de su finca y solamente debe entrar en ella la persona*

*que vaya a hacer los tratamientos y esté entrenada para ello. Se debe evitar el ingreso de animales al foco.*

- Deje una sola entrada al foco con el fin de poner un lavapiés: recipiente plástico o de espuma que contiene una solución bactericida para desinfectar calzado. Esta solución puede ser hipoclorito de sodio (mitad de blanqueador y mitad de agua) o yodo al 10%.*
- Utilice herramientas exclusivas en el foco y evite que los operarios utilicen sus propias herramientas.*
- Cubra las flores con plástico en los sitios afectados para evitar el traslado de la bacteria a través de insectos.*
- Cuando las plantas se sequen, arranque y pique en el sitio las cepas y tallos, evitando el salpique durante el corte.*
- Desinfecte la herramienta permanentemente.*
- Mantenga control permanente de malezas usando herbicida, pero en ningún momento con herramienta.*
- Controle picudos, gusano tornillo y hormigas en el foco.*
- Utilice ropa, botas y herramienta exclusivamente para la zona roja y no las use en el resto de la finca.*
- No realice zanjas de drenaje en el foco, ya que se ha encontrado la bacteria con más frecuencia en los canales. Se deben realizar fuera del foco para impedir que el agua entre y disemine la enfermedad a otros sitios.*
- Aplicar al suelo y a la planta picada microorganismos eficientes (0,5 l /planta) Álvarez et al (2007) recomiendan la aplicación en drench en la base de las plantas afectadas y plantas alrededor de lixiviado de raquis de plátano (sin diluir con agua) mezclado con tallos, hojas y flores fragmentados de Tagetes patula (Marigold, 20 kg por recipiente de 200 litros) y roca fosfórica (10 kilogramos por recipiente de 55 galones). Luego de recuperar el sitio afectado se puede seguir aplicando en el resto del cultivo con el fin de controlar la entrada del patógeno*

#### **7.4.1.3 Zona amarilla**

*En esta área se zonifican aproximadamente de 10 a 12 plantas que están alrededor de la zona roja.*

#### **7.1.4.3.1 Instrucciones para la zona amarilla:**

*Es un área de seguridad entre el foco y la zona productiva que evita que la enfermedad se expanda al resto de la finca. Esta zona son 5 metros alrededor de la zona roja (zona de seguridad), en donde se deben monitorear permanentemente las plantas para detectar a tiempo brotes de la enfermedad y cumplir con los siguientes requisitos:*

- *Demarcar la zona con guadua o cintas, con el fin de evitar el paso de personal no autorizado al lote. Solo se permite entrar en esta zona las personas conocedoras del plan de manejo de la enfermedad.*
- *En esta zona queda prohibido el paso de vehículos y personas. Si alguien ingresa, debe desinfectar el calzado y herramientas con solución de hipoclorito de sodio al 2,6% que debe portar en un recipiente.*
- *En esta zona se debe embolsar flores y hacer trampeo permanente de picudos, gusano tornillo y hormigueros con el fin de eliminar posibles vectores de la enfermedad en el campo.*
- *Se debe recurrir a la aplicación mensual de fosfitos de potasio foliar, aplicación que mejora la resistencia de la planta al ataque de enfermedades (CIAT, 2009). La recomendación es de 100 cc. /bomba de 20 l. Simultánea a esta labor se aplican el lixiviado foliarmente (2 l/bomba de 20 l) y cada 3 meses aplicar en drench a todas las plantas ácido fosforoso (100 cc/bomba).*
- *Controlar totalmente malezas con herbicidas a fin de eliminar hospedantes de la bacteria en el suelo.*

#### **7.1.4.4 Instrucciones para la zona verde:**

*Corresponde a áreas del resto de la finca que se encuentran sanas donde su producto se puede comercializar. Asimismo, dentro de este lote se deben seguir realizando las labores propias del cultivo sin perder de vista las prácticas agrícolas necesarias para evitar la entrada de la enfermedad:*

- *Inspeccionar permanentemente el cultivo para detectar la presencia de plantas enfermas.*
- *Sembrar material certificado por el ICA y de fincas libre de la enfermedad.*
- *Evitar el ingreso de personas, animales y vehículos.*



- *Fertilizar de acuerdo a análisis de suelos.*
- *Desinfestar herramientas, botas, vehículos y sitios de parqueo con hipoclorito, Yodo, etc.*
- *No sembrar plátano ni heliconias a menos de 10 metros de quebradas o fuentes de agua.*
- *Capacitar trabajadores.*
- *Trampeo y control de picudos.*
- *No cultivar plantas susceptibles a moko en zonas del cultivo de plátano.*
- *Evitar causar heridas en las plantas con implementos de trabajo o maquinaria.*
- *Controlar ingreso de personas y animales.*
- *Hacer embolsado hermético.*
- *Sembrar e incorporar de flor de muerto*
- *Roca fosfórica o Calfos (5-10 kg/m)*
- *Lixiviado (12-20 l/sitio) Recomendado*
- *Fosfito de potasio foliar (20 cc/l) cada 30 días*
- *Acido fosforoso (20 cc/l), 250-500 cc/planta, cada 3 meses.*
- *Desinfestar herramienta.*
- *Controlar malezas.*
- *Trampeo de picudo y gusano tornillo.*
- *Fertilizar según el análisis de suelo.*
- *Hacer monitoreo.*
- *Sembrar material certificado.*
- *No sembrar cerca de quebradas.*

## **6.4. MEDIDAS ALTERNATIVAS DE CONTROL DEL MOKO EN PLÁTANO Y BANANO**

### **6.4.1 Manejo integrado del moko en plátano**

#### **6.4.1.1 Control cultural**

“Dentro de los métodos convencionales de control al cultivo de plátano se tienen: control cultural, que se basa en la siembra de semilla sana y de buena calidad, distancias de siembras razonables de acuerdo con las condiciones del suelo y del

ambiente, uso de coberturas con cultivos transitorios y un plan de fertilización de acuerdo con el análisis de suelos y las demandas nutricionales del cultivo; control manual con machete, guadaña o a mano especialmente en el área del plato de la planta, para evitar herir las raíces superficiales; en igual sentido, este método es el más recomendado durante la etapa de crecimiento, ya que no se causan daños a las plantas y el control químico, que se adelanta mediante el uso de determinados herbicidas, dependiendo del tipo de malezas presentes en el cultivo y se recomienda su aplicación después de terminada la etapa de crecimiento” (MADR, 2014). Según Pradhanang et al., (2003) En plantaciones donde la enfermedad se ha establecido las flores masculinas deben de ser removidas constantemente además de la solarización y aireación del terreno en épocas secas.

