



RECONOCIMIENTO DE *Ralstonia solanacearum*

SMITH RAZA 2 (MOKO) Y MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD
EN PLANTACIONES DE MUSÁCEAS AFECTADAS EN ECUADOR
PROGRAMA DE BANANO, PLÁTANO Y OTRAS MUSÁCEAS

Boletín divulgativo Nro. 458



EL NUEVO
ECUADOR

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



**PROGRAMA DE BANANO,
PLÁTANO Y OTRAS MUSÁCEAS**



PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Daniel Noboa Azin

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Danilo Palacios

DIRECTOR EJECUTIVO INIAP

Raúl Jaramillo

AUTORES

Pedro Terrero

Paola Rodulfo

Karina Solis

Edwin Borja

FOTOGRAFÍA

Pedro Terrero - Paola Rodulfo - Edwin Borja - Carlos Erazo - Yordy Arcos

DISEÑO

Unidad de Comunicación Social INIAP

REVISIÓN TÉCNICA

Comité de publicaciones de la Estación Experimental Tropical Pichilingue

REVISIÓN POR PARES EXTERNOS

Alan Omar Bermúdez Cavero, (Perú) Doctor en Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universidad de Valencia (UV). Profesor Tiempo Parcial de Investigación Universidad Tecnológica del Perú (UTP).

Hipatia Delgado, (España) Doctora en Biotecnología y Recursos Genéticos de Plantas y Microorganismos Asociados, Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

DIRECCIÓN DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

Km 5 vía Quevedo - El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos

Teléfonos: 593 5 2783128 / 593 5 2783044 / 593 5 2783138

Correo electrónico: pichilingue@iniap.gob.ec

BIBLIOGRAFÍA

Terrero, P.; Rodulfo, P.; Solis, K y Borja, E. (2024). Reconocimiento de *Ralstonia solanacearum* Smith raza 2 (moko) y medidas de bioseguridad en plantaciones de musáceas afectadas en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador. Primera edición p.54

ISBN

978-9942-22-595-5

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

© Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

PROHIBIDA SU VENTA



EL NUEVO
ECUADOR

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un infinito agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Tropical Pichilingue por la gestión del proyecto: Desarrollo de agrotecnologías como estrategia ante la amenaza de enfermedades que afecten la producción de Musáceas en el Ecuador (DAPME).

Al Comité de Operaciones de Emergencia (COE), por el financiamiento del Proyecto DAPME.

A los revisores externos; PhD. Alan Bermúdez y PhD. Hipatia Delgado por su contribución técnica y científica en la redacción de este divulgativo.

A los agricultores en las diferentes zonas productoras de musáceas, en la localidad Los Ángeles, provincia Los Ríos y en la hacienda Santa Mónica en el cantón Machala, provincia El Oro, quienes permitieron el ingreso a sus plantaciones, para el registro fotográfico y levantamiento de información de síntomas de la enfermedad y medidas de bioseguridad.



PRESENTACIÓN

La incidencia de plagas y enfermedades es una de las principales causas de la reducción en el rendimiento de los cultivos; entre ellos, los patógenos sistémicos o vasculares son de importancia por su difícil control.

Actualmente, en Ecuador existe la presencia del patógeno *Ralstonia solanacearum* Smith raza 2, causante de la enfermedad conocida como moko en las musáceas, representando una amenaza para su producción. Esta bacteria, es una habitante del suelo, principalmente en las raíces, donde puede estar produciendo síntomas iniciales en el rizoma o de forma asintomática.

El tiempo de sobrevivencia de la bacteria puede depender de las condiciones edafoclimáticas como: el contenido de humedad y materia orgánica del suelo, pH del agua, contenido de nutrientes y la presencia de microorganismos antagonistas; además, de la flora y la fauna predominante. Por ello, son muchos los factores que permiten su establecimiento y diseminación. Por lo indicado anteriormente, resulta importante en el campo el reconocimiento de síntomas y la implementación de medidas de bioseguridad para la prevención y manejo de este patógeno.

Los autores



CONTENIDO

1.	Antecedentes	10
2.	Generalidades de las musáceas	12
3.	<i>Ralstonia solanacearum</i> raza 2 (MOKO)	14
3.1.	Descripción y morfología	14
3.2.	Síntomas externos de la enfermedad en plantas.	16
3.2.1.	Síntomas en las hojas	18
3.2.2.	Síntomas en la inflorescencia	19
3.2.3.	Síntomas en racimos	20
3.3.	Síntomas internos	21
3.3.1.	Cormo o rizoma	21
3.3.2.	Pseudotallo	22
3.3.3.	Raquis e inserción de los dedos	23
3.3.4.	Fruto	24
3.4.	Diseminación de la enfermedad	25
4.	Uso de medidas de bioseguridad como medida de prevención de moko	27
4.1.	Estaciones de limpieza y desinfección de calzado, vehículos y maquinaria agrícola previo al ingreso a una plantación de musáceas	27
4.1.1.	Limpieza de calzado	27
4.1.2.	Limpieza de vehículos y maquinaria agrícola	29
4.1.3.	Desinfección de calzado	30
4.1.4.1.	Rodaluvio	31
4.1.4.2.	Arco de desinfección	32
4.1.4.3.	Bombas de aspersión	33
4.2.	Registro de ingreso y salida de visitantes o personal a finca	34
4.3.	Desinfección de herramientas	35
4.4.	Área de seguridad sanitaria y provisión de indumentarias	36
4.5.	Señaléticas y paneles informativos	38
4.5.1.	Capacitaciones	39
4.6.	Obligaciones de los productores	40
4.7.	Prohibiciones	40
5.	Diagnóstico de la enfermedad	43
6.	Importancia e implementación de las medidas de bioseguridad en plantaciones que se han confirmado la presencia de <i>R. solanacearum</i> raza 2	46
6.1.	Zonificación de la finca	46
a.	Zona Roja	47
b.	Zona Amarilla	47
c.	Zona Verde	48
7.	Bibliografía	49
	Abreviaturas	50
	Glosario de términos	51
	Biografía de los autores	53



