



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
RURAL Y TIERRAS

iníaf
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal

MANUAL PARA EL CONTROL DE PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES DE MUSACEAS



AUTORIDADES NACIONALES

M. Sc. Luis Alberto Arce Catacora

Presidente Constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia

Lic. David Choquehuanca Céspedes

Vicepresidente del Estado Plurinacional de Bolivia

AUTORIDADES INSTITUCIONALES

Windson July Martínez Ph.D.

Director General Ejecutivo INIAF

Rogelio Maydana Apaza Ph. D.

Dirección Nacional de Innovación

Ing. Jose Gabriel Condori Chipana

Responsable Proyecto Banano y Plátano

CRÉDITOS

Autores:

Ing. Iván Zurita Villegas
Ing. Leonardo Choque Ramírez
Ing. Gady Ruth Loza Mérida
Tec. Sup. Oscar Calizaya Quiroga

Edición:

Windson July Martinez Ph.D.
Rogelio Maydana Apaza Ph.D.
M. Sc. Emma Yana Ali
Ing. Valerio Vargas Pantoja

Diagramación e Impresión:

C&C Impresiones
Av. 20 de Octubre N° 1677
Telf.: 2495695 • Cel.: 76759999 • Email: cycimpresionesgraf@gmail.com
La Paz Bolivia

1ra edición

ISBN: 978-9917-9654-2-8

Deposito Legal: 4-1-631-2025 P.O.

PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), creado mediante el Decreto Supremo N.º 29611 del 25 de junio de 2008, tiene entre sus funciones dirigir, desarrollar y ejecutar procesos de investigación e innovación, brindar asistencia técnica, apoyar la producción de semillas, y promover la recuperación y difusión de conocimientos, saberes y tecnologías, además del manejo y gestión de recursos genéticos. Asimismo, le corresponde la administración del sistema nacional de recursos genéticos en los ámbitos agrícola, pecuario, acuícola y forestal, lo que incluye la gestión de bancos de germoplasma y centros de investigación.

El programa “Mejora de la producción y comercialización de Banano y Plátano en el Trópico de Cochabamba y Los Yungas de La Paz” tiene como objetivo principal incrementar la productividad y mejorar la calidad del banano y plátano en las regiones beneficiarias, mediante el fortalecimiento de capacidades técnicas, el acceso a tecnologías apropiadas, la implementación de buenas prácticas agrícolas y el impulso a la comercialización, contribuyendo así al desarrollo sostenible de los productores y a la seguridad alimentaria del país.

Este manual está dirigido a productores de banano y plátano (musáceas), así como al público en general, con el objetivo de fomentar la adopción de prácticas adecuadas para un manejo fitosanitario efectivo frente a las principales plagas y enfermedades que afectan estos cultivos, contribuyendo así a mejorar su productividad y rentabilidad.

ÍNDICE

1	PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL BANANO Y EL PLÁTANO	1
2	MANEJO INTEGRADO DE LA SIGATOKA NEGRA.....	4
2.1	Agente causal	4
2.2	Ciclo de <i>Mycosphaerella fijiensis</i> durante la infección.....	4
2.3	Condiciones favorables para la enfermedad	5
2.4	Síntomas de la Sigatoka negra.....	6
2.5	Diseminación de la enfermedad	7
2.6	Prevención.....	7
2.7	Monitoreo de la infección	9
2.8	Control de la enfermedad	11
2.8.1	Control químico.....	11
2.8.2	Control biológico	14
2.8.3	Control Orgánico.....	16
3	MANEJO DEL MOKO BACTERIANO	20
3.1	Agente causal	20

3.2	Condiciones favorables para la enfermedad	20
3.3	Ciclo de <i>Ralstonia solanacearum</i> Raza 2 durante la infección.....	21
3.4	Síntomas de la enfermedad.....	22
3.5	Prevención.....	24
3.6	Monitoreo de la infección	25
3.7	Diseminación de la enfermedad	26
3.8	Manejo integrado del moko bacteriano.....	27
3.8.1	Control Cultural.....	27
3.8.2	Control Químico.....	28
3.8.3	Control Orgánico.....	29
3.8.4	Control químico y orgánico	30
4	MANEJO DE PICUDO NEGRO	32
4.1	Ataque de picudo negro.....	33
4.2	Prevención de ataque de la plaga	33
4.3	Monitoreo de la presencia de picudo.....	34
4.4	Control del picudo negro.....	35
4.4.1	Manejo cultural	35

4.4.2	Control químico.....	35
4.4.3	Control biológico	36
5	MANEJO DE NEMATODOS	40
5.1	Prevención de la presencia de la plaga.....	41
5.2	Identificación de presencia de nemátodos	42
5.3	Control de nemátodos	43
5.3.1	Manejo cultural	43
5.3.2	Control químico.....	44
5.3.3	Control biológico	44
6	BIBLIOGRAFÍA.....	46

1 PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL BANANO Y EL PLÁTANO

El banano y el plátano son cultivos de gran importancia económica y social en Sudamérica, fundamentales para la alimentación y el sustento de numerosas comunidades. Sin embargo, su producción enfrenta constantes amenazas por enfermedades y plagas que afectan tanto la productividad como la calidad del fruto, impactando directamente la rentabilidad y sostenibilidad de las plantaciones en las regiones productoras.

Tabla 1: Principales enfermedades del cultivo de musáceas.

Enfermedades de las musáceas	Plagas de las musáceas
- La Sigatoka Negra, (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) - Sigatoka amarilla (<i>Mycosphaerella musicola</i>) - Marchitez por Fusarium (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. Cubense) - Punta de cigarro (<i>Verticillium theobromae</i> y <i>Trachysphaera fructigena</i>) - Moko bacteriano, (<i>Ralstonia solanacearum</i>) - Virus del racimo de banana (Banana bunchy top virus - BBTV) - Virus del rayado del banano (Banano streak virus) - Virus del mosaico leve (Cucumber mosaic virus - CMV)	- Picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>) - Picudo rayado (<i>Metamasius hemipterus</i>) - Cochinilla (<i>Pseudococcus elisae</i>) - Ácaro rojo (<i>Raoiella indica</i>) - Nematodos (<i>Radopholus similis</i> y <i>Meloidogyne</i> spp.)

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

En Bolivia, los cultivos de banano y plátano enfrentan serios problemas causados por enfermedades y plagas que afectan el rendimiento y la calidad de la producción. Entre las enfermedades más comunes y perjudiciales se encuentran la Sigatoka negra y el Moko bacteriano. Entre las plagas más importantes están el picudo negro y los nemátodos.





SIGATOKA NEGRA
(*Mycosphaerella fijiensis*)

2 MANEJO DE LA SIGATOKA NEGRA

2.1 Agente causal

Mycosphaerella fijiensis es un hongo ascomiceto causante de la Sigatoka negra, considerada una de las enfermedades más severas y de mayor impacto económico en el cultivo de banano (*Musa sp.*).

2.2 Ciclo de *Mycosphaerella fijiensis* durante la infección

El ciclo de vida de *Mycosphaerella fijiensis* está influenciado por las condiciones climáticas, clase de hospedero, la genética del patógeno, sistemas de explotación y manejo agronómico.

El ciclo de vida del hongo se inicia con la germinación de las esporas, que después de haber sido liberadas y dispersadas por la acción del agua y el viento, se depositan sobre las hojas de la planta. Para que ocurran los procesos de germinación y penetración es indispensable la presencia de agua libre sobre las hojas. Cuando esta condición se da, las esporas germinan en menos de dos horas, dando lugar a los tubos germinativos rectos que se alargan y ramifican en busca de los estomas (poros de la hoja) por donde penetran en menos de una semana (Rosales, F. *et al.* 2004).

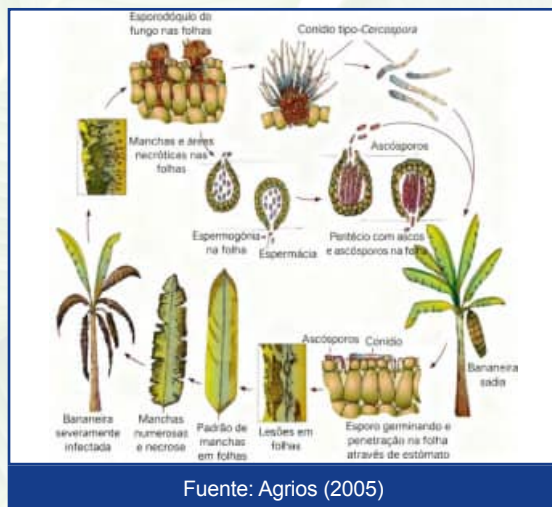
Bajo condiciones ambientales óptimas para el hongo, el periodo de incubación (tiempo transcurrido entre la germinación de las esporas y la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad) dura 17 días. Los primeros conidios que se forman sobre las lesiones en estado de estría, aparecen 28 días después de la infección. La culminación o finalización del ciclo infeccioso, ocurre con la liberación de las primeras ascosporas, puede presentarse 49 días después de la infección (Rosales, F. *et al.* 2004).