El manejo dado en nuestro país está enfocado en la prevención de la enfermedad para esto se debe mantener controlada la población de insectos como el picudo y el gusano tornillo, ya que pueden favorecer la entrada de la enfermedad; se debe avisar de inmediato al ICA cuando se sospeche de su presencia en la finca. Como medida preventiva frente a la bacteriosis, se recomienda utilizar rizobacterias en la semilla para estimular el crecimiento y los mecanismos de defensa de la planta, controlar el picudo con trampas y establecer el cultivo en suelos bien drenados (ICA, 2012).

#### **6.4.1.2 Prevención**

Según (Alarcon & Jimenez, 2012) Para el manejo preventivo de la enfermedad debemos tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Conocer el historial del lote en cuanto a cultivos previos: presencia de enfermedades antes de realizar la siembra o resiembra de plantaciones nuevas.
- Utilizar colinos sanos, provenientes de fincas certificadas por el ICA (Resolución 3180 del ICA) y acatar, si es el caso, las medidas de carácter legal como cuarentenas y transporte de semillas sin registro ICA o el traslado de material de áreas afectadas a zonas libres del problema.
- No regar vástagos ni material vegetal proveniente de otras plantaciones o lotes infectados de la misma finca.
- Implementar la desinfección del calzado en la entrada del lote, con soluciones de yodo agrícola o de hipoclorito de sodio.

- Desinfectar todas las herramientas de uso en el cultivo.
- No permitir el tránsito de personas ajenas a la finca ni el ingreso de animales a las plantaciones.
- Mantener la plantación libre de malezas.
- Eliminar las bellotas de los racimos tan pronto maduren.
- Realizar control de picudos y gusano tornillo, ya que pueden ser vectores o factores predisponentes para la entrada de la enfermedad
- Avisar al ICA cualquier planta que se sospeche puede tener síntomas de la enfermedad.

### 8.1.3 Monitoreo del moko

Para realizar el monitoreo de bacterias *R. solanacearum* (moko) se debe aplicar la fórmula:

$$\text{Incidencia de moko} = \frac{\text{Área afectada (m}^2\text{)}}{\text{Área total sembrada (m}^2\text{)}} \times 100$$

Se debe realizar una revisión mensual del área erradicada



Figura 15 Lavapies (a) Desinfección de calzado, a la entrada y salida del lote. (b) Desinfección de herramientas. Fuente (Alarcón & Jiménez, 2012)

### 8.1.3 Control biológico.

El control biológico ha sido poco referenciado sin embargo estudios realizados por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco México se realizaron tratamientos con flor de muerto *Tagetes patula* (1 kg/m<sup>2</sup>), calfos (0.5 kg/m<sup>2</sup>), y lixiviado de compostaje de plátano (2.7 L/m<sup>2</sup>). Se logró la reducción en poblaciones de la bacteria de 50.8% y 31.6% con calfos y lixivados, respectivamente. (Gutiérrez, 2015). En el estudio anterior realizado por Arenas et al., (2005), se compararon con Formol 20% los

resultados obtenidos, mostraron que *Tagetes patula* redujo en 84.7 % la población bacteriana, mientras que Formol la redujo al 100%. Lo que sugiere la utilización de alternativas ecológicamente seguras, para reducir la población del patógeno en el suelo.

Los antagonistas bacterianos se han utilizado en muchos estudios para suprimir bacterias del mismo género o similares. El establecimiento de antagonistas bacterianos en las superficies de las plantas permite el control de la enfermedad. Como es el caso del control biológico de *Ralstonia solanacearum* usando una cepa endófito antagonista de *Pseudomonas putida*. (Priou, Márquez, & Gutarra 2006). En ensayos realizados en cultivos de plátano en Alabama EUA se aplicaron preparados de *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus pumilus* en las raíces de la planta proporcionando una supresión significativa de la enfermedad. (Ownley, & Windham, 2006).

En la búsqueda de opciones que permitan el tratamiento de suelos contaminados con altas poblaciones de *R. solanacearum*, como consecuencia de la devastación de hospederos, se realizaron ensayos por Ceballos et al., (2014) en cultivos de plátano con los extractos crudos de dos cepas y dos productos comerciales de *Trichoderma spp.* Que inhibieron el 100% de *R. solanacearum* in vitro y contrarrestaron la enfermedad de moko en plántulas de plátano en condiciones de invernadero, no obstante, en condiciones de campo los resultados aún deben ser evaluados durante periodos más largos.

En un estudio realizado en Manizales donde se realizaron pruebas de antagonismo in vitro, de *Streptomyces spp.* Para inhibir el crecimiento de la bacteria fitopatógena *R. solanacearum*, representa una alternativa biológica para el manejo de la enfermedad del moko en el cultivo de plátano consiguiendo establecer la concentración mínima inhibitoria tanto en disco en placa que permitieron evidenciar esta inhibición (Mendoza, 2017).

#### **8.1.4 Control genético**

El mejoramiento genético con técnicas como extracción de ADN y marcadores moleculares son las opciones más prometedoras en el diagnóstico, prevención y control de la enfermedad. La resistencia genética, es un elemento importante en el manejo de

suelos con presencia de cepas patogénicas, en plantas del género *Arabidopsis* se han reportado genes que promueven un mecanismo de resistencia a la bacteria. La propagación *in vitro* es una herramienta que permite obtener plantas resistentes a la enfermedad, aunque su costo es elevado (Hernández, 2010). Este tipo de control se ejerce mediante la solarización del suelo empleando una cobertura plástica negra. (Patricio et al., 2005).