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crecimiento característico de <i>R. solanacearum</i> raza 2 en medio agar cloruro de tetrazolium (TZC), obsérvese bordes irregulares, consistencia <i>fluida mucoide</i> y bordes blancos.	14
Figura 2. Tinción de Gram de células bacterianas de <i>R. solanacearum</i> observadas bajo luz de microscopia con el lente 60X.	15
Figura 3. A) Planta madre e hijo con marchitez en las hojas apicales. B) Planta joven con amarilleamiento y necrosis en sus hojas y C) Planta joven necrosada.	16
Figura 4. A) Planta de banano en fase de floración con rajadura en la base del peciolo. B) Planta de banano, la hoja bandera presenta amarilleamiento en su borde y las demás hojas tienden a cerrarse. C) Amarilleamiento y pérdida de dominancia en la hoja bandera y D) Planta de banano con racimo necrosado.	17
Figura 5. Secuencia de ocurrencia de síntomas en una planta afectada con <i>R. solanacearum</i> : A) Hojas tienden a cerrarse. B y C) Bandas amarillas y márgenes oscuros. D) Amarilleamiento y quiebre de la hoja bandera. E) Síntoma de marchitez con desecación de las hojas y F) Desecación generalizado de las hojas.	18
Figura 6. Flor de banano con síntoma (necrosis) de afectación por moko.	19
Figura 7. A y B) Maduración irregular en racimos de plátano y banano. C) Frutos deformes y D) Necrosis seca del racimo.	20
Figura 8. Síntoma interno típico de moko. Meristemo central con puntos de color marrón de una planta de banano.	21
Figura 9. A) Corte transversal del pseudotallo de banano en el que se observan haces vasculares afectados con manchas de color marrón y B) Corte longitudinal del pseudotallo de banano con haces vasculares color marrón.	22
Figura 10. A) Corte transversal del raquis del banano con puntos de color rojizo a café y B) Inserción de dedos en el banano con puntos de color rojizo a café.	23
Figura 11. A y B) Necrosis parcial interna en el fruto de banano. C) Exudado bacteriano en los frutos de plátano y D) Necrosis interna en todo el fruto de banano.	24
Figura 12. A) Traslado de partículas de suelo en calzado. B) Uso de herramientas en labores culturales. C y D) Riesgo de diseminación del patógeno por cercanía a aguas de escorrentía y ríos. E) Animal doméstico en plantación de abacá. F) Insectos del género <i>Cosmopolites</i> en una planta de plátano.	25
Figura 13. A) Fuente de limpieza de la base del calzado. B) Limpieza de la base del calzado y C) Limpieza de la base y exterior del calzado.	28
Figura 14. A) Zona de remoción de partículas de suelo. B) Remoción de la parte inferior del vehículo. C) Remoción en el aro. D) Remoción del neumático. E) Maquinaria agrícola que permanece en la finca y F) Maquinaria alquilada realizando actividades una vez que ha cumplido con las medidas de bioseguridad.	29
Figura 15. A) Desinfección de calzado en pediluvio de plástico. B) Pediluvio de cemento y C) Desinfección de calzado en una caneca cortada.	30
Figura 16. A) Rodaluvio en la entrada a una plantación de banano y B) neumáticos de vehículo desinfectándose en un rodaluvio.	31
Figura 17. A) Arco de desinfección para el ingreso a una plantación de banano y B y C) Arco automático para la desinfección de vehículos livianos y pesados usados para la prevención del ingreso de patógenos en zonas fronterizas.	32
Figura 18. A) Vehículo libre de partículas de suelo. B y C) Uso de bomba manual de aspersión para la desinfección de un vehículo al ingreso de una plantación de musáceas. D) Desinfección neumáticos de maquinaria agrícola y E) Desinfección de aperos de maquinaria previo al ingreso a una finca.	33
Figura 19. A) Registro de datos de los visitantes en la entrada de la plantación de musáceas.	34
Figura 20. A) Contenedores para la desinfección de herramientas.	35
Figura 21. Figura A y B) Proceso de cambio de botas. C y D) Colocación de botas proporcionadas por la Unidad de producción.	37
Figura 22. A y B) Medidas educativas de bioseguridad C y D) Medidas orientativas para la prevención de los patógenos.	38
Figura 23. A) Capacitación a personal de la una bananera en el Litoral ecuatoriano.	39
Figura 24. A y B) Restos de cosecha cercanos a cuerpos de agua y cultivo. C) Crecida de un cuerpo de agua previo a la entrada de a la UPA, nótese la planta con síntomas. D) Ausencia de cercado en vía principal. E) Lavado de fruta en procesamiento para exportar y F) movilización de material vegetativo para el establecimiento de nuevas plantaciones.	41
Figura 25. A) Corte de una ventana de 10 x 5 cm en el pseudotallo. B) Tejido vegetal con síntomas de la enfermedad y C) Colocación de la muestra en fundas de papel.	43
Figura 26. A) Zonificación de un brote dentro la plantación de musáceas.	46



Panorámica de una plantación de banano en el Litoral ecuatoriano.







1. ANTECEDENTES

Los cultivos de musáceas en Ecuador son considerados de gran importancia económica, cumpliendo un rol protagónico en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria por su contribución con las necesidades básicas del hogar en los diferentes estratos sociales, debido a su elevado contenido nutricional (Panigrahi et al., 2021). El banano ocupa una superficie cultivada de 167.893 ha, generando empleos directos a más de 2,5 millones de personas y divisas para un total de 3.156 millones de dólares. El plátano, registra un total de 128.861 ha cultivadas (ESPAC, 2021), viéndose, su cultivo, amenazado por enfermedades emergentes como *Ralstonia solanacearum* filotipo II raza 2 denominado comúnmente moko, que causa marchitez y deterioro en la planta (Delgado et al., 2014; Pardo et al., 2019). Los síntomas suelen ser visibles cuando existe una alta presión del inóculo, donde las plantas adyacentes al brote inicial pueden haber sido ya infectadas (Grajales-Amorocho & Muñoz-Loaiza, 2021). Una vez dentro del hospedero, obstruye los haces vasculares, afectando la parte vegetativa (Fegan et al., 2005; Sánchez Jorgge, 2021).

Este patógeno está presente en algunos países de climas templados y tropicales de todos los continentes, ocasionando enfermedades en más de 200 especies de plantas de al menos 50 familias (Cedeño-Zambrano et al., 2022; Pardo et al., 2019); por esta razón, es considerada una de las bacterias fitopatógenas más devastadoras del mundo, debido a su letalidad, amplia distribución geográfica y la gama de hospederos (Prieto Romo et al., 2012).

En Colombia, se estima que el patógeno puede destruir hasta el 100 % de las plantaciones de banano o plátano susceptibles (Tinzaara et al., 2021). A pesar que se han realizado estudios para el manejo del patógeno el problema sigue latente y presente en fincas productoras de los departamentos de Magdalena, Quindío, Nariño y Caquetá, principalmente debido a la falta de herramientas aplicadas para la detección temprana de la bacteria en campo y de estrategias de control para evitar la propagación (Ramírez et al., 2015).

El potencial invasivo de *R. solanacearum* raza 2, se incrementa por el manejo intensivo de los cultivos y la falta de métodos de producción que garanticen la inocuidad de las musáceas; además, la competitividad del cultivo se ve amenazado, por la reducción de la producción, a pesar del incremento de nuevas áreas cultivadas, sin la implementación de las medidas de bioseguridad. Todo lo anterior, conlleva a grandes pérdidas económicas en el cultivo y amenaza la seguridad alimentaria del país. Hasta el momento no existe un tratamiento de control efectivo para la bacteria y la mejor medida es evitar su ingreso a través de estrategias de manejo del cultivo, como la desinfección de herramientas, calzado y neumáticos, control de arvenses, erradicación de plantas enfermas, control y manejo de material de siembra entre otros (Pardo et al., 2019).

El objetivo de este material divulgativo es: reconocer los síntomas del patógeno y estandarizar medidas de bioseguridad para evitar la diseminación de *R. solanacearum* raza 2 en plantaciones de musáceas en las principales zonas productoras del país.





**Planta de banano en fase de floración
sin síntomas aparentes de enfermedades.**



2. GENERALIDADES DE LAS MUSÁCEAS

Las musáceas cuentan con más de 50 especies, dentro de ellas, decenas de híbridos diferenciándose considerablemente de la mayoría de las plantas hortícolas. Son plantas monocotiledóneas herbáceas y perennes, dado que después de la cosecha la parte aérea muere y desde la base de la planta madre crecen retoños que cumplen la función de reemplazar la planta faltante (Robinson y Galán, 2010). Se caracterizan por ser plantas de gran tamaño con tallos parcialmente expuestos donde emergen sus hojas, con vainas dispuestas en espiral, dando la forma de un falso tallo llamado pseudotallo, con peciolos y frutos de forma capsular (Berrie, 1997; Vásquez et al., 2005). Esta familia de plantas se originó en las regiones del sudeste asiático y del pacífico occidental. Durante muchos años, varias subespecies no comestibles de *Musa acuminata* se cruzaron de forma natural, dando lugar a la producción de numerosos híbridos interespecíficos (López, 1984; Robinson y Galán, 2010).