Figura 1. Ascosporas de *Mycosphaerella fijiensis*



Fuente: Irish *et al.* (2013)

Figura 2. Ciclo de desarrollo de la Sigatoka del banano causada por *Mycosphaerella musicola* o *M. fijiensis*



2.3 Condiciones favorables para la enfermedad

La sigatoka negra, causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, prospera en ambientes cálidos y húmedos, con temperaturas entre 24 °C y 30 °C, alta humedad relativa y períodos prolongados de mojado foliar. La enfermedad se intensifica en zonas con lluvias frecuentes, escasa ventilación y alta densidad de siembra, lo que favorece la germinación de esporas y la infección de las hojas. Estas condiciones aceleran el ciclo del hongo y aumentan la severidad del daño foliar (Rosales, F. et al. 2004).

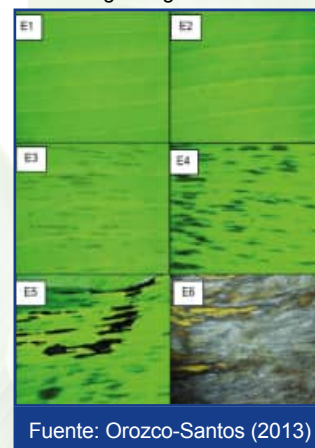
2.4 Síntomas de la Sigatoka negra

Esta enfermedad afecta al área foliar que al inicio de su infección produce puntos oscuros que se convierten en manchas cloróticas y progresivamente destruye la lámina foliar hasta causar la defoliación total de la planta y reducen drásticamente la capacidad fotosintética. En consecuencia, afecta la maduración de los frutos, reduce el peso del racimo y la calidad de la fruta disminuyendo su valor comercial. Un manejo inadecuado de la enfermedad puede ocasionar pérdidas de rendimiento superiores al 50%, además de incrementar los costos de producción por el requerimiento de aplicaciones frecuentes de fungicidas.

Los síntomas de la Sigatoka negra se pueden reconocer a través de seis estados de la escala de Fouré.

- Estado 1. Pequeñas lesiones o puntos de color blanco-amarillento a marrón, de 1 mm de longitud, denominadas pizcas, visibles en el envés de las hojas.
- Estado 2. Rayas o estrías cloróticas de 3-4 mm de longitud por 1 mm de ancho, de color marrón.
- Estado 3. Las rayas o estrías se alargan y amplían dando la impresión de haber sido pintadas con pincel, sin bordes definidos y de color café, que pueden alcanzar hasta 2 cm de longitud.
- Estado 4. Manchas ovaladas de color café en el envés y negro en el haz.
- Estado 5. Manchas negras rodeadas de un anillo negro y a veces un halo amarillento y centro seco y semihundido.
- Estado 6. Manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón clara, rodeadas de tejido clorótico.

Figura 3. Escala de evolución de los síntomas de Sigatoka negra según Fouré



2.5 Diseminación de la enfermedad

La Sigatoka negra se disemina principalmente a través de esporas que se propagan por el viento y la lluvia. Existen dos formas principales de dispersión, dependiendo del tipo de spora y la distancia que recorren:

- **Diseminación a corta distancia:** Según Rosales *et al.* (2004), esta ocurre principalmente mediante conidios, que se producen en lesiones jóvenes de las hojas. Estas esporas son transportadas por salpicaduras de agua de lluvia o escurrimientos, lo que facilita el contagio entre plantas dentro de una misma plantación o entre parcelas cercanas.
- **Diseminación a larga distancia:** Las ascosporas son responsables de la propagación a mayores distancias. Estas esporas, liberadas en condiciones de alta humedad, pueden ser transportadas por el viento a más de 300 km, permitiendo la llegada del hongo a nuevas regiones productoras (Rosales *et al.* 2004).

- **Diseminación por medios mecánicos o humanos:** Guzmán *et al.* (2012) señalan que el traslado de material vegetal infectado (como hojas, rizomas o hijuelos), el uso de herramientas contaminadas y el mal manejo de residuos de cosecha también contribuyen a la propagación del patógeno.
- **Factores ambientales y culturales:** Pérez Vicente (2004) destaca que condiciones como la alta humedad relativa, temperaturas cálidas y la ausencia de prácticas como el deshoje oportuno, la poda y la buena ventilación dentro del cultivo, favorecen la producción y dispersión de esporas.

2.6 Prevención

La implementación de prácticas culturales en el cultivo contribuye a reducir la diseminación del hongo, ya que crean condiciones menos favorables para el desarrollo del patógeno e inducen un mayor vigor en las plantas. Entre las estrategias más efectivas figuran la construcción de drenajes, el control de malezas, el manejo adecuado de la densidad de siembra, una fertilización balanceada y el deshoje sanitario.

Tabla 2: Labores culturales para la prevención de Sigatoka negra.

Actividad a realizar	Detalle de la actividad
Despunte	Consiste en eliminar la parte apical de la hoja dañada o infectada por la Sigatoka con el fin de reducir las condiciones ideales para el desarrollo del hongo.
Cirugía	Práctica que consiste en eliminar únicamente la parte necrosada de la hoja, con el fin de conservar la mayor área foliar posible para la fotosíntesis.
Deshoje fitosanitario	Consiste en eliminar periódicamente toda la hoja cuando presenta más de la mitad del área foliar afectada y hojas dobladas con el fin de eliminar la principal fuente de inóculo de la enfermedad.
Control de malezas	Eliminación de malezas que pueden crear un microclima favorable para el desarrollo del hongo. También reduce el riesgo de infección al eliminar especies hospederas alternativas, como <i>Heliconia spp.</i>
Construcción de drenajes	Eliminación del agua excedente de la plantación, que permita reducir la humedad ambiental.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

2.7 Monitoreo de la infección

Se debe realizar un monitoreo continuo de la parcela de producción para detectar el grado de infección de la enfermedad. Este procedimiento de muestreo se realiza en plantas próximas a floración:

Evaluación de incidencia y severidad de la Sigatoka negra

Uno de los métodos de evaluación empleados más comúnmente se basa en la escala de severidad desarrollada por Stover (1971), y posteriormente modificada por Gauhl (1989). Este sistema se emplea para estimar de forma visual el área foliar afectada (Marin, D. 2018).

Figura 5. Grados de Severidad de la Sigatoka negra de acuerdo a la escala de Stover modificada por Gauhl (1989).

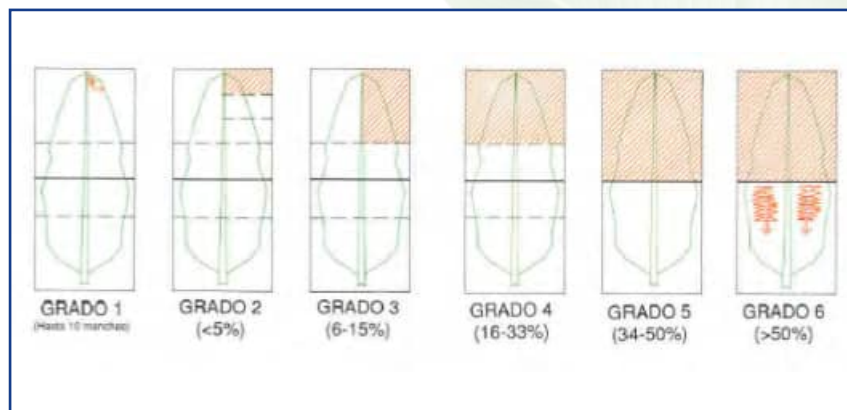


Figura 4. Monitoreo de la infección de la Sigatoka negra
A: Identificación de síntomas en campo; **B:** determinación de grado de infección según escala de Stover



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

En este sistema de evaluación se determina la hoja más joven enferma (HMJE), y la hoja más joven con necrosis (HMJN).

Hoja más joven enferma (HMJE)

La *hoja más joven enferma*, es la primera hoja que muestra síntomas visibles de la enfermedad con el estadio uno de la escala; entre más alejada se encuentre de la hoja bandera, la incidencia y severidad es menor.