Es necesario que la población campesina y las personas que están inmersas en la producción de plátano en Colombia se sientan con el compromiso de minimizar la amenaza actual de la propagación de la bacteria permitiendo que se haga un control de lotes y capacitación a productores para evitar la diseminación de la enfermedad, así como capacitar a los cultivadores en el uso del control biológico como una alternativa de control limpia y eficaz.

## **8.2 Manejo y multiplicación de semilla de plátano y banano**

Para el manejo de semilla de plátano y banano existen técnicas culturales empleadas por los productores para evitar la proliferación de hongos, bacterias e insectos como el picudo, los cuales pueden ser vectores de enfermedades al interior de la semilla, estas técnicas regularmente están representadas en la aplicación de insecticidas y bactericidas al momento de la manipulación de la semilla antes de siembra.

Por otro lado la proliferación de nematodos en cormos provenientes de la mismos predios o de otros predios, también es un factor fitosanitario a tener en cuenta al momento de la siembra de semilla de calidad; por este motivo y ante la aparición de otras enfermedades como el moko en plátano, se han desarrollado técnicas de manejo de semillas como lo es la “la técnica tras, las cámaras térmicas o termoterapia y la semilla *in vitro*” a continuación se expone el manejo de semilla con esta metodología, ideal para la prevención de enfermedades de plátano y banano, cabe anotar que a la fecha, no ha se ha empleado esta metodología para el manejo de moko o *R. solanacearum*.

### **8.2.1 Técnica tras**

Esta metodología por sus siglas “TRAS” Técnica de Reproducción Acelerada de Semilla, se utilizan las yemas, las cuales no son separadas de los cormos, sino que los cormos enteros se siembran en canteros o pequeños almácigos previamente acondicionados para que se facilite la brotación de las yemas axilares. Se elimina la yema apical a un centímetro por debajo de la corona que une al cormo con el pseudotallo; esto garantiza la eliminación de la dominancia apical e induce la brotación de las yemas axilares (Aguilar et al., 2004). citados por (Álvarez et al,2013)

### **8.2.2 Cámaras térmicas**

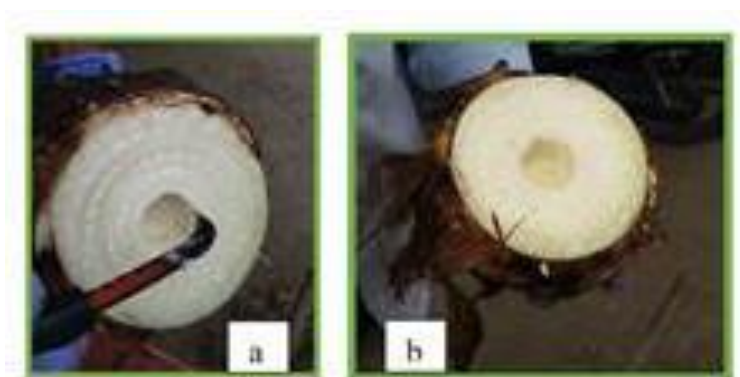
Según (Alvares et al, 2013) “En una cámara térmica los cormos y las yemas inducidas se llevan a un sistema de limpieza que comprende la termoterapia (con temperaturas entre 50 y 70 °C), humedad relativa entre 30 y 100%, y un fotoperíodo hasta de 24 horas (complementado mediante luz artificial en la noche). Estos tres parámetros, así como la frecuencia del fertirriego (riego de solución nutritiva)” permite el crecimiento de hijuelos en excelentes condiciones sanitarias y permite la bioseguridad de la empresa platanera o bananera ya que el aumento de la temperatura en la cámara térmica favorece la eliminación de patógenos en la semilla.

### **8.2.3 Micro túneles de propagación**

Otra metodología aplicada actualmente que requiere menos costos al momento de su instalación son los micro túneles de propagación, adaptada de la metodología de las cámaras térmicas y empleada por AGROSAVIA en Palmira, es aplicada con pequeños productores en campo, facilitando la utilización de semilla limpia y del mismo predio, contribuyendo a mantener sanitariamente las fincas libres de enfermedades bacterianas y nematodos; esta metodología favorece la propagación de semilla limpia en zonas de difícil acceso y se escogen plantas elite en cada finca.

Para la aplicación de las anteriores técnicas el material de siembra ideal debe ser de cormos entre 1 y 2 kg, que son colinos tipo aguja. de igual forma en centros

especializados como el CIAT emplean los cormos producidos en parcelas especiales por plantas élite obtenidas de la semilla desarrollada in vitro. Los cormos se desinfectan primero en una solución de insecticida + fungicida, y se someten luego a la técnica de reproducción acelerada de semilla o material de siembra (TRAS3) (Aguilar et al., 2004) para inhibir la yema o meristemo apical e inducir la brotación de las yemas laterales citados por (Álvarez et, al 2013). ver ilustración 16



**Figura 16 Eliminación de dominancia apical en cormo de plátano**

**Fuente (Cardona, 2019)**

Las ventajas más representativas de la técnica de cámaras térmicas, a la TRAS, es la disminución del tiempo de emergencia de colinos que pasa de ser de 29 días a 18 en cámaras térmicas de igual manera en los microtuneles de propagación la aceleración de los brotes de los cormos tiende a ser igual. Los mejores rendimientos en propagación se han obtenido aplicando la técnica TRAS a cormos entre 1 y 2 kg y empleando aserrín de madera (previamente esterilizado) como sustrato de siembra dentro de la cámara térmica. Estudios comparativos han demostrado que la producción al interior de la cámara térmica puede ser hasta de 90 brotes/m<sup>2</sup> por mes, en comparación con 35 brotes/m<sup>2</sup> por mes, cuando se multiplica la misma semilla en condiciones ambientales externas afirma (Álvarez et, al 2013)



**Figura 17 a) Técnica de elaboración de microtunnel, B) Microtunnel con semilla en proceso de emergencia Fuente (Cardona,2019)**

Según Jorge Cardona técnico de AGROSAVIA 2019 en Manizales, esta metodología disminuye considerablemente el riesgo de diseminación de problemas fitosanitarios, ya que la termoterapia como efecto en los túneles de multiplicación o propagación, elimina todo foco posible de enfermedad, además se restringe la llegada de materiales contaminados a las fincas, se produce semilla uniforme y constante, y como factor de alta importancia es el establecimiento de material de plantas de plátano o banano elite seleccionadas en los predios de los productores.