Según Guerrero (2016), en el Litoral ecuatoriano existen 17 cultivares de musáceas, realizándose trabajos de investigación para la descripción y el comportamiento agronómico de los siguientes cultivares: Dominico Hartón (AAB), Dominico (AAB), Dominico Gigante (AAB), Dominico Negro (AAB), Gros Michel (AAA), Guineo de Jardín (AAA), Filipino (AAA), Orito (AA), Maqueño morado (AAA), Maqueño verde (AAB), Limeño (AAB), Barraganete (AAB), Williams (AAA), Vines (AAAA), Curare (AAB), Cuatrofilos (ABB), Manzano (AAA).



Plantación de banano en el Litoral ecuatoriano.



Plantación de banano afectada por *R. solanacearum* (moko) en la provincia de El Oro.



3. *Ralstonia solanacearum* RAZA 2 (MOKO)

R. solanacearum fue detectada por primera vez en 1840 en la Guayana Británica y en Trinidad en 1895 convirtiéndose en epidemia, en la actualidad está presente en varios países productores de plátano de América. En Ecuador, fue detectada por primera vez en el año 1978, en la cuenca del Amazonas (Napo), extendiéndose por varias zonas del país (Veloz, 2015).

3.1. DESCRIPCIÓN Y MORFOLOGÍA

R. solanacearum raza 2 es una bacteria Gram-negativa, con colonias las cuales son mucoides, irregulares y alta producción de exopolisacáridos (Figura 1) en forma de bacilo, con dimensiones de 0,5 a 0,7 μm x 1,5 a 2,5 μm , con uno a cuatro flagelos los cuales varían según el tipo de colonia, (Figura 2) (Agrios, 2005). Los primeros registros de la enfermedad en banano fueron realizados por Shomburgk en 1840; sin embargo, la primera descripción de la enfermedad y agente causal fueron realizadas por Edwin F. Smith (Thurston, 1984).



Figura 1. Crecimiento característico de *R. solanacearum* raza 2 en medio agar cloruro de tetrazolium (TZC), obsérvese bordes irregulares, consistencia fluida mucoides y bordes blancos.

Stover (1972), estableció cuatro patotipos para *R. solanacearum* raza 2 basado en: la morfología de la colonia, rango de plantas hospedantes y su patogenicidad, señalando la necesidad de dar seguimiento al patógeno para determinar el posible impacto económico de cada uno de los patotipos. Por otra parte, Hayward (2006), menciona que, en algunos países de América Latina y el Caribe, la enfermedad provocada por este patógeno afecta a plátanos de cocción del subgrupo "Bluggoe" (ABB), y bananos de postre pertenecientes al subgrupo Cavendish (AAA).

R. solanacearum raza 2, es considerado uno de los patógenos más devastadores del banano y el plátano. Su manejo es difícil por su agresividad y fácil dispersión, así como la falta de productos para su control. La eficacia de los antibióticos es bastante baja y su uso en el campo está restringido, dadas las preocupaciones ambientales y de salud humana (Ramírez et al., 2020).

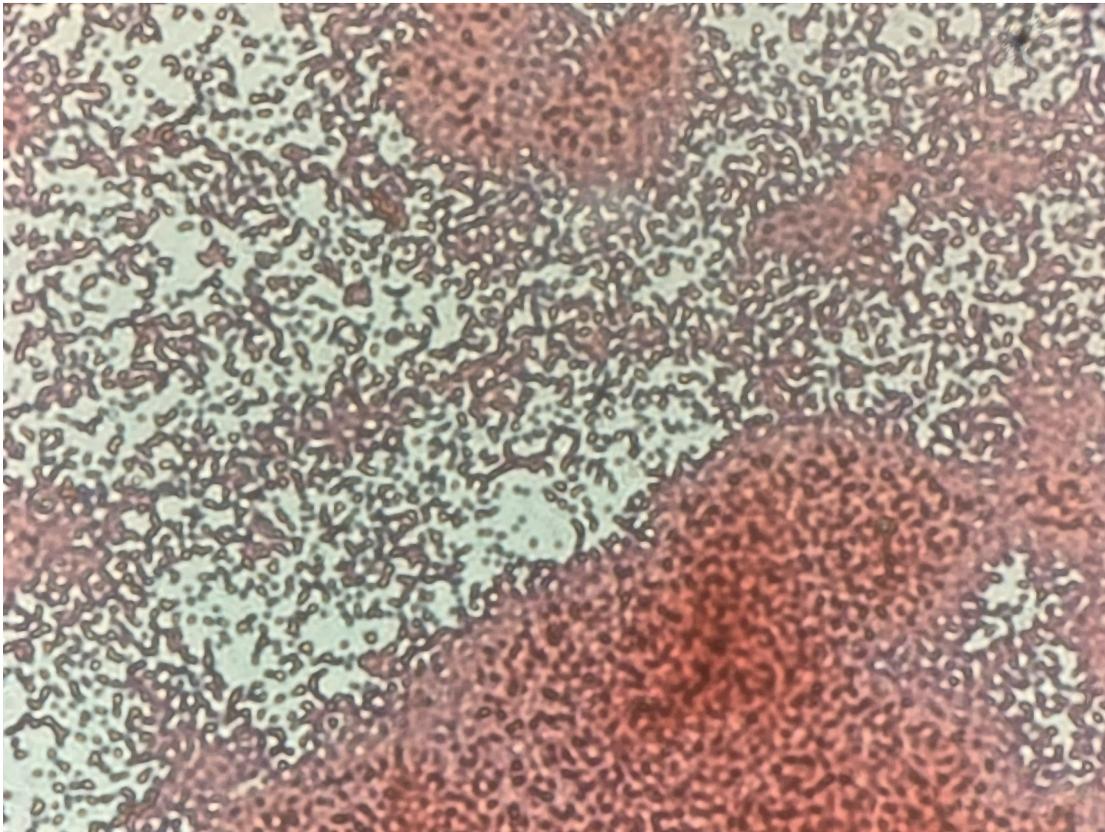


Figura 2. Tinción de Gram de células bacterianas de *R. solanacearum* observadas bajo luz de microscopía con el lente 60 X.



3.2. SÍNTOMAS EXTERNOS DE LA ENFERMEDAD EN PLANTAS

Un colino o una planta joven afectado por la enfermedad puede tardar al menos 20 días en presentar síntomas como: hojas amarillas-pálidas, las que posteriormente se secan y mueren (Figura 3 A, B y C). Esto no implica que todos los colinos provenientes de una planta enferma presenten síntomas (Stover, 1972).

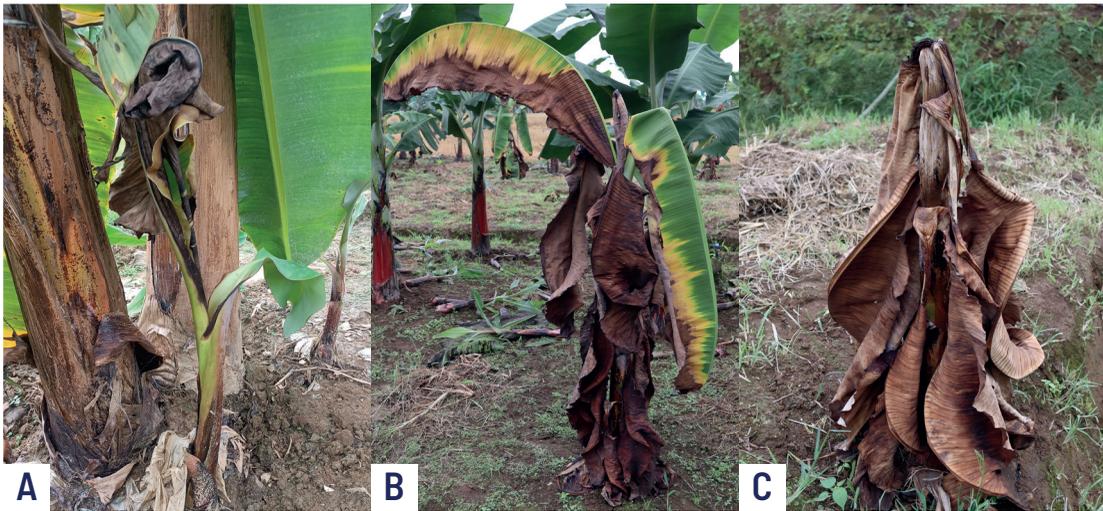


Figura 3. A) Planta madre e hijo con marchitez en las hojas apicales. B) Planta joven con amarilleamiento y necrosis en sus hojas y C) Planta joven necrosada.