Hoja más joven con necrosis (HMJN)

Esta hoja se identifica como la hoja más joven que muestra el grado 2 de la escala, ya que se

considera que cuando se alcanzan más de 10 manchas y menos del 5% del área afectada, habría presencia de síntomas del estadio 6 de la escala de Fouré

Estas 2 variables representan dos conceptos de importancia epidemiológico como son el período de incubación y el período de Latencia. Las fluctuaciones en estas dos variables, se asocian con el comportamiento de la enfermedad en el campo, y por tanto, se emplean como elementos de juicio para tomar decisiones en la selección del fungicida y los días entre aplicaciones.

Estas dos variables representan conceptos clave en epidemiología: el período de incubación y el período de latencia. Las variaciones en estos períodos están estrechamente relacionadas con el comportamiento de la enfermedad en campo, y por lo tanto, se consideran criterios fundamentales para la toma de decisiones en cuanto al tipo de control a implementar, la selección del producto fitosanitario y la determinación del intervalo entre aplicaciones.

Promedio Ponderado de la Infección (PPI)

Según Marín, D. (2018), el Promedio Ponderado de la Infección (PPI) es un índice que permite cuantificar la severidad de Sigatoka negra en un lote de banano, considerando tanto el porcentaje de hojas afectadas como

el grado de infección observado en cada una. La evaluación de la severidad se basa en la escala de Stover, representada en la Figura 5.

El cálculo del PPI se realiza siguiendo la metodología propuesta por Stover, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PPI} = \frac{\text{Suma de (\% de hojas en cada grado * cada grado correspondiente)}}{100}$$

2.8 Control de la enfermedad

2.8.1 Control químico

Para el control químico de la Sigatoka negra, se recomienda el uso combinado de fungicidas sistémicos y de contacto, aplicados bajo un esquema rotacional que incluya dos aplicaciones con productos sistémicos seguidas de una con producto de contacto. Las aplicaciones de fungicidas sistémicos deben coincidir preferentemente con las épocas lluviosas, ya que su acción de absorción y translocación permite un mayor control bajo condiciones de alta humedad, donde el riesgo de infección es más elevado.

Estas aplicaciones deben realizarse en mezcla con aceites agrícolas y adherentes, utilizando agua con un pH cercano a neutro, lo que favorece la estabilidad y eficacia del tratamiento.

Figura 6. Aplicación de fungicida químico para el control de Sigatoka negra



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Para asegurar la eficacia del control químico de la Sigatoka Negra y prevenir la aparición de cepas resistentes del patógeno, se recomienda implementar un programa de rotación que incluya entre 6 y 8 fungicidas diferentes. Estos deben pertenecer a grupos químicos con distintos modos de acción, alternando productos sistémicos y de contacto según corresponda.

A continuación, se presentan las principales clases químicas recomendadas para incluir en un programa de rotación, junto con sus ingredientes activos y tipo de acción:

Tabla 3. Productos de control de Sigatoka Negra

Clase química	Ingrediente activo	Tipo de acción
Estrobilurina	Azoxistrobin	Sistémico
Triazoles	Propiconazol – Difenoconazole	Sistémico
Ditiocarbamato	Mancozeb	De contacto
Morfolina	Tridemorf	Sistémico
Cloronitrilo	Clorotalonil	De contacto

Fuente: Romero y Paladinez (2024); Salazar (2017); Morales-Ortega (2022)

➤ Beneficios de la aplicación de fungicidas

PRIORI XTRA (Azoxistrobin) es el producto más eficiente en el control de la enfermedad, ya que permite mantener hasta 12 hojas a la floración y 4 en la cosecha, seguido del fungicida TASP (Propiconazol – Difenoconazole) con 10 hojas a la floración y 3 a la cosecha, lo que indica que los fungicidas están siendo efectivos al frenar la progresión de la enfermedad (Estudio del INIAF- Proyecto banano).

La reducción de la infección generada con el uso de PRIORI XTRA como parte de los fungicidas en rotación, mejora también la producción de fruto, incrementando el peso de racimo hasta un 10%.

➤ **Uso de dosis altas de aceites agrícolas en el control de la enfermedad**

El uso de aceites agrícolas mejora la adhesión de productos en las hojas, también aportan un leve control directo sobre enfermedades fúngicas. Especialmente el uso de Repsol Maker Agrocoad 10 (aceite paraafínico) y Assist Top (aceite mineral) proporciona un mejor control de la enfermedad sin afectar negativamente el desarrollo de la planta y sin causarle estrés, esto cuando se aplica a una dosis máxima de 4 L ha⁻¹.

Las dosis elevadas (4 L ha⁻¹) han demostrado mejorar la adhesión del fungicida y potenciar el control de la enfermedad. Esto contribuye a mantener una mejor sanidad foliar, lo que permite conservar una hoja funcional adicional durante la floración y la cosecha, en comparación con aplicaciones a dosis más bajas, como 1 L ha⁻¹.

➤ **Recomendaciones para aplicación química**

Se recomienda aplicar hasta 5 fungicidas en rotación con aplicaciones de cada 15 días, en combinación con aceites agrícolas paraafínicos, considerando la época de aplicación: en épocas de lluvias se recomienda incluir en la rotación un fungicida con ingrediente activo de Azoxistrobin (PRIORI XTRA) ya que puede mantener el control hasta 20 días, es un fungicida ideal para condiciones de alta humedad y lluvias frecuentes. También se pueden incluir el Taspas y Tilt. Adicionalmente se recomienda usar el aceite agrícola Repsol Maker Agrocoad 10 a una dosis de 3 – 4 L ha⁻¹ (no sobrepasar la dosis máxima, dado que puede dañar notablemente el tejido de la planta).

El fungicida INNOVA se puede aplicar en invierno, cuando la precipitación y la actividad del patógeno suelen ser bajas. En contraparte el aceite agrícola se puede aplicar a dosis de 1 – 2 L ha⁻¹.

Figura 7. Aceites agrícolas usados en la aplicación de plaguicidas.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Figura 8. Tratamiento con *Trichoderma harzianum*;

A: Aplicación de *Trichoderma harzianum* para el control de Sigatoka Negra



B: Racimos producidos en plantas con tratamiento con *Trichoderma harzianum*.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

2.8.2 Control biológico

La utilización de productos químicos de manera constante acarrea diversos problemas, entre ellos la generación de resistencia de la enfermedad a los productos usados para su control.

El uso de productos biológicos es una alternativa sostenible al uso intensivo de fungicidas, especialmente útil en sistemas orgánicos o de producción integrada. Este tipo de control se basa en el uso de organismos vivos que inhiben, compiten o destruyen al hongo causante de la enfermedad, como las especies de *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis*.

- **Trichoderma**

En banano se ha demostrado que el uso de Trichotic (*Trichoderma harzianum* 5×10^{10} esporas g^{-1}) permite un moderado control de la enfermedad, gracias a su capacidad de parasitar otros hongos. Si bien su control es inferior al logrado con la aplicación de fungicidas, aún permite controlar la enfermedad deteniendo su avance en la tercera hoja más joven.

- **Beneficios del control biológico**

El uso de productos biológicos como *Trichoderma harzianum* permite reducir la incidencia de la Sigatoka negra a un 23.46%, con un promedio ponderado de la infección (PPI) de 1.41, valores aceptables si se comparan con fungicidas que contienen Azoxistrobin y Cyproconazole, los cuales redujeron la incidencia a 20.87% y el PPI a 1.25.

➤ Recomendaciones para aplicación de tratamiento biológico

Para alcanzar rendimientos óptimos, es fundamental un enfoque de manejo integral de la Sigatoka negra, que combine el uso de tratamientos biológicos y químicos, adaptando las aplicaciones a las condiciones climáticas y al ciclo de la enfermedad. Este enfoque integral puede mejorar no solo el control de la Sigatoka negra, sino también asegurar una producción más eficiente y sostenible a lo largo del tiempo.

Con los resultados obtenidos, se recomienda la aplicación foliar del producto Trichotic (*Trichoderma harzianum* con esporas vivas de 5×10^{10} g con una concentración de 800 g kg^{-1} 80%), en dosis de 360 g ha^{-1} cada 10 a 15 días, según la incidencia de la enfermedad.

2.8.3 Control Orgánico

Otra alternativa a la aplicación química para el control de Sigatoka Negra es el control con productos orgánicos, como los aceites ozonizados.

- **Aceite Ozonizado**

El uso de aceites ozonizados, como Ozo-agro, permite un control apropiado de la Sigatoka Negra, siendo especialmente eficiente en temporada de frío.

Representa también una alternativa a las aplicaciones químicas, limitando el avance de la enfermedad en la tercera hoja más joven, siempre que las condiciones del ambiente no sean demasiado favorables para la enfermedad.

Figura 9. Aplicación del Trichotic en una parcela de banano, municipio de Puerto Villarroel



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Figura 10. Envase de aceite ozonizado de uso agrícola "Ozo-agro".