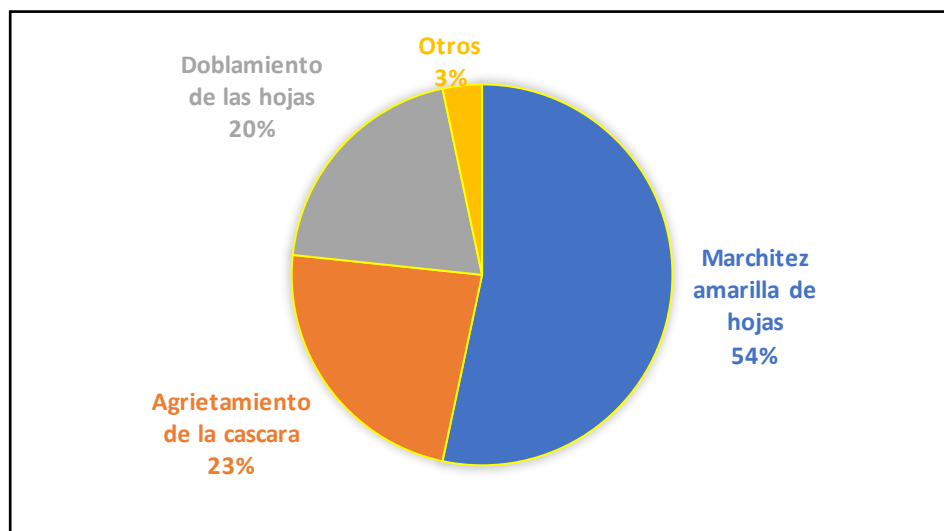
#### **8.2.4 Conocimiento de los productores de la enfermedad del moko y su manejo adecuado.**

Teniendo en cuenta el documento de recolección de la información en la metodología la cual fue una encuesta

A la pregunta 1: ¿Reconoce Usted los signos y síntomas de la enfermedad del moko? Los productores encuestados respondieron, que si un 74.9% y no un 24.1% identificando otros síntomas como racimo madura viche, hoja bandera seca, moko o baba en plantas afectadas por la enfermedad.



## Síntomas de la enfermedad

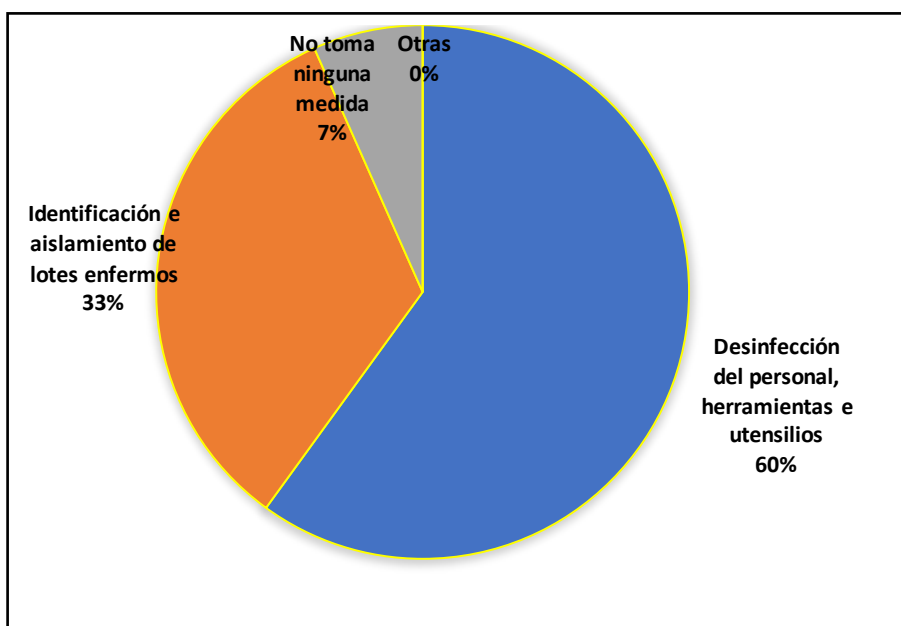


**Figura 18 Síntomas de la enfermedad del Moko que los productores identifican en la planta de plátano y banano en campo**

**Fuente propia**

Entre los síntomas más conocidos por los productores en campo están la marchitez amarilla de las hojas con un 54%, seguido del agrietamiento de la cascara y el doblamiento de hojas con un 23% y un 20 % respectivamente; cabe resaltar que hay varios signos y síntomas de otras enfermedades que afectan al plátano y banano como la Sigatoka negra y amarilla que los productores suelen confundir con moko.

Se pudo evidenciar mediante indagación en la encuesta, que los productores identifican otros síntomas representados por un 3% donde afirman reconocer: Puntos negros en el raquis y el seudotallo, hilos rojos en el centro del seudotallo, o en la calceta, con una baba cuando se hace el corte, fruto madura viche, frutos negros o racimo que madura de abajo hacia arriba.