Planta joven de banano son síntomas de moko.



Además, en las plantas adultas se puede observar rajadura en el pseudotallo, marchitez, amarilleamiento y necrosis foliar, iniciando desde las hojas centrales hacia las hojas externas o periféricas (Figura 4 A, B y C). En cuanto a las plantas en producción la bacteria puede entrar por la inflorescencia u otras vías afectando el fruto.

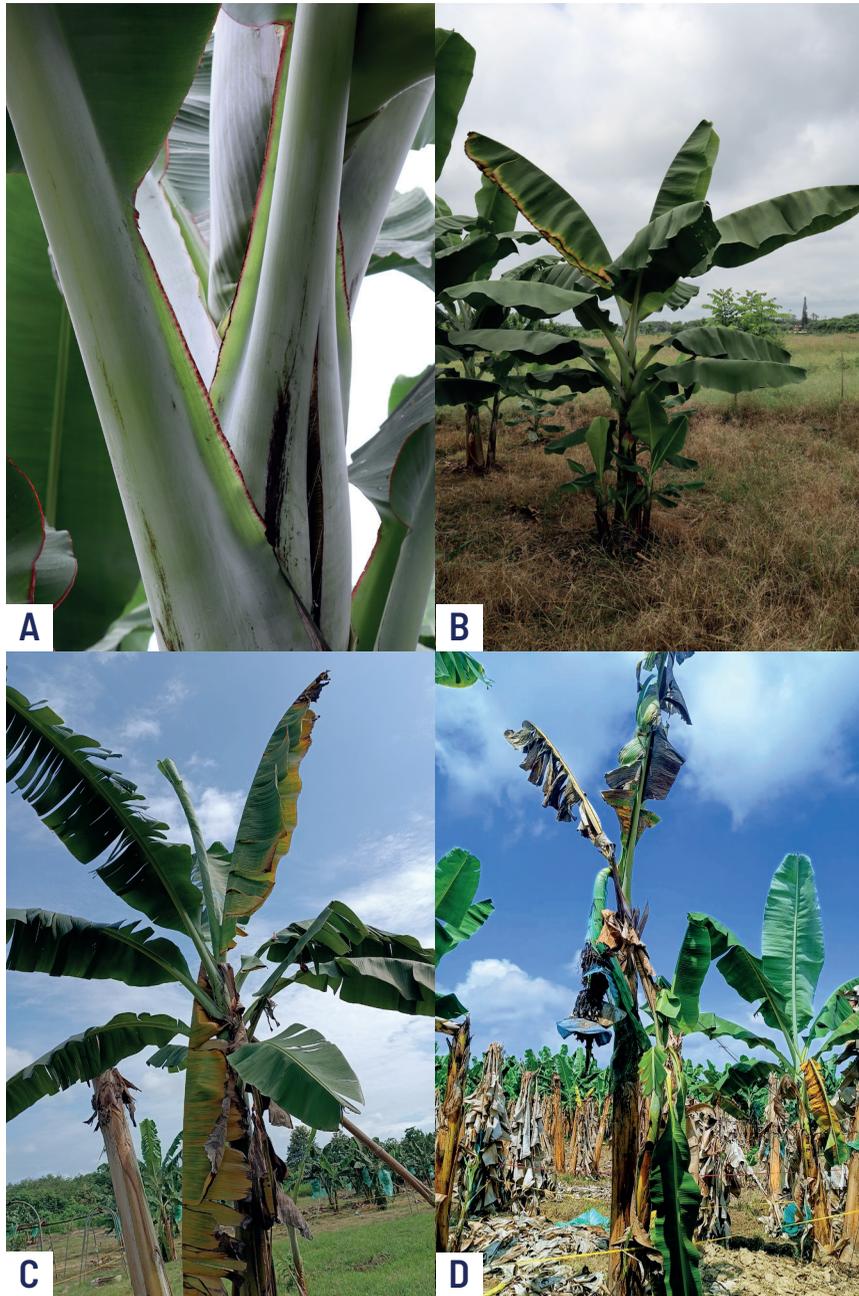


Figura 4. A) Planta de banano en fase de floración con rajadura en la base del peciolo. B) Planta de banano, la hoja bandera presenta amarilleamiento en su borde y las demás hojas tienden a cerrarse. C) Amarilleamiento y pérdida de dominancia en la hoja bandera y D) Planta de banano con racimo necrosado.



3.2.1. SÍNTOMAS EN LAS HOJAS

Cuando la planta ha sido afectada por *R. solanacearum*, las hojas se cierran (Figura 5 A); a continuación, la hoja bandera presenta un amarilleamiento en el borde (Figura 5 B), al pasar los días la clorosis avanza hacia el centro (Figura 5 C), se debilita y se rompe al nivel de la unión del limbo con el peciolo (Figura 5 D). Al avanzar la infección, el marchitamiento y desecamiento alcanzan a las hojas más bajas (Figura 5 E). Finalmente, se desecan todas las hojas y la planta muere (Figura 5 F)