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Figura 11. Racimos en plantas tratadas con aceite ozonizado.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Figura 12. Aplicación de aceite ozonizado.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

➤ Beneficios de la aplicación orgánica

El uso de productos orgánicos como Ozoagro (aceite ozonificado) ha demostrado ser efectivo para frenar el avance de la Sigatoka Negra, especialmente en la tercera hoja más joven, donde se observó una menor infección (33.26 %) en comparación con plantas sin tratamiento (43.78 %). Además, al aplicar una dosis de 1.00 L ha^{-1} , se obtuvo un promedio ponderado de infección (PPI) de 0.98, inferior al registrado en las plantas no tratadas, que alcanzaron un PPI de 1.18 (época seca).

Estos resultados muestran una reducción en la incidencia de la enfermedad. Lo cual coincide con lo reportado por Hidalgo *et al.* (2015), el ozono disuelto en agua posee propiedades fungicidas al demostrarse la disminución de la severidad de la Sigatoka negra durante el período de evaluaciones en campo.

➤ Recomendaciones para la aplicación orgánica

La aplicación de aceites ozonizados demostró su eficiencia en la reducción del porcentaje de hojas infectadas por la Sigatoka negra, y representa una alternativa ecológica. Se recomienda la aplicación foliar de aceite ozonizado a una dosis de 1 L ha^{-1} en época seca y 1.5 L ha^{-1} en época húmeda, cuando las condiciones favorecen la proliferación del patógeno.



MOKO BACTERIANO

(Ralstonia solanacearum)

3 MANEJO DEL MOKO BACTERIANO

3.1 Agente causal

La bacteria *Ralstonia solanacearum* raza 2, causante del Moko bacteriano del banano, es considerada una de las enfermedades más destructivas y difíciles de manejar en el cultivo de banano a nivel mundial. Esta enfermedad puede causar pérdidas económicas significativas debido a la muerte de las plantas y la reducción en la calidad y cantidad de los racimos (Saquicela *et al.* 2023).

La bacteria *Ralstonia solanacearum* raza 2 es un bacilo Gram negativo, cuyas dimensiones oscilan entre 0.5-0.7 μm x 1.5-2.5 μm , móvil, cuenta con uno o cuatro flagelos polares, la motilidad y la posible presencia de flagelos varían según el tipo de colonia y su edad (Agrios, 2005).

3.2 Condiciones favorables para la enfermedad

El moko bacteriano del banano, causado por *Ralstonia solanacearum* raza 2, se ve favorecido por altas temperaturas (25 °C a 35 °C), alta humedad y suelos mal drenados. Su propagación aumenta con el uso de herramientas contaminadas, hijuelos infectados, insectos vectores y daños en la planta durante labores agrícolas. Estas condiciones facilitan la entrada y diseminación de la bacteria en la plantación.

3.3 Ciclo de *Ralstonia solanacearum* Raza 2 durante la infección

La bacteria puede persistir en el suelo durante 2 a 3 años y también en residuos vegetales infectados como rizomas, tallos y raíces. Además, sobrevive en malezas hospedantes y herramientas agrícolas contaminadas, facilitando su permanencia en el agroecosistema.

R. solanacearum ingresa al banano principalmente por raíces lesionadas (por nematodos, insectos o labores agrícolas), por estigmas florales (mediante insectos polinizadores) y por cortes de deshije realizados con herramientas contaminadas.

Figura 13. Bacterias de *Ralstonia solanacearum*

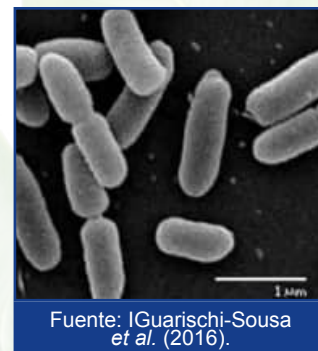


Figura 14. Ciclo de desarrollo del Moko bacteriano causada por *Ralstonia solanacearum* Raza 2.

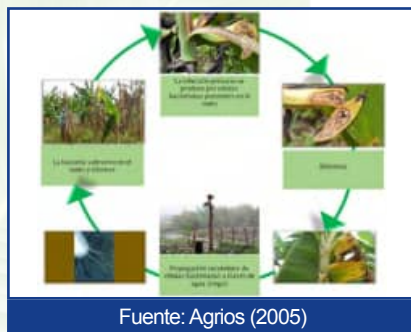


Figura 15. Estado fitosanitario del pseudotallo en musáceas: **A)** pseudotallo sano; **B)** pseudotallo con síntomas de moko bacteriano.



Figura 16. Frutos de banano afectados por moko bacteriano



Una vez dentro, la bacteria se desplaza por el xilema, multiplicándose y bloqueando los vasos con exopolisacáridos (EPS), lo que impide el flujo de savia y causa marchitez.

Los primeros síntomas incluyen marchitez foliar; se observa el amarillamiento foliar, necrosis vascular, pudrición del pseudotallo y la presencia de exudado lechoso o amarillento al cortar tallos o rizomas.

Tras la infección, el patógeno puede permanecer en el suelo o residuos vegetales. El ciclo se reinicia con la siembra de nuevos bananos o mediante nuevas heridas en plantas susceptibles (Flórez Mogollón y Agudelo Valencia, 2019).

3.4 Síntomas de la enfermedad

El daño provocado por Moko bacteriano puede observarse en el área foliar, en el pseudotallo y en frutos.

Pseudotallo: El daño en pseudotallo puede observarse mediante corte transversal, en el mismo donde se observan los haces vasculares

Frutos: Frutos infectados con Moko bacteriano maduran prematuramente y de manera irregular, manos y racimos se deforman, la cáscara se agrieta, la pulpa se necrosa y seca.

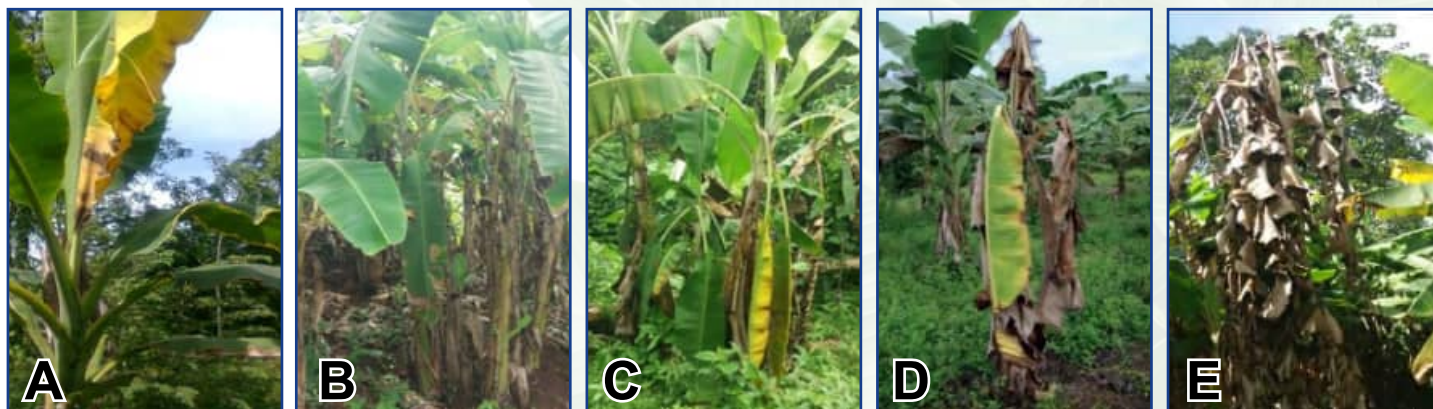
Hojas: El daño en hojas ocurre tanto en hojas jóvenes como en hojas adultas, con la misma intensidad, se mide según escala de Mesa y Triviño (2007) la misma se muestra a continuación:

Tabla 4. Escala de síntomas de daños en tejido ocasionados por *Ralstonia solanacearum* raza 2 en plantas de plátano. (Mesa y Triviño, 2007)

GRADO	SÍNTOMAS
1	Flacidez al tacto
2	Marchitez notable, pérdida color verde intenso de la hoja.
3	Flacidez muy notable, en algunos casos se presenta amarillamiento.
4	Amarillamiento con necrosis en algunos puntos, flacidez muy avanzada, pérdida de forma
5	Necrosis avanzada muestra la gravedad de la enfermedad, se pierde la forma de la hoja.

Fuente: Mesa y Triviño (2007)

Figura 17. Plantas afectadas con Moko Bacteriano; **A:** Grado 1; **B:** Grado 2; **C:** Grado 3; **D:** Grado 4; **E:** Grado 5.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano

3.5 Prevención

Se implementan labores culturales para fortalecer la capacidad de la planta de resistir enfermedades y eliminar posibles fuentes de infección.