**Figura 19 Medidas sanitarias realizadas por los productores para evitar la contaminación con Moko en su cultivo de plátano o banano. Fuente propia**

A la pregunta 2. ¿Qué medidas sanitarias emplea en su predio para evitar la el ingreso del moko al cultivo? Respondieron ver Figura 19

El 60 % de los productores respondió que utilizan medidas de desinfección de personal y utensilios o herramientas de trabajo como medida preventiva en la diseminación de la enfermedad, cuando se realizan trabajos de campo como: Recolección de fruto, deshoje de plantas, y eliminación de raquis. Cabe resaltar que para la desinfección se utilizan diferentes productos como peróxido de hidrogeno al 30% y al 50%; ácido oxolínico conocido comercialmente como (oxolina), Yodo agrícola, e hipoclorito de sodio al 10 % es decir 900 cc. de agua y 100 cc de hipoclorito; se realizan pediluvios con igual dosis de hipoclorito y cal viva en recipiente sumergiendo botas antes de ingresar al lote, lo anterior son medidas que utilizan los productores encuestados en sus predios.

El 33% de los encuestados respondió que realiza el aislamiento de los lotes enfermos o con síntomas visibles de la enfermedad; dentro de las medidas informan al ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) o a la UMATA ( unidades municipales de atención técnica agropecuaria); utilizan la identificación de la zona afectada o de lotes evitando que el personal se dirija a esas zonas; en predios donde el plátano está sembrado en asocio con café, los productores no establecen tales medidas dificultando el plan sanitario o de manejo de su propio predio; otros por el contrario han comenzado

a eliminar el plátano y a sembrar cultivos como café, cacao y aguacate como sus nuevas alternativas de producción. Y solo el 7% no realiza ninguna medida preventiva para el control y evitar diseminación de la enfermedad.

Pregunta 3. Referente a las preguntas cerradas: A la pregunta sobre si conoce o no la enfermedad del Moko en plátano y banano, un 97, % de los encuestados respondió que sí, lo que evidencia que existen planes de divulgación de la enfermedad en las zonas encuestadas.

Pregunta 4. Al indagar si los productores revisan los lotes del cultivo en búsqueda de signos de la enfermedad del moko un 82,8% respondió afirmativamente, en este caso se puede inferir que los productores conocen el problema y desean controlar su diseminación en campo, el restante 17,8 % no reconoce la importancia de emplear o establecer medidas preventivas.

Pregunta 5. a la pregunta ¿Conoce usted como productor protocolos de control de la enfermedad el Moko para evitar su propagación? el 75,9% de los encuestados conoce por lo menos un protocolo para el control de la enfermedad, el más conocido es el aplicado por el ICA y citados por (Alarcon & Jimenez, 2012) referenciado en el presente documento y el restante 24.1 % no aplica ni conoce protocolos para su control y manejo.

Pregunta 6. ¿Está de acuerdo con el manejo que se les da a los cultivos infectados con Moko? Los productores encuestados manifestaron estar de acuerdo con el manejo que se le da a los cultivos infectados por la bacteria y el protocolo que establece el ICA como entidad de control sanitario nacional en un 64,3% y un 35,7% no está de acuerdo manifestando que es un protocolo muy estricto y eliminan plantas de zonas donde no se han encontrado plantas enfermas; de igual manera esta población dice que prefieren no avisar al ICA ante la presencia de la enfermedad y solo aíslan las plantas afectadas eliminando las plantas con glifosato; lo que supone pueden ser medidas no muy viables conociendo la proliferación e incidencia de la enfermedad en los cultivos de plátano y banano.

pregunta 7 ¿Desearía que se le brindara capacitación en manejo del Moko y poseer conocimientos en protocolos para su control? El 97.7 % de los productores manifestaron estar interesados en implementar protocolos de manejo y capacitación diferentes al del ICA; el 3.3% restante no se interesó por conocer más sobre la enfermedad.

La falta de inversión en protocolos alternativos, biotecnológicos, de mitigación que sean sostenibles son de gran importancia para los productores, afirman también querer que las investigaciones en el tema trasciendan a la práctica en campo y lleguen a los predios afectados.

Se pudo evidenciar que en el departamento del Quindío existen productores que aplican un protocolo que llaman “vacío Biológico”, que no ha sido referenciado por entidades sanitarias o de orden asociativo, pero que ellos defienden como alternativa para de control el cual aplican de la siguiente manera.

Erradicación de plantas enfermas con glifosato, aplicación de peróxido de hidrogeno al 50% o al 30% y/o oxalina y/o hipoclorito en el sitio, picando las plantas y tapando el sitio afectado con un plástico negro durante 8 días, posteriormente aplican el vacío biológico con *Bacillus subtilis* y/o poll de microorganismos benéficos; con el fin de recuperar el microbiota perdida, al momento de la aplicación de los desinfectantes y después dejar en reposo el sitio de la aplicación del protocolo durante 6 meses.

Las personas entrevistadas defendieron este método como una alternativa para no eliminar las plantas alrededor del foco que no presentan síntomas de la enfermedad, se recalca que esta metodología no está probada científicamente y no existen reportes de si funciona o no con análisis de laboratorio.

## 7. CONCLUSIONES

La enfermedad del moko en los cultivos de plátano y banano en Colombia presenta una alta incidencia, en 31 de los 32 departamentos de Colombia menos en San Andrés y Providencia por ser un departamento isleño. En la actualidad se estima que un 95% de los cultivos plataneros se encuentran infectados con moko. (Galindo, ICA-Bogotá, 2004). Citados por (CIAT & FAO sf)

Su proliferación actualmente supone mínimas medidas de control y vigilancia ya que la principal forma de diseminación de la enfermedad es por medios mecánicos y semilla contaminada, pese a los esfuerzos de las entidades del estado, agricultores, comercializadores son los principales propagadores de la enfermedad predio a predio.

Con este trabajo se evidencio que existe solo un protocolo establecido y abalado por la entidad sanitaria nacional colombiana, en este caso el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) para el manejo del moko *R. solanasearum*, y que es la base para la eliminación de los focos a nivel nacional que si bien, no elimina la bacteria, si controla el foco de las plantas afectadas por predio, evitando así la proliferación de la enfermedad.