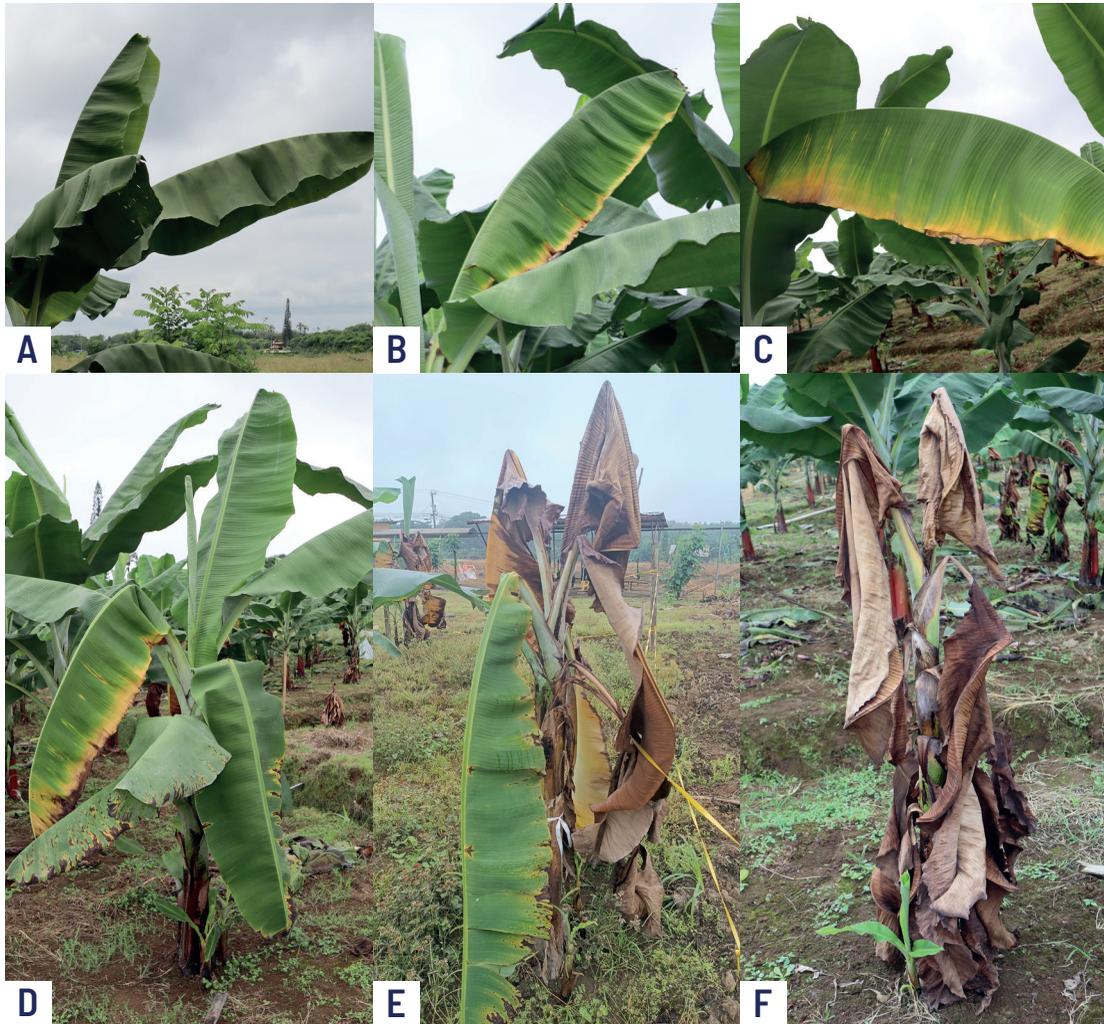


Figura 5. Secuencia de ocurrencia de síntomas en una planta afectada con *R. solanacearum*: A) Hojas tienden a cerrarse. B y C) Bandas amarillas y márgenes oscuros. D) Amarilleamiento y quiebre de la hoja bandera. E) Síntoma de marchitez con desecación de las hojas y F) Desecación generalizado de las hojas.

3.2.2. SÍNTOMAS EN LA INFLORESCENCIA

Los síntomas en inflorescencia aparecen en las brácteas de las flores masculinas (Figura 6); estas estructuras se marchitan, ennegrecen, necrosan y no se levantan; además enrollan su cara superior (Stover. 1972).



Figura 6. Flor de banano con síntoma (necrosis) de afectación por moko.



3.2.3 SÍNTOMAS EN RACIMOS

Los síntomas se pueden observar en las manos y en el racimo. Los frutos desarrollados maduran tempranamente de manera irregular (Figura 7 A y B), presentan cáscara agrietada y necrótica, causando deformación y pudrición del fruto (Figura 7 C), si la plaga ocurre en estados tempranos, la cascara se torna amarilla rojiza, luego se seca y el racimo toma un color negro (Figura 7 D).

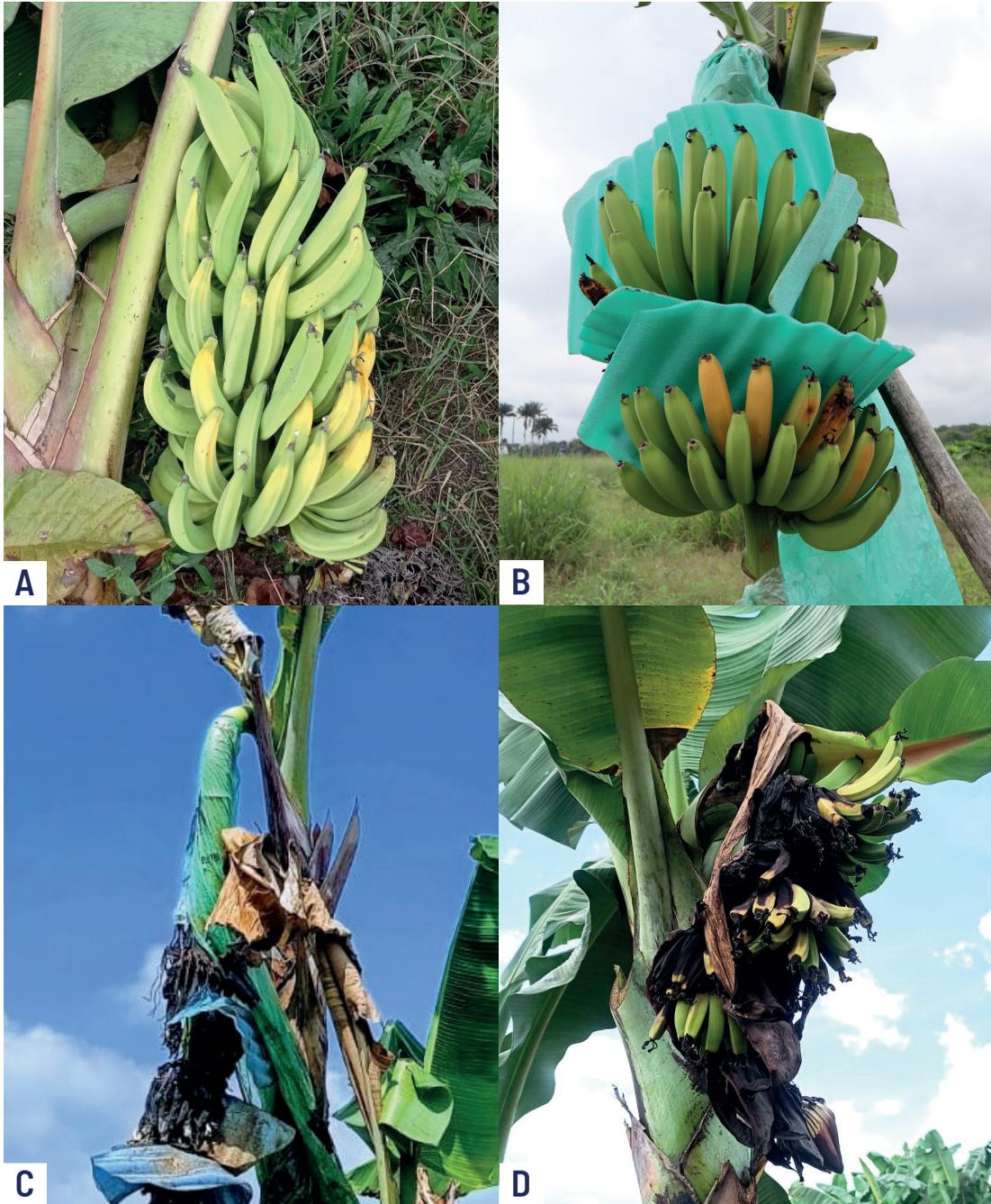


Figura 7. A y B) Maduración irregular en racimos de plátano y banano. C) Frutos deformes y D) Necrosis seca del racimo.

3.3. SÍNTOMAS INTERNOS

Los síntomas internos son los más representativos de este patógeno. Pueden presentarse en el cormo o rizoma, pseudotallo, raquis e inserción de los dedos y frutos.

3.3.1. CORMO O RIZOMA

Al realizar un corte transversal al cormo se pueden observar: líneas de color marrón o negro que corresponden a los haces vasculares afectados por la bacteria (Figura 8), estos síntomas se pueden apreciar desde la zona central donde se forman las raíces afectadas por la bacteria.



Figura 8. Síntoma interno típico de moko. Meristemo central con puntos de color marrón de una planta de banano.