Tabla 5: Labores culturales para la prevención de Moko bacteriano.

Actividad	Detalle de la actividad
Deshoje sanitario	Eliminación de hojas dañadas o con síntomas de otras enfermedades (para reducir la cantidad de afecciones en la planta)
Manejo de población	Mantener la población entre 1600 y 2000 plantas por hectárea, para dificultar la propagación de la enfermedad
Control de malezas	Se procede a eliminar la maleza presente en los alrededores de manera continua, para evitar posibles fuentes de inóculo
Fertilización	La fertilización oportuna permite que la planta responda mejor al ataque de plagas y enfermedades.
Desinfección de material de trabajo	Identificados los síntomas en una parcela, se desinfecta el material de trabajo con hipoclorito de sodio (lavandina)
Eliminación de material contaminado	Identificadas plantas con síntomas de grado superior a 3 según escala de Mesa y Triviño, se recomienda la eliminación de material contaminado.
Drenaje separado	De ser posible, cavar zanjas de drenaje alrededor de las plantas infectadas, asegurando que no se conecten con otras parcelas de producción.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

3.6 Monitoreo de la infección

Se debe realizar el monitoreo continuo de la parcela de producción para determinar la presencia de plantas con síntomas de la enfermedad. Se evaluará el grado de infección en función de la escala Mesa y Triviño (2007).

Tabla 6: Procedimiento para la evaluación del grado de infección de Moko bacteriano.

Actividad	Detalle de la actividad
Monitoreo del grado de infección de la enfermedad:	Evaluación del estado de infección por el método de Mesa y Triviño (2007). Si los síntomas exceden el 30%, se debe considerar eliminar la plantación.
	Evaluación del número de hojas en plantas próximas a la emisión floral.
	Conteo de hojas funcionales al momento de la cosecha.
Uso de un sistema de decisión	Uso de datos promedio del grado de infección como base de la toma de decisión.
	Se debe utilizar datos de precipitación, temperatura, humedad relativa, viento e insolación como parte del sistema de toma de decisiones.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

3.7 Diseminación de la enfermedad

El Moko bacteriano del banano se disemina a través de múltiples vías, tanto mecánicas como biológicas y ambientales. Esta diversidad de mecanismos hace que su control requiera un enfoque integral. A continuación, se describen las principales formas de propagación del patógeno:

Figura 18. Planta con síntomas de Moko bacteriano en campo.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

- **Herramientas agrícolas contaminadas:** De acuerdo con Llano *et al.* (2018), la diseminación más frecuente ocurre por el uso de herramientas como machetes, cuchillos o palas contaminadas con savia infectada, especialmente durante labores como deshije, poda o cosecha.
- **Material vegetal infectado:** El uso de hijuelos o rizomas provenientes de plantas enfermas representa una de las vías más críticas de introducción de la bacteria en nuevas plantaciones o regiones (Delgado *et al.*, 2014).
- **Insectos vectores:** Llano *et al.* (2018) también mencionan que insectos como abejas, moscas y trips pueden actuar como vectores mecánicos, transportando la bacteria desde flores infectadas hacia flores sanas durante la floración, facilitando el contagio entre plantas.
- **Agua contaminada y escurrimientos:** El agua de riego, lluvias o escurrimientos puede movilizar la bacteria a través del suelo, afectando raíces o ingresando a través de heridas en el pseudotallo. Incluso las herramientas pueden contaminarse si se lavan con agua infectada (Rosales *et al.*, 2004).
- **Sobrevivencia en suelo y residuos vegetales:** La bacteria puede sobrevivir entre 2 y 3 años en el suelo o en restos de plantas infectadas. Si estos residuos no se eliminan adecuadamente, pueden convertirse en fuentes de reinfección. El traslado de suelo contaminado entre parcelas también puede contribuir a su propagación (Llano *et al.*, 2018).
- **Conexión radicular entre plantas:** En plantaciones densas o afectadas, las raíces de plantas enfermas pueden conectarse con raíces sanas, facilitando el paso de la bacteria de una planta a otra a través del suelo (Llano *et al.*, 2018).

3.8 Manejo integrado del moko bacteriano

Existen diversas metodologías de control para el Moko Bacteriano (*Ralstonia solanacearum* raza 2), entre las que figuran el control cultural, químico, biológico y genético (Torres-Gonzales *et al.* 2017).

3.8.1 Control Cultural

Dado que el Moko bacteriano del banano se transmite principalmente por suelo y rastrojos, el manejo cultural es fundamental en su prevención y control. Entre las prácticas más comunes se incluyen:

Tabla 7. Prácticas culturales para el control de la enfermedad

Uso de plantas libres de enfermedades:	Eliminación de plantas enfermas y Manejo de residuos:	Desinfección de herramientas:
El uso de plántulas certificadas y libres de enfermedades ayuda a reducir la propagación de <i>Ralstonia solanacearum</i> .	Por lo general es más conveniente eliminar tanto de plantas infectadas como sus residuos, con el fin de disminuir las fuentes de inóculo en el campo.	Herramientas de corte y otros equipos deben ser desinfectados regularmente para evitar la propagación de la bacteria.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

3.8.2 Control Químico

El control químico de *Ralstonia solanacearum* raza 2 en banano es limitado debido a la naturaleza del patógeno y a su localización en tejidos vasculares de las plantas. Sin embargo, algunos productos bactericidas pueden ser útiles en etapas tempranas de la infección, aunque su efectividad es variable. Además, la aplicación de productos desinfectantes en las herramientas y el manejo de la sanidad del suelo pueden ayudar a reducir la incidencia (López-Solanilla *et al.*, 1998; Arenas *et al.* 2005).

Sánchez y Canche (2016) indican que algunos productos químicos a base de Cobre tienen un efecto positivo en la reducción de la incidencia y severidad del Moko.

Figura 19. Preparación de productos para control químico



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

➤ Beneficios del uso de Oxicloruro de cobre en el control de Moko bacteriano

Uno de los productos que ha demostrado reducir significativamente el avance de la enfermedad en la planta es el oxicloruro de cobre. Su aplicación permite disminuir el índice de infección en un 28 % en el cultivo de banano sedita. La mejoría se observa principalmente en el pseudotallo de la planta.

➤ Recomendaciones de aplicación

Se recomienda el uso de Oxicloruro de Cobre a dosis de 200 g por mochila de 20 litros, con el fin de reducir el avance de la enfermedad hasta concluir la producción de banano en curso.

Figura 20. Racimo de planta de banano Sedita tratada con Lixiviado de raquis.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

3.8.3 Control Orgánico

Andrade *et al.* (2019), encontraron que lixiviados de raquis poseen altos contenidos de potasio, sodio y hierro (contenido promedio de 4.89, 23.33 y 12.66 mg L⁻¹), lo cual beneficia notablemente la nutrición de la planta; se conoce también que, como resultado de su preparación, presentan actinomicetes y pseudomonas con efecto antagonista sobre el fitopatógeno.

Para la obtención del lixiviado, se recolecta raquis tras la cosecha y se almacena en contenedores limpios, se deja descomponer durante dos semanas y se extrae el lixiviado, el cual se deja reposar por 30 días antes de aplicarse (Álvarez *et al.* 2013).

➤ Beneficios del uso de lixiviado de raquis de banano en el control de Moko bacteriano

El uso de lixiviado de raquis ha demostrado un mejor control del moko bacteriano en comparación con productos químicos. Este efecto se atribuye a que el lixiviado actúa como abono foliar, mejorando la nutrición y fortaleciendo la resistencia

natural de la planta frente a la enfermedad. Como resultado, se observa una reducción de hasta un 45 % en el índice de infección en plantas tratadas (1.44), frente a un índice más alto en plantas sin tratamiento (2.68). Adicionalmente el uso de lixiviado permite un incremento del 20 % en el peso de racimo cosechado, en plantas de la variedad Sedita (especialmente vulnerable al ataque de Moko bacteriano).

3.8.4 Control químico y orgánico

La aplicación combinada de lixiviado de raquis y oxiclورو de cobre permite un control más eficaz del avance del moko bacteriano en el cultivo de banano. Esta estrategia integra el efecto nutricional del lixiviado, que actúa como bioestimulante foliar, con la acción antimicrobiana del oxiclورو de cobre. Como resultado, no solo se reduce la infección en las plantas afectadas, sino que también se fortalece su sistema fisiológico, mejorando la respuesta defensiva natural frente al patógeno. Esta sinergia favorece una recuperación más rápida de los tejidos afectados y puede contribuir a prolongar la vida productiva de la planta.