Se debe considerar emplear el protocolo del ICA establecido y empleado en Colombia, junto con otras técnicas mencionados en este documento tales como la utilización de *Tagetes patula* en el contorno de la plantación, *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus pumilus* que han sido investigados en laboratorio pero que a la fecha no se ha trabajado en campo; *Trichoderma spp* hongo existente en el suelo que se asocia con las raíces y evita la entrada de patógenos. Lixiviado de raquis de plátano combinado con *Tagetes patula*, todos de origen natural y que se encuentran de forma fácil en los predios, son alternativas que pueden ser utilizadas para mitigar las infestaciones del moko; de igual manera la utilización de semilla del mismo predio con plantas elite seleccionadas, implementación de técnica tras, microtúneles de propagación o cámara térmica para termoterapia de semilla y eliminación de otras enfermedades. Barreras sanitarias y preventivas, mejorar la bioseguridad en los predios, todas son un conjunto de técnicas o protocolos que formarían la base de nuevos manejos alternativos en el

control y mitigación de la enfermedad en el territorio colombiano. De igual manera es indispensable pensar en nuevos caminos que permitan que el conocimiento de investigadores y las nuevas técnicas de implementación para el manejo de moko, sean llevadas a campesinos y profesionales del sector agrícola.

## 10. RECOMENDACIONES

Existen mecanismos de control que permiten que el daño causado por la bacteria sea mitigada biológicamente, sin el uso de productos químicos ni daños residuales a los ecosistemas, entre estas alternativas de control se encuentran el uso de lixiviados como el raquis de plátano y flor de muerto *Tagetes patula*, aplicación de roca fosfórica, antagonismo biológicos como las *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus pumilus*, *trichoderma* y mecanismo de prevención como la utilización de semilla seleccionada, técnicas como la termoterapia, el manejo de la bioseguridad y los microorganismos eficientes de la rizósfera, algunas con recomendación del ICA y otras que aún no han sido tratadas en campo, podrían ser aplicadas de forma rutinaria presentando así perspectivas prometedoras para contrarrestar esta problemática en Colombia.

Teniendo en cuenta las visitas de campo y la aplicación de la encuesta a productores, es importante resaltar que el manejo integral de los cultivos el control cultural adecuado, involucra las buenas prácticas agrícolas, la divulgación de la enfermedad, su identificación, caracterización y prevención. Así como el uso combinado de protocolos biológicos descritos en el presente documento son alternativas a tener en cuenta para controlar la enfermedad en Colombia. No obstante, es de suma importancia que se siga investigando sobre *R. solanacearum* y que faciliten el acceso y divulgación de nuevas propuestas biotecnológicas que mitiguen el impacto de la enfermedad en los predios de los campesinos colombianos que con tristeza ven, que no pueden volver a sembrar plátano en predios infestados.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Agudelo Yomara, Flórez Vilma (2018). Sintomatología de moko *R. solanacearum* en fruto, corno, seudotallo, raquis., colinos y plantas adultas. La Celia y Quimbaya Quindío Colombia. Archivos fotográficos propios de los autores.
- Agudelo Yomara, Flórez Vilma (2019). Distribución geográfica del moko del plátano *R. solanacearum* raza 2 en Colombia. Archivos fotográficos propios de los autores.
- Agronegocios (2019) La producción local banano superó los 100 millones de cajas al cierre de 2018. Artículo Periódico en línea. Recuperado de: <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-local-banano-supero-las-100-millones-de-cajas-al-cierre-de-2018-2827238>.
- AGRONET, (2014). Cultivos de plátano y banano en Colombia Memorias al congreso 2014-2018 Ministerio de Agricultura Recuperado de: [https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/MEMORIAS AL CONGRESO DE LA REPUBLICA/MEMORIAS AL CONGRESO 2014 2018.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/MEMORIAS%20AL%20CONGRESO%20DE%20LA%20REPUBLICA/MEMORIAS%20AL%20CONGRESO%202014%202018.pdf).
- AGRIOS. G.N. (1997). Plant Pathology. 4 ed. Academic Press, San Diego, CA, USA, 635 P.
- Álvarez, E.; Pantoja, A.; Gañan, L.; y Ceballos, G. 2013. Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en América Latina y el Caribe. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Publicación no. 387. 40 p.
- Álvarez E. Pantoja A., Gañán L., y Ceballos G. 2015. Current Status of Moko Disease and the Caribbean, and Options for managing them. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 40 p. -- (CIAT publication No. 404).
- Álvarez, Elizabeth; Ceballos, Germán; Gañan, Lederson; Rodríguez, Davis; González, Silverio; Pantoja, Alberto. 2013. Producción de material de "siembra" limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 16 p.. (Publicación CIAT No. 384)



Albuquerque G. M. R., Santos L. A., Felix K. C. S., Rollemberg C. L., Silva A. M. F., Souza E. B., et al. (2014). Moko disease causing strains of *Ralstonia solanacearum* from Brazil extend known diversity in paraphyletic phylotype II. *Phytopathology* 104 1175–1182. 10.1094/PHYTO-12-13-0334-R.

ASOFRUCOL (2017). Balance del sector hortofrutícola. Recuperado de: [http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE\\_SECTOR\\_HORTIFRUTICOLA\\_DICIEMBRE\\_2017.pdf](http://www.asohofrucol.com.co/imagenes/BALANCE_SECTOR_HORTIFRUTICOLA_DICIEMBRE_2017.pdf)

Arenas A., López D., Álvarez, E., Llano, G. y Loke J. 2005. Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstoniasolanacearum* Smith, causante de Moko del plátano. *Fitopatología Colombiana* 28(2):76- 80 p. Recuperado de: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/efect\\_pract\\_ecol\\_rl.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/efect_pract_ecol_rl.pdf)

Baker B, Zambryski P, Staskawicz B, Dinesh-Kumar SP.(1997) Signalling in plant-microbe interactions. *Science*. 1997;276:726-733. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9115193>

Bautista-Montealegre, L., Bolaños-Benavides, M., Abaunza-González, C., Arguelles-Cárdenas, J., & Forero-Camacho, C. (2017). Moko de plátano y su relación con propiedades físicas y químicas en suelos del departamento de Quindío Colombia. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 10(2), 273-283. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.5066>.