Corte transversal de un cormo de una planta de banano con síntomas de moko.



3.3.2. PSEUDOTALLO

Los haces vasculares afectados en el pseudotallo presentan generalmente una coloración marrón o café rojizo, debido al taponamiento por sustancias poliméricas extracelulares, las mismas que se pueden extender a lo largo de esta parte vegetativa de la planta de musáceas (Figura 9 A y B).



Figura 9. A) Corte transversal del pseudotallo de banano en el que se observan haces vasculares afectados con manchas de color marrón y B) Corte longitudinal del pseudotallo de banano con haces vasculares color marrón.

Corte transversal del pseudotallo de una planta con síntomas de moko.

3.3.3. RAQUIS E INSERCIÓN DE LOS DEDOS

Cuando se realiza un corte transversal en el raquis (Figura 10 A) o en la inserción de los dedos (Figura 10 B), se observan puntos de color rojizo a café oscuro, que demuestra que la infección por *R. solanacearum* ya ha ocurrido en el racimo.

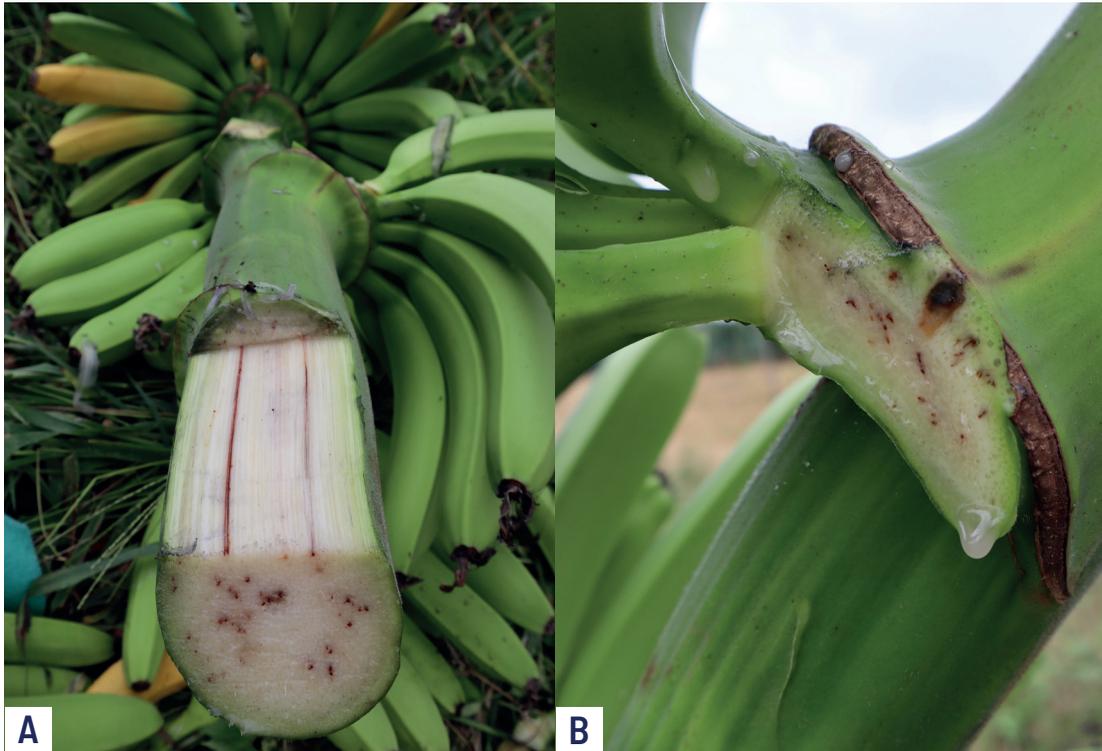


Figura 10. A) Corte transversal del raquis del banano con puntos de color rojizo a café y B) Inserción de dedos en el banano con puntos de color rojizo a café.

Raquis de plátano con puntos de color rojizo a café ocasionados por *R. solanacearum*.



3.3.4. FRUTO

Al realizar un corte en los frutos afectados, inicialmente se puede observar un necrosamiento (Figura 11 A y B), acompañado de un exudado bacteriano (Figura 11 C), posteriormente, se secan y se desprenden fácilmente, presentando necrosis interna de color marrón (Figura 11 D) (González et al., 2012).

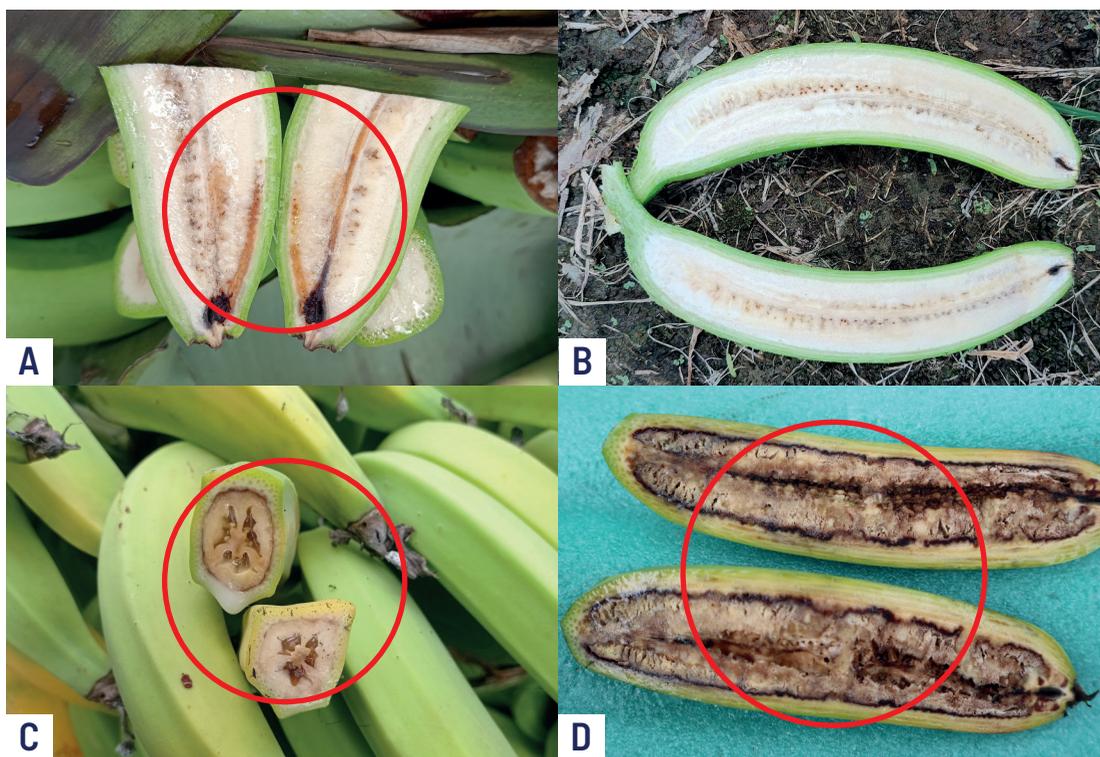


Figura 11. A y B) Necrosis parcial interna en el fruto de banano. C) Exudado bacteriano en los frutos de plátano y D) Necrosis interna en todo el fruto de banano.



Corte transversal y longitudinal de un dedo de banano con síntomas de moko.