➤ Recomendación para el control del avance del Moko bacteriano

Si se observa un avance significativo de la enfermedad, se recomienda realizar la aplicación de lixiviado de raquis a una dosis de 450 ml por mochila de 20 litros, para ejercer control de la enfermedad a nivel de la hoja y promover el desarrollo de la planta, y aplicar oxiclورو de cobre a dosis de 200 g por mochila de 20 litros, con el fin de ejercer mejor control de la enfermedad a nivel del pseudotallo, con intervalos intercalados de cada 30 días.

Figura 21. Aplicación de Lixiviado de raquis, para control de Moko bacteriano



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

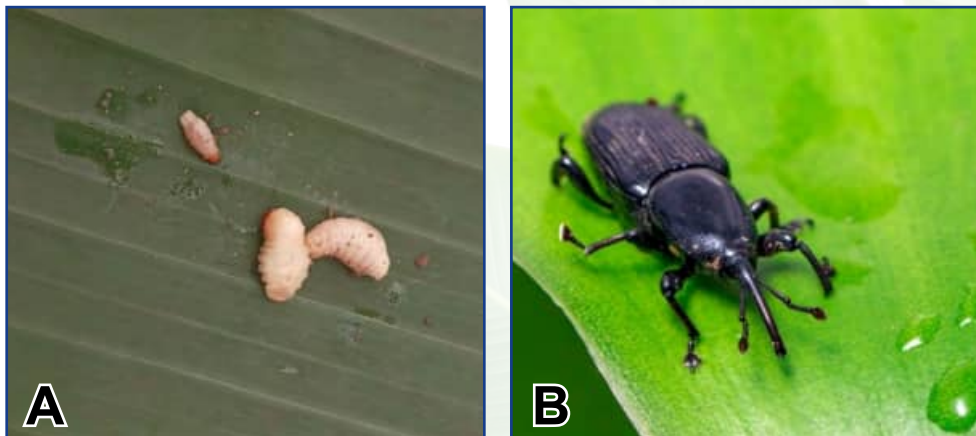


PICUDO NEGRO
(*Cosmopolites sordidus*)

4 MANEJO DE PICUDO NEGRO

El picudo negro o *Cosmopolites sordidus*, es un gorgojo de 9 a 16 mm de longitud cuyas larvas se alimentan del cormo de plantas de musáceas excavando galerías y destruyendo tejidos y vasos (Perera y Molina, 2002).

Figura 22. Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*); **A:** Larvas; **B:** Insecto en fase adulta.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano; Huerto-en-casa (s.f.)

Los picudos negros del banano son atraídos por los rizomas cortados, lo que convierte a los retoños que se utilizan como material de plantación especialmente susceptibles al ataque. Se han registrado pérdidas de más de 40% del cultivo debido al picudo negro del banano (Castrillón, 2003).

Figura 23. Galerías generadas por ataque de Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

4.1 Ataque de picudo negro

El ataque de picudo negro interfiere con la iniciación de las raíces, destruyen las raíces existentes, limitan la absorción de nutrientes, reducen el vigor de las plantas, demoran la floración y aumentan la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Las reducciones de rendimiento son causadas tanto por la pérdida de plantas (muerte de las plantas, el rompimiento de los rizomas, volcamiento en casos extremos) como por el peso reducido de los racimos.

4.2 Prevención de ataque de la plaga

- Control de arvenses para evitar el exceso de humedad, principalmente limpieza del rodal
- Monitoreo de la presencia de la plaga con la instalación de trampas
- Utilizar cormos sanos y vigorosos

4.3 Monitoreo de la presencia de picudo

Es fundamental realizar un monitoreo constante de la parcela para detectar la presencia de picudos (*Cosmopolites sordidus*), principales vectores del moko bacteriano. Se recomienda colocar trampas atrayentes con secciones de pseudotallo fresco cada 10 a 20 metros en patrón de zigzag, lo que facilita una cobertura eficiente del cultivo. Estas trampas deben revisarse y renovarse semanalmente para evaluar la población del insecto y aplicar medidas de control oportunas.

Tabla 8. Procedimiento para identificar la presencia de picudos en la parcela de producción.

Actividad	Detalle de la actividad
Monitoreo del cultivo	Se realizará un monitoreo visual de manera mensual en diferentes puntos para identificar la presencia de picudos.
	Se colocarán trampas cada 10 a 20 metros en zigzag para identificar presencia de picudos, a revisarse de manera regular.
Sistema de decisión	Se considera baja presencia de la plaga si se observan unas pocas trampas con picudos en la parcela.
	Se considera presencia moderada si se encuentran entre 1 y 4 picudos por trampa.
	Se considera fuerte presencia de la plaga, si el número de picudos por trampa supera los 5 individuos.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

4.4 Control del picudo negro

4.4.1 Manejo cultural

Establecer nuevas áreas de producción en campos libres de infestación, utilizando material de plantación limpio, preferiblemente plántulas obtenidas por micropropagación.

En caso de no contar con plántulas micropropagadas, emplear cormos desinfectados y pelados para eliminar larvas y huevos; desechar aquellos con daño excesivo.

Figura 24. Recolección de larvas de Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Figura 25. Trampas para Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*).



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Mantener el control de malezas para reducir refugios y zonas de desarrollo del picudo negro.

Uso de trampas: Para controlar las poblaciones adultas de picudo negro, se recomienda usar trampas hechas con pedazos de pseudotallo de 30 cm partidos por la mitad. En una mitad se aplica producto entomopatógeno y melaza. Luego se cubre con la otra mitad dejando espacios para el ingreso del insecto, y se coloca a la base de la planta para mantener humedad y oscuridad.

4.4.2 Control químico

El control que se realiza en las plantaciones bananeras y platanales es principalmente químico, utilizando insecticidas en algunos casos nematicidas con efecto sobre insectos aplicados en la base de la mata.

Los insecticidas son de acción rápida y eficaces. Anteriormente se utilizaban ampliamente los insecticidas cyclodiénicos, pero eventualmente fueron abandonados debido al desarrollo de resistencia y a las implicaciones ambientales.

Figura 26. Picudos muertos infectados con *Beauveria bassiana*.



4.4.3 Control biológico

El uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* puede causar hasta un 90% de mortalidad en picudos negros. Los nematodos entomopatógenos (*Steinernema* y *Heterorhabditis*) atacan larvas y adultos, pero su uso es limitado por costos y eficacia, recomendándose solo en áreas con alta infestación.

➤ Beneficios de la utilización de Bauvetech en el control de picudos

De acuerdo con los estudios realizados por INIAF – Proyecto Banano, uno de los hongos entomopatógenos más efectivos utilizados en el trópico de Cochabamba es Bauvetech, aplicado a una dosis recomendada de 250 ml ha⁻¹. Este bioinsecticida ha demostrado controlar hasta el 31 % de la

población de picudos en los primeros tres meses de aplicación, alcanzando cerca del 100 % de control después de cinco meses de uso continuo. Además de Bauveteck, también se han evaluado otros productos biológicos como Baumet, Picudin y Radiax, los cuales presentan distintos niveles de eficacia frente al picudo negro.

➤ **Recomendación para el control de picudos**

Tabla 9. Procedimientos para la aplicación de productos de control de Picudo negro.

Actividad	Detalle de la actividad
Productos para el control	Uso de producto entomopatógeno (Bauveteck), para el control biológico de picudo negro.
Preparación de mezcla del producto	Preparación de mezcla homogénea de Bauveteck a dosis de 250 ml ha ⁻¹ . Cada 2 meses si la presencia es fuerte (5 picudos o más por trampa.) De manera mensual si la presencia es baja o moderada (menos de 5 picudos por trampa)
Aplicación de productos de control	Aplicación a suelo y base de la planta con previa calibración de equipos de fumigación (moto aspersores), de forma oportuna, en horarios adecuados y asegurando una cobertura adecuada.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.



NEMÁTODOS

5 MANEJO DE NEMATODOS

La producción de banano se ve afectada en gran medida por el ataque de varias especies de nemátodos, que parasitan las raíces (Vargas *et al.*, 2015), siendo una de las principales plagas debido a la cantidad de pérdidas en la producción que genera. Los principales nemátodos que atacan a las musáceas son: *Radophulus similis*, *Helicotylenchus spp*, *Meloidogyne spp* y *Pratylenchus spp*.

Figura 27. *Radophulus similis*



Fuente: Cobb (1983)

Este nemátodo daña las raíces del plátano y banano, reduciendo la absorción de nutrientes y causando volcamiento en casos graves. Sus síntomas incluyen raíces con lesiones necróticas, manchas rojizas y pudrición del cormo (Vargas et al., 2015).