Belalcázar, S., Rosales, F. & Pocasangre, L. 2004. El “Moko” en el plátano y banano y el rol de las plantas hospederas en su epidemiología. pp. 16-36. En: *Memorias de la XVI Reunión de Acorbat*, Oaxaca, México.

Bolaños L, 2014. Bacteriasl wilt disease of banana. Technical report. <https://www.researchgate.net/publication/266855079>.

Castañeda Sánchez, D. (2005). Comportamiento e impacto de la enfermedad de Moko en la Zona de Uraba (Colombia), en las últimas tres décadas y media propuesta de un índice de riesgo de la enfermedad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(1), 2587-2599. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/21172>

Castañeda, D. A., Espinosa J. A. (2005). Comportamiento e impacto de la enfermedad de moko en la zona de Urabá (colombia), en las últimas tres décadas y media y propuesta de un índice de riesgo de la enfermedad. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 58(1), Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472005000100002&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472005000100002&lng=en&tlng=es).

Cardona Jorge (2019). Eliminación de dominancia apical en cormo de plátano. Técnica de elaboración de microtunel, Microtunel con semilla en proceso de emergencia. Agrosavia. Palmira valle del cauca Colombia Archivos fotográficos personales del autor.

Ceballos, G, Álvarez E, Bolaños, M (2014). Reducción de poblaciones de *Ralstoniasolanacearum* raza 2 (Smith) en plátano (*Musa* AAB Simmonds) con aplicación de extractos de *Trichoderma* sp. (*Alexopoulos* y Mims) y bacterias antagonistas. *Acta agrónomica* 63 (1).

Champoiseau PG, Jones JB and Allen C. (2009) *Ralstonia solanacearum* race, biovar 2 causes tropical losses and temperate anxieties. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2009-0313-01-RV.

EPPO-PQR. European and Mediterranean Plant Protection Organization Reporting Service. Paris, France: EPPO. [http://archives.eppo.org/EPPOReporting/Reporting\\_Archives.htm](http://archives.eppo.org/EPPOReporting/Reporting_Archives.htm), 2016.

Fegan, M. y P. Prior. 2005. How complex is the “*Ralstonia solanacearum* Species complex? The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 46 p.

FAO.(2015).Cartilla anual plátano. Recuperado de:[http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs\\_Resources\\_2015/T4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/T4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf)

González, I, Arias, Y. y Peteira, B.(2009) Artículo reseña Interacción planta-bacterias fitopatógenas: caso de estudio *Ralstoniasolanacearum*- plantas hospedantes *Revista de Protección Vegetal* versión impresa ISSN 1010-2752versión On-line ISSN 2224-4697 v.24 n.2 La Habana, Cuba.

- González, I., Arias, Y. & Peteira, B. 2009. Interacción planta-bacterias fitopatógenas: caso de estudio *Ralstonia solanacearum* plantas hospedantes. *Rev. Protección Vegetal*. 24 (2): 69-80.
- Granada, G.A. 2003. Manejo integrado del Moko (*Ralstonia solanacearum* Raza 2) en cultivos de banano y plátano. *Boletín Técnico. Cenibanano– Augura*. 2: 9-13. DOI: <https://doi.org/10.15332/iteckne.v10i2.399>
- Guerrero, BM. (2012). El Cultivo de plátano, Guía Técnica No. 4, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.
- Gómez, C. E. A., Alvarez, E. y Llano, G. 2004. Identificación y caracterización de cepas de *Ralstonia solanacearum* raza 2, agente causante del Moko del plátano en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 28(2): 71-75.
- Gutiérrez, N. 2015 Moko bacteriano en Plátano. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco. México Recuperado de: <https://seder.jalisco.gob.mx/fomento-agricola-hortofruticola-e-inocuidad/696>.
- Hayward, A.C. (1991) Biology and epimilology of bacteriral wilt caused *Pseudomonas solanacearum* .*Annual Review Phytophatology* 29 64:87.
- Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review of Phytopathology* 29, 64-87.
- Hernández, J. J. 2010. Análisis de la diversidad genética de *Ralstonia solanacearum* y su relación con la virulencia en plátano, amenaza en Venezuela. *Producción Agropecuaria*, 3:19-30. Recuperado de: <http://investigacion.unesur.edu.ve/index.php/rpa/article/view/55>
- Hernández Y, Mariño N, Trujillo G, Urbina de Navarro C. (2005). Invasión de *Ralstonia solanacearum* en tejidos de tallos de tomate (*Lycopersi conesculentum* Mill). *RevFacAgron.*; 22:181-190. Caracas. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182005000200008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000200008).

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. (2012). Manejo fitosanitario del plátano. Recuperado de [http://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbsp; Manejo-fitosanitariodel-cultivo-de-platano.aspx](http://www.ica.gov.co/getattachment/08fbb48d-a985-4f96-9889-0e66a461aa8b/-nbsp;Manejo-fitosanitariodel-cultivo-de-platano.aspx).

ICA (2017). Control y erradicación de la enfermedad del Moko del plátano. Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/El-ICA-hace-control-y-erradicacion-de-la-enfermeda.aspx>.

Instituto colombiano agropecuario ICA (2014). Manejo de las principales plagas y enfermedades del cultivo de plátano. Bogota, Colombia: produmedios, pp.5-18.

Kn, Chandrashekar & K, Prasannakumar & Manthirachalam, Deepa & Akella, Vani. (2010). Davana (*Artemisia pallens*): New Host for *Ralstonia solanacearum* in India. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 1.

Lescot T. (2013). “World plantain and banana production systems,” in *Proceedings XX International Meeting ACORBAT. September 9 – 13, 2013* Fortaleza: 26–34

MADR 2014. Anuario estadístico del sector agropecuario 2013. Resultados evaluaciones agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Bogotá.