3.4. DISEMINACIÓN DE LA ENFERMEDAD

El patógeno puede diseminarse a través de las partículas de suelo llevadas por el hombre en el calzado (Figura 12 A), en los vehículos y maquinarias provenientes de plantaciones afectadas. Por las herramientas utilizadas en las diversas labores culturales (Figura 12 B). Por fuentes de suministro de agua de riego o drenaje como canales, aguas de escorrentía y ríos al movilizar o arrastrar tejido vegetal infectado a una plantación libre de la enfermedad (Figura 12 C y D). Los animales domésticos, (gallinas, cerdos y perros) al transitar por las plantaciones llevando partículas de suelos infectados (Figura 12 E) y algunos insectos del género *Trigona* y *Cosmopolites* (Figura 12 F).



Figura 12. A) Traslado de partículas de suelo en calzado. B) Uso de herramientas en labores culturales. C y D) Riesgo de diseminación del patógeno por cercanía a aguas de escorrentía y ríos. E) Animal doméstico en plantación de abacá. F) Insectos del género *Cosmopolites* en una planta de plátano.



Medidas de bioseguridad (Pediluvio con señaléticas) implementadas en una finca de banano en la provincia de Los Ríos.



4. USO DE MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD COMO MEDIDA DE PREVENCIÓN DE MOKO

La bioseguridad en la industria de las musáceas es una responsabilidad compartida, entre los grupos de interés, incluyendo las agencias gubernamentales, la industria y el productor (Plant Health Australia, 2009). Las prácticas que se pueden adoptar para reducir el riesgo de una enfermedad incluyen la exclusión, erradicación/confinamiento y el control (Pérez-Vicente, 2015).

La prevención es la estrategia más efectiva y de menor costo para las plantaciones de musáceas, los productores al familiarizarse con las enfermedades, dedican su tiempo y se convierten en prioridad la ejecución de las operaciones de vigilancia y manejo. La bioseguridad comprende un conjunto de prácticas de protección para evitar la entrada y dispersión del problema fitosanitario, que es de responsabilidad del productor y el personal que visite o trabaje en la finca (Pérez-Vicente, 2015).

Las medidas de bioseguridad que se recomiendan son las que se detallan a continuación:

4.1. ESTACIONES DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE CALZADO, VEHÍCULOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA PREVIO AL INGRESO A UNA PLANTACIÓN DE MUSÁCEAS

Una de las medidas de importancia para el manejo fitosanitario en las unidades de producción, es la desinfección del calzado, vehículos, maquinaria agrícola de las herramientas, registro de visitas, área de seguridad fitosanitaria y provisión de indumentarias, señaléticas y paneles informativos, capacitaciones al personal, obligaciones y prohibiciones de los productores de musáceas. De esta manera se puede evitar el ingreso del patógeno y su diseminación.

4.1.1. LIMPIEZA DE CALZADO

La primera medida de bioseguridad, es la limpieza del calzado, momento en el que debe removerse todo resto de material sólido (suelo o vegetal), para el efecto se pueden utilizar cepillos de cerdas gruesas, resistentes y agua (Figura 13 A y B). Para una limpieza eficiente se recomienda utilizar cepillos en la base y los costados como se detalla en la figura 13 C.



Figura 13. A) Fuente de limpieza de la base del calzado. B) Limpieza de la base del calzado y C) Limpieza de la base y exterior del calzado.

4.1.2. LIMPIEZA DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA

La limpieza de los vehículos debe realizarse con agua a presión previo al ingreso a la plantación de musáceas. En la entrada, la finca se debe contar con un área de lavado del vehículo (Figura 14 A). Donde se debe lavar la parte inferior del vehículo y todo lo que contenga partículas de suelo (Figura 14 B), seguido de los aros (Figura 14 C), finalizando con los neumáticos (Figura 14 D). Para la maquinaria agrícola, a más de seguir el proceso anterior se debe realizar la limpieza de aperos con los que se va a trabajar.

a) Si se van a movilizar de una zona a otra, es obligatorio la limpieza y desinfección de los vehículos y la maquinaria.

b) Evitar, en lo posible, la salida de la maquinaria agrícola fuera del lugar de producción (Figura 14 E).

c) Evitar el ingreso de maquinaria agrícola ajena al lugar de producción; si por las actividades es necesario el ingreso de maquinaria o implementos agrícolas alquilados (Figura 14 F), estos deben ser cuidadosamente lavados y desinfectados previo a su uso.

d) Independientemente del sistema o estructura que el productor emplee para la limpieza y desinfección, lo importante es que se debe garantizar la ejecución de las medidas antes mencionadas.



Figura 14. A) Zona de remoción de partículas de suelo. B) Remoción de la parte inferior del vehículo. C) Remoción en el aro. D) Remoción del neumático. E) Maquinaria agrícola que permanece en la finca y F) Maquinaria alquilada realizando actividades una vez que ha cumplido con las medidas de bioseguridad.



4.1.3. DESINFECCIÓN DE CALZADO

Una vez que el calzado este limpio se puede desinfectar mediante el uso de pediluvio.

4.1.3.1. PEDILUVIO

El uso de pediluvio es una herramienta eficiente para la desinfección de calzado, el cual puede ser de plástico elaborado (Figura 15 A); acero inoxidable o cemento (Figura 11 B); el tamaño puede variar y no es una limitante mientras permita la adecuada desinfección. Otra alternativa para la desinfección es el uso de una caneca de plástico cortada por la mitad mientras pueda contener la suficiente solución de desinfectante (amonio cuaternario 6 ml/l) tratando de cubrir la superficie del calzado (Figura 15 C).



Figura 15. A) Desinfección de calzado en pediluvio de plástico. B) Pediluvio de cemento y C) Desinfección de calzado en una caneca cortada.

4.1.4. DESINFECCIÓN DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA AGRÍCOLA

Cuando el vehículo o maquinaria estén libres de suelo y material vegetal, se debe desinfectar mediante el uso de rodaluvio, arco de desinfección o usando un aspersor manual o a motor.

4.1.4.1. RODALUVIO

El rodaluvio es un sistema de desinfección de neumáticos por inmersión parcial que consiste en una fosa de concreto que contiene la solución desinfectante, por el cual ingresa el vehículo (Figura 16 A y B). La longitud de esta estructura, debe considerar que las ruedas del vehículo deben girar una vuelta y media como mínimo.



Figura 16. A) Rodaluvio en la entrada a una plantación de banano y B) neumáticos de vehículo desinfectándose en un rodaluvio.



4.1.4.2. ARCO DE DESINFECCIÓN

Es otro sistema de desinfección de vehículos, que se realiza mediante el paso a través de un arco de tubería metálica o plástica que pulveriza una solución desinfectante alrededor del mismo. Puede activarse y desactivarse automáticamente por medio de sensores, o manualmente por la acción de un operario (Figura 17 A, B y C).



Figura 17. A) Arco de desinfección para el ingreso a una plantación de banano y B y C) Arco automático para la desinfección de vehículos livianos y pesados usados para la prevención del ingreso de patógenos en zonas fronterizas.



4.1.4.3. BOMBAS DE ASPERSIÓN

Una vez que el vehículo esté libre de partículas de suelo (Figura 18 A) se puede utilizar un equipo manual o a motor (bomba o aspersor) accionadas por un operario, para la aplicación de la solución desinfectante (amonio cuaternario 6 ml/l de agua) a los neumáticos de vehículos (Figura 18 B y C) o maquinaria ingresada con sus aperos de trabajo (Figura 18 D y E).



Figura 18. A) Vehículo libre de partículas de suelo. B y C) Uso de bomba manual de aspersión para la desinfección de un vehículo al ingreso de una plantación de musáceas. D) Desinfección neumáticos de maquinaria agrícola y E) Desinfección de aperos de maquinaria previo al ingreso a una finca.