Figura 28. *Helicotylenchus spp.*



Fuente: Li et al., (2017)

Este nemátodo, de cuerpo arqueado en forma de C, se encuentra en el córtex de las raíces, donde causa pequeñas lesiones circulares que se oscurecen. En plátano, puede provocar coloración violeta en las raíces (Seenivasan, 2017; Rodríguez, 2020; Guzmán et al., 2011).

Figura 29. *Meloidygne* spp.



Fuente: Munguia, (2020)

Esta nemátodo forma agallas en las raíces, afectando su desarrollo. Las raíces infectadas son cortas, con poca ramificación y escasos pelos absorbentes (Seenivasan, 2017; Cando, 2019).

Figura 30. *Pratylenchus* spp.



Fuente: Luambano et al. (2018)

Es un nemátodo migratorio que penetra la raíz en cualquier estadio, especialmente en la zona de elongación. Provoca necrosis, raquitismo, reducción del tamaño y volcamiento de la planta (Seenivasan, 2017; Cando, 2019).

5.1 Prevención de la presencia de la plaga

Se recomienda utilizar material vegetal certificado, proveniente de viveros o fuentes confiables que garanticen la sanidad y calidad de cormos y plantines. El uso de material libre de nematodos es una medida preventiva fundamental, ya que evita la introducción del patógeno al sistema de cultivo desde etapas tempranas y contribuye a establecer plantaciones más sanas y productivas.

Tabla 10. Labores culturales para la prevención de presencia de nemátodos.

Actividad	Detalle de la actividad
Uso de material vegetal sano y certificado	Utilizar únicamente plantas o cormos libres de enfermedades, provenientes de viveros certificados, para reducir el riesgo de introducción de patógenos.
Desinfección del material vegetal (cormos)	Realizar un tratamiento preventivo antes de la siembra mediante la inmersión de los cormos en una solución fungicida e insecticida adecuada, según las recomendaciones técnicas para el control de plagas y enfermedades del cultivo.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

5.2 Identificación de presencia de nemátodos

Se puede sospechar la presencia de nemátodos al observar síntomas como excesiva ramificación de raíces secundarias, lesiones necróticas externas, manchas rosadas o rojizas internas, y pudrición de raíces y cormos. La presencia de nemátodos se confirma mediante la extracción de muestras de suelo o plantas con técnicas como el método de Baermann. Posteriormente, los nemátodos se observan al microscopio para identificar su tipo y evaluar los daños, información clave para el manejo y prevención de pérdidas en los cultivos.

Figura 31. Detección de nemátodos en tejido de raíz infectada



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Tabla 11: Procedimiento para identificar la presencia de nemátodos en la parcela de producción.

Actividad	Detalle de la actividad
Monitoreo del cultivo	Se debe realizar un muestreo de raíces una vez al año (método en zigzag). Enviar muestras al laboratorio de nematología, solicitando la identificación y conteo de especímenes por 100 g de raíz (método de centrifugación en solución azucarada).
Sistema de decisión	El umbral de daño económico varía dependiendo de la especie de nematodo, el tipo de suelo, la variedad de banano, variando en 300 a 1000 especímenes en 100 gr. de raíz.

Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

5.3 Control de nemátodos

El control principal de nemátodos en el cultivo de banano se basa en la aplicación de nematicidas químicos, los cuales permiten reducir rápidamente las poblaciones del patógeno en el suelo. Sin embargo, como complemento al manejo químico, también pueden emplearse productos biológicos como *Trichoderma* spp., que han demostrado capacidad para limitar la actividad de nemátodos mediante mecanismos de competencia, antibiosis y mejora de la microbiota del suelo (Castillo-Arevalo 2022).

Figura 32. Muestras de raíces; **A:** Raíces tratadas con PAECILOTIC; **B:** Raíces sin tratamiento.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

5.3.1 Manejo cultural

Entre las principales actividades a realizarse para reducir las pérdidas ocasionadas por el ataque de nemátodos se pueden mencionar:

Construcción de drenajes que permiten eliminar por escurrimiento una parte de la población de nemátodos presentes.

Remoción y encalado de suelo, con el fin de regular el pH y mejorar la porosidad del suelo, mejorando la absorción de nutrientes.

Apuntalamiento de plantas en riesgo de volcamiento en sectores con presencia de nemátodos.

5.3.2 Control químico

El uso de nematicidas químicos sigue siendo común en el manejo de nemátodos en banano, aunque plantea riesgos importantes para la salud y el ambiente. Según Chávez *et al.* (2018), muchos de estos productos, especialmente los organofosforados, son altamente tóxicos. Su uso debe ser regulado y aplicarse bajo condiciones técnicas adecuadas, con protección personal, dosis correctas y monitoreo constante, a fin de evitar efectos adversos y asegurar la sostenibilidad del cultivo.

Entre los productos para el control de nemátodos, los que contienen Carbosulfan como ingrediente activo son muy efectivos.

5.3.3 Control biológico

Los productos biológicos representan una alternativa más amigable con el medio ambiente, a la vez que requieren una menor inversión. Productos como *Trichoderma spp* y *Paecilomyces lilacinus* parasitan huevos, juveniles y hembras de nemátodos, ejerciendo control moderado de la plaga.

El uso de *Paecilomyces lilacinus* ha demostrado ser eficaz y el mejor método de control de nemátodos. Se recomienda la aplicación del producto Paecilotic, que contiene este hongo a una concentración de 5×10^{10} esporas g^{-1} , con una frecuencia de aplicación cada 15 días.

➤ Beneficios de la aplicación de PAECILOTIC en el control de nemátodos

El uso de PAECILOTIC, formulado a base de hongos entomopatógenos, ha mostrado una alta eficacia en el control de nematodos en banano y una mejora significativa en el desarrollo de la planta. En las evaluaciones realizadas, se alcanzó un promedio de 16 raíces funcionales por planta y un peso de racimo de 14.50 kg, en contraste con los valores más bajos registrados en parcelas sin control efectivo, donde solo se obtuvieron 14 raíces funcionales y 10.75 kg de racimo. Este producto controla los nematodos por debajo del umbral económico.

Modo de aplicación

La aplicación de *Paecilomyces lilacinus* se realiza mediante el método drench, el cual consiste en aplicar el producto diluido en agua directamente al suelo, específicamente en la zona de influencia de las raíces, donde se concentra la mayor población de nemátodos.

Figura 32. Aplicación de PAECILOTIC en suelo.



Fuente: INIAF – Proyecto Banano.

Para la preparación, se diluyen 12.5 g del producto en 20 L de agua. La forma de aplicación es por inyección al suelo que se realiza con una mochila tipo drench frente al hijo de sucesión, en forma de media luna, a una distancia de 20 cm del pseudotallo. La varilla inyectora se introduce en el suelo con una inclinación de 45° y a una profundidad de entre 10 a 15 cm, cuatro inyecciones por planta aplicando entre 50 y 55 ml por inyección (200 a 220 ml por planta), cada 15 días asegurando una distribución adecuada del producto en la zona radicular activa.



6 BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Elsevier Academic Press. Fifth Edition. United States of America.
- Álvarez, E., Pantoja, A., Gañán, L., & Ceballos, G. (2013). Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en América Latina y el Caribe.
- Andrade, Y., Hidalgo, A., & Herrera, E. (2019). Caracterización de lixiviados generados del raquis de plátano (*Musaceae paradisiaca*). *Rev Sist Prod Agroecol.*, 10(1).
- Arenas, A., López, D., Álvarez, E., Llano, G., & Loke, J. (2005). Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de Moko del plátano. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 76-80.
- Cando-Tuarez, C. G. (2019). Efectos del trinchado de raíces de banano (*Musa AAA*) sobre la masa radical y la densidad poblacional de nemátodos. (Tesis de licenciatura, Babahoyo: UTB).
- Castillo-Arévalo, T. (2022). Alternativas biológicas y químicas para el manejo de Fitonematodos en cultivo de plátano AAB (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 28(01), 95-102.
- Castrillón, F. (2003). Manejo del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).
- Chávez, C., Salas, E., & Araya, M. (2018). Control químico de nematodos en plantas de banano (*Musa AAA*) cultivadas en macetas. *Fitosanidad*, 22(1).
- Flórez Mogollón, V. C., & Agudelo Valencia, J. Y. (2019). El Moko (*Ralstonia solanacearum*) en plátano y banano: Incidencia y medidas alternativas de control en el contexto colombiano [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30207>.