Martins, O. (2000). Polymerase chain reaction in the diagnosis of bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. Georg-August University, Göttingen, Germany, 127 p.

Mendoza, E. (2017). Potencial biológico de cepas autóctonas de streptomycesspp. Como antagonista frente a *Ralstonia solanacearum*. Tesis Magister Universidad Católica de Manizales.

Ministerio de agricultura. (2015). Plátano. Obtenido de <http://sioc.minagricultura.gov.co/index.php/art-inicio-cadena-platano/?ide=25>

Mesa, L. A. y Triviño, V. H. 2007. Evaluación microbiológica y físico-química de fuentes de lixiviados de compost de raquis de plátano y su efecto en el manejo de Moko. Tesis pregrado. Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. 125 p

Momol T, Ji P, Pernezny K, McGovern R, Olson S. (2008) Three soilborne tomato diseases caused by *Ralstonia* and *Fusarium* species and their field diagnostics. *Plant Pathology*

Department, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida/ IFAS, EDIS  
Extension Published Fact Sheet PP-205. Disponible  
en:<https://www.researchgate.net/publication/240633609>

Obregón-Barrios, M., Rodríguez-Gaviria, P.A. & Salazar-Yepes, M. 2011. Supervivencia de  
*Ralstonia solanacearum* en suelo y tejido de plantas de banano en Urabá. *Rev.  
Fitosanidad.* 15 (2): 91-97. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/2091/209122297004.pdf>.

Olson HA. (2005) *Ralstonia solanacearum*. Pathogen profile. PP 728 Soilborne Plant Pathogens,  
Spring. Disponible en:  
[http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Ralstonia/Ralstonia\\_solanacearum.html](http://www.cals.ncsu.edu/course/pp728/Ralstonia/Ralstonia_solanacearum.html).

Ownley, B., & Windham, M. T. (2006). Biological control of plant pathology. In R.  
N. Trigiano, M. T. Windham, & A. S. Windham (Eds.), *Plant pathology: Concept and  
laboratory exercise* (pp. 554–570). Washington, D.C.

Patricio, F R A., Almeida, I M G., Santo, A S., Cabral, O., Tessariolin, J., Sinigaglia, C., Berian,  
L O S., and Rodríguez, N J. 2005. Avaliação da solarização do solo para o controle de  
*Ralstonia*. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/266855079\\_Bacterial\\_wilt\\_disease\\_of\\_banana](https://www.researchgate.net/publication/266855079_Bacterial_wilt_disease_of_banana)

Pradhanang, P. M., Momol, M. T., and Olson, S. M. 2003. Effects of plant essential oil  
on *Ralstonia solanacearum* population density and bacterial wilt incidence in  
tomato. *Plant Disease*, 87 (4):423- 427. Recuperado de:  
<https://naldc.nal.usda.gov/download/42853/PDF>

Prieto J, Morales J, Salazar M. Identification of new hosts for *Ralstonia solanacearum* (Smith)  
race 2 from Colombia. *Rev Protección Veg.*, 27(3):151-161, 2012. Disponible en:  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v27n3/rpv03312.pdf>.

Priou, S., Marquez, M., & Gutarra, L. (2006). Biological control of bacterial wilt of potato  
(*Ralstonia solanacearum*) using an antagonistic endophyte strain of *Pseudomonas*  
*putida*. In: *Proceedings of the 4th International Bacterial wilt symposium*, (pp. 47). New  
York.

Porras K. (2019). El plátano, lo que más produce Colombia Periódico el Colombiano. Recuperado de: <https://www.elcolombiano.com/negocios/inventario-agropecuario-de-colombia-NN3384078>.

Resolución 3330 del ICA, por la cual se establece las medidas fitosanitarias tendientes a prevenir la diseminación en el territorio nacional de la enfermedad conocida como moko del plátano y banano, ocasionada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/23bb6ce3-2149-4f08-8ee8-93a64f3abc46/2017R1769.aspx>

Rodriguez&Rodriguez (2001). Aspectos socioeconómicos del cultivo de plátano en Colombia INFOMUSA 10 (1) 4- 9. Disponible en: [https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/IN010187\\_es.pdf](https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/IN010187_es.pdf).

SAGARPA secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación & Servicio nacional de sanidad inocuidad y calidad agroalimentaria SENASICA. (2016). Moko del plátano *Ralstonia solanacearum* raza 2 Smith ficha técnica no. 3. Recuperado de <http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/mokoplatano.pdf>

Santos, R. (mayo de 2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Obtenido de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplatan o.pdf>

Tsutomu A, Hideki T, Motoichiro K, Tohru T (2007). Tomato as a model plant for plant-pathogen interactions. *Journal Plant Biotechnol.* 24:135-147. Disponible en: <https://www.jstage.jst.go.jp>

- Thurston HD. 1989. Enfermedades de cultivos en el trópico. Galindo JJ, trad. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 232 p.
- Valencia-Valencia, L., Álvarez-Cabrera, E., Castaño-Zapata, J. (2014). Resistencia de treinta y cuatro genotipos de plátano (*Musa AAB*) y banano (*Musa AAA*) a cinco cepas de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 (Smith). *Revista Agronomía*. 22 (2): 21-34. Manizales. Colombia. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co>.
- Vargas, J.E. 2001. El moko del plátano y banano y su manejo Institucional en el departamento del Quindío. p. 25 – 30. En: *Memorias Seminario-Taller manejo integrado de la Sigatoka negra, Moko y Picudo negro del plátano*. Armenia (Colombia).
- Yabuuchi, E., Kosato, Y., Yano, I., Hotta, H. & Nishiuchi, Y. 1995. Transfer of two *Burkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. Nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni & Doudoroff. 1973) comb. Nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith, 1986) comb. Nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis, 1969) comb. Nov. *Microbiol. Immunol.* 39 (11): 897-904.