4.2. REGISTRO DE INGRESO Y SALIDA DE VISITANTES O PERSONAL A FINCA

Como ya se mencionó, el patógeno puede ser diseminado a través del calzado y neumáticos, por ello se debe mantener una bitácora sobre la entrada de personal (visitantes y trabajadores) nacionales o extranjeros (Figura 19), en especial aquellos que hayan frecuentado plantaciones, lotes experimentales, viveros o áreas dedicadas a labores vinculadas al cultivo de musáceas, más aún si estos han sido reportados con brotes positivos de *R. solanacearum* raza 2. Por lo expuesto, se recomienda implementar un registro de las personas que entren a la unidad de producción, colocando principalmente información general del contacto, motivo de la visita y lugar de procedencia, entre otros.

En caso de realizar una visita a la plantación esta debe ser planificada con anticipación y notificada a los administradores de la unidad de producción. El encargado de la plantación deberá garantizar que, a través de señaléticas, todos los visitantes se dirijan a la zona de bioseguridad designada en la finca.



Figura 19. A) Registro de datos de los visitantes en la entrada de la plantación de musáceas.

4.3. DESINFECCIÓN DE HERRAMIENTAS

Las herramientas generalmente son un medio eficaz para la diseminación de patógenos, por lo que es muy importante su correcta desinfección. Esta se puede realizar mediante el uso de contenedores contruidos con tubería de PVC o canecas en las que se coloca las soluciones desinfectantes (Figura 20). Otra opción es el uso de atomizadores manuales. Los contenedores deben colocarse en lugares de fácil uso para los trabajadores. Para prevenir la infección y diseminación de patógenos, se deben seguir estrictamente las siguientes normas:

- a. No compartir herramientas entre unidades de producción cercanas.
- b. No sacar las herramientas de la finca, para evitar contaminación externa.
- c. Todas las herramientas deben desinfectarse antes de realizar las actividades en campo.
- d. La desinfección debe realizarse en toda el área de la herramienta.



Figura 20. A) Contenedores para la desinfección de herramientas.



Desinfección de machete previo a las labores culturales en una plantación de musáceas.



4. ÁREA DE SEGURIDAD SANITARIA Y PROVISIÓN DE INDUMENTARIAS

El área de seguridad es un espacio físico en el cual, el trabajador o visitante de la unidad de producción, realiza actividades como cambio de indumentaria para laborar; así también, esta área debe contar con los siguientes servicios, materiales e información:

a) Vestidor: dividido en dos áreas; una "limpia" que es el lugar donde todo el personal pueden vestirse con indumentaria, botas limpias y desinfectadas propias del lugar de producción; y la otra denominada "sucia" donde los trabajadores o visitas entran desde el exterior de la plantación o salen del área de cultivo.

- El vestidor debe contar con una separación física para las dos áreas (banca de hormigón de 60 cm de ancho por el largo del espacio físico que se disponga).

- En su interior, debe existir botas e indumentaria limpia y desinfectada de diferentes tallas. Además, debe proveer de bolsas plásticas para colocar las pertenencias de las visitas. Esta área debe estar permanentemente limpia y debe ser un paso obligado para acceder a la zona de cultivo y al área de empaque.

b) Estación de limpieza y desinfección al ingreso del vestidor para el calzado.

c) Lavabo.

d) Bodega, para almacenar los insumos y herramientas del lugar de producción.

e) Paneles informativos.

f) Material informativo sobre la enfermedad.

g) Señalética perfectamente visibles.

En primera instancia, el personal llega a área sucia y procede a quitarse su calzado (Figura 21 A), Posterior a esto, se quita el calzado se procede a girar hacia el área limpia (Figura 21 B) y, por último, la persona se pone el calzado limpio y desinfectado para ingresar a la plantación (Figura 21 C). En plantaciones donde no cuentan con las dos áreas, los cambios de calzado se hacen en el mismo lugar, en estos casos se debe lavar y desinfectar esta área frecuentemente (Figura 21 D).



Figura 21. Figura A y B) Proceso de cambio de botas. C y D) Colocación de botas proporcionadas por la Unidad de producción.



Área de cambio de calzado para ingreso a una plantación de banano.

4.5. SEÑALÉTICAS Y PANELES INFORMATIVOS

Este tipo de medios comunicativos son de importancia, para que el personal de la finca y visitantes se mantengan informados acerca de las medidas de bioseguridad dentro de la unidad de producción. Deben estar ubicados en lugares estratégicos y de fácil visibilidad como: la puerta de ingreso, zona de seguridad, estaciones de limpieza, entre otros (Figura 22). La información de cada panel informativo debe contener como mínimo:

- Procedimiento correcto de limpieza y desinfección.
- Reconocimiento de síntomas de las plantas afectadas.
- Vías de diseminación de la enfermedad y, por tanto, que artículos no pueden ingresar al lugar de producción.
- Detalle de números telefónicos de contacto y medios de comunicación para reportar a la agencia sobre posibles brotes de la enfermedad (avisos fitosanitarios).
- La reglamentación interna de la finca con sus respectivas sanciones en caso de incumplimiento de las medidas fitosanitarias.



Figura 22. A y B) Medidas educativas de bioseguridad C y D) Medidas orientativas para la prevención de los patógenos.

4.5.1. CAPACITACIONES

Realizar capacitaciones al productor y su personal con el fin de concientizar y mantener actualizado sobre aspectos de importancia sanitaria en el cultivo de las musáceas (Figura 23). De esta manera se pueden implementar con eficiencia las medidas de bioseguridad y manejo agronómico adecuado de la plantación, repercutiendo en la reducción del riesgo de la entrada del patógeno y mejorar la producción de banano y plátano o musáceas en general.



Figura 23. A) Capacitación a personal de la una bananera en el Litoral ecuatoriano.



Capacitación a productores de banano.



4.6. OBLIGACIONES DE LOS PRODUCTORES

Para el cumplimiento de estas medidas de bioseguridad, es necesaria la generación de obligaciones, que toda persona jurídica o natural dedicada a la producción de banano o plátano debe seguir:

- a. Capacitar al personal encargado del cultivo de plátano y/o banano sobre el manejo de *R. solanacearum*.
- b. Definir en la finca el área final de los residuos sólidos generados durante el proceso productivo de plátano y/o banano de forma tal, que estos no se conviertan en fuente de contaminación.
- c. Desinfectar los vehículos, tanto al ingreso y salida del cultivo, con amonio cuaternario 6 ml/l de agua.
- d. Desinfectar toda la maquinaria empleada para la mecanización en los lotes de plátano y banano, antes y después de su uso.

4.7. PROHIBICIONES

En concordancia con la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario AGROCALIDAD, se disponen de prohibiciones que toda persona jurídica o natural dedicada a la producción de banano o plátano debe seguir:

- a. Sembrar en la zona roja cultivos de cualquier especie, durante el término de seis meses contados a partir de la eliminación de las plantas.
- b. Botar material vegetal de plátano o banano (plantas enteras o partes de las plantas incluidos los racimos) a las fuentes de agua (Figura 24 A).
- c. Botar material vegetal (residuos de cosecha) de musáceas en caminos (Figura 24 B).
- d. Pasar vehículos y personal por fuentes de agua de riego que van a otras fincas (Figura 24 C).
- e. Plantar en bordes de caminos sin cercar la propiedad (Figura 24 D).
- f. Lavar racimos de plátano o banano entre los surcos del cultivo, vías internas o fuentes de agua al interior del cultivo o predio (Figura 24 E).
- g. Extraer y movilizar hojas, colinos, raquis, cáscaras, cormos y cebollines de plátano y banano de las áreas que resulten afectadas por *R. solanacearum* (Figura 24 F).





Figura 24. A y B) Restos de cosecha cercanos a cuerpos