- Guarisch-Sousa, R., Puigvert, M., Sánchez, N., Siri, M., Pianzola, M., Valls, M., & Setubal, J. (2016). Complete genome sequence of the potato pathogen *Ralstonia solanacearum* UY031. *Standards in Genomic Sciences*, 11.
- Guzmán, M., Pérez, J., & García, L. (2012). *Manejo integrado de enfermedades del banano y plátano*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.
- ICA. (2013). Moko disease a threat to Colombian banana costs. Colombian Agricultural Institute (ICA). Recuperado de: <http://www.freshfruitportal.com/news/2013/01/28/moko-disease-a-threat-to-colombian-bananacosts/>. Fecha de consulta: julio 2017.
- Llano, G. A., Álvarez, E., & Ceballos, G. (2018). Manejo de Moko de plátano en el Litoral Pacífico. *Sabia Revista Científica*, 4(1).
- López-Solanilla, E., Oliveros, J. C., & Arroo, R. (1998). Control químico de *Ralstonia solanacearum*: limitaciones asociadas a la naturaleza vascular del patógeno. *Revista de Fitopatología Aplicada*, 6(2), 45-53.
- Mesa, L. A., & 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.
- Morales Ortega, J. B. (2022). *Evaluación de fungicidas de triazoles y amina en mezclas en el control de Sigatoka negra (Pseudocercospora fijiensis) en banano (Musa paradisiaca)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).
- Munguía, C. G., Munguía, A. G., Ramos, M. A., Sato, M. P., Sánchez, E. V., Munguía, A. G., ... & Sánchez, M. F. (2016). Efectividad biológica de organofosforados y carbamatos en el control de nematodos en banano. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4(1), 64-87.
- Ozoagro Latam. (2024). Ozoagro: aceite ozonizado de uso agrícola [Ficha de producto]. Corporación Ozoagro.

- Perera, S., & Molina, M. (2002). Plagas y enfermedades de la platanera en Canarias y su control integrado. Coplaca.
- Pérez Vicente, L. (2004). *La Sigatoka negra del banano y plátano: Epidemiología y manejo integrado*. Instituto Nacional de Sanidad Vegetal (INISAV), La Habana, Cuba.
- Romero-Vásquez, K. L., & Paladinez-Granda, J. Y. (2024). Evaluación in situ de incidencia y severidad de dos ingredientes activos sistémicos químicos (propiconazol y tebuconazol) y dos ingredientes activos de microorganismos para el control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (Musa AAA). Universidad Estatal de Milagro (UNEMI).
- Salazar Carranza, K. J. (2017). *Efectividad de fungicidas foliares en el manejo de la Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis) en banano (Musa AAA)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).
- Sánchez, J. A., & Canche, B. B. (2016). Variabilidad genética de la bacteria *Ralstonia solanacearum* de cepas aisladas de plátano en México. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Saquicela, P., Romanova, E., Guaman, R., Ulloa, S., & Villavicencio, A. (2023). Caracterización morfológica y bioquímica de *Ralstonia solanacearum*, raza 2, bacteria patógena en cultivos de banano y plátano en El Carmen, Manabí, Ecuador. 10(1):1390-8928.
- Torres-González, C., Casas, M., & Díaz-Ortiz, J. (2017). Manejo de *Ralstonia solanacearum* raza 2 a través de productos químicos y biológicos. *Iteckne*, 10(2), 217-223.
- Vargas, R., Calvo, C., Collado, M., & Araya, M. (2015). Evaluación de estrategias de combate químico de nematodos en plantaciones de banano renovadas con plantas *In Vitro*. *CORBANA*, 32(59), 51-65.

ANEXOS

ANEXO 1. POE 1. Uso y manejo seguro de plaguicidas

Nombre Pista agrícola	POE Uso y Manejo Seguro de Plaguicidas	N° de POE 1	Versión N° 1
Documento Preparado Por:	Documento aprobado por:	Fecha puesta vigencia	#Páginas
ETAPA DE APLICACIÓN En la preparación de caldo de plaguicidas para el control de Sigatoka negra.			
1. Objetivo. Realizar el uso y manejo seguro de plaguicidas que son aplicados para el control de Sigatoka negra, y otros.			
2. Alcance. Área de preparación de plaguicidas en Pista agrícola, en campo y en CE.			
3. Equipos e insumos empleados. • Equipo de preparación (Mezcladora) • Sistema de provisión de agua limpia (pozo, bombas, mangueras, grifos) • Equipo de protección (EPP) • Abridor de envase • Dosificadores • Área de depósito de envases vacíos			

4. Procedimiento.

4.1 Antes de la aplicación

1. Revisar la fecha de vencimiento del plaguicida
2. Rechazar plaguicidas con el envase dañado o sin etiqueta.
3. Es importante identificar las plagas del cultivo y su ciclo de vida para elegir el producto correcto para su control.
4. Leer y cumplir las especificaciones y recomendaciones técnicas impresas en la etiqueta de los productos para evitar riesgos de contaminación de los trabajadores, de los consumidores y del medio ambiente.
5. Calibrar el equipo de aplicación de acuerdo al tipo de plaguicida.
6. Realizar el mantenimiento regular de los equipos de aplicación. No utilizar equipos en mal estado (con fugas) porque pueden provocar intoxicaciones del personal y contaminar el medio ambiente.
7. Utilizar Equipos de Protección Personal durante el mantenimiento y calibración de los equipos de aplicación.
8. Los envases vacíos deben lavarse siguiendo el procedimiento de triple lavado.

4.2 Durante la aplicación

1. El equipo de preparación debe estar en buenas condiciones para su uso, manteniéndose limpio.
2. Utilizar Equipo de Protección Personal (E.P.P.) durante las aplicaciones de plaguicidas.
3. Las aplicaciones de plaguicidas se deben realizar en las horas más frescas del día.
4. No se debe consumir alimentos, fumar o beber durante las aplicaciones de los agroquímicos.
5. Se debe respetar el orden de mezcla según recomendación técnica
6. Preparar el caldo de plaguicida, solamente lo necesario para el día de aplicación.
7. No realizar las aplicaciones si el viento es muy fuerte o hay amenaza de lluvias.
8. No se debe permitir que las mujeres y niños realicen aplicaciones de plaguicidas

4.3 Después de la aplicación

1. No dejar los envases vacíos dentro del cultivo. Los envases vacíos se almacenan en un área destinada para este fin.
2. Respetar el tiempo de reingreso a las áreas tratadas de acuerdo a la recomendación técnica de cada producto.
3. Realizar el lavado y enjuague de todos los equipos utilizados después de cada aplicación para evitar corrosión de los equipos y contaminar con los plaguicidas en las siguientes aplicaciones.
4. No se debe lavar los equipos de aplicación en arroyos, lagunas u otras fuentes de agua. Registrar toda la información necesaria de las aplicaciones de los plaguicidas (fecha, productos, dosis, plagas a controlar, etc.)
5. Colocar un letrero de advertencia con la leyenda "Peligro" en los lotes donde se han aplicado plaguicidas y retirarlo al terminar el periodo de reingreso.
6. La ropa y el equipo de protección personal debe lavarse al finalizar la jornada de trabajo. No se debe mezclar con el resto de la ropa de la familia y se debe usar guantes para lavarlos.
7. Los envases con contenido que no se usaron en el día, deben ser depositados en el almacén de plaguicidas.

8. Monitoreo.

QUE MONITOREAR	DONDE	CÓMO	FRECUENCIA	QUIÉN
Cumplimiento del procedimiento adecuado	Área de preparación de caldo de plaguicidas	Observación visual y registro	En cada ciclo de aplicación	Técnico supervisor

9. Acciones correctivas

a. Inmediatas

En caso de verificar falencias u omisiones en el proceso de preparación de caldos de plaguicidas, realizar acciones correctivas: evaluando y capacitando.

b. Mediatas

Capacitar al o los operarios encargados de la preparación de caldos de plaguicidas y realizar el seguimiento de llenado de registro.

10. Responsabilidades.

RESPONSABILIDAD	CARGO	NOMBRE
Ejecución del POES	Responsable de preparación de plaguicidas	
Monitoreo y verificación	Técnico supervisor	
Acción correctiva mediata	Técnico supervisor	
Acción correctiva inmediata	Técnico supervisor	

11. Registros y documentación relacionada.

NOMBRE REGISTRO/DOCUMENTACION	CODIGO
Registro de preparación de caldos de plaguicidas	01

12. Verificación.

- Auditoría interna de cumplimiento al POES, cada ciclo de aplicación.

MANUAL PARA EL CONTROL DE PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES DE MUSACEAS

INIAF - MDRyT



iniaz.mdryt



iniaz.mdryt



iniaz.gob.bo



PROYECTO:
DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL BANANO Y PLÁTANO EN COCHABAMBA Y LA PAZ

**INSTITUTO NACIONAL
DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL - INIAF**
Oficina Nacional: Calle Cañada Stronguest N° 1573
Telf.: 2124404 - La Paz, Bolivia



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA MINISTERIO DE DESARROLLO
RURAL Y TIERRAS

iniaz
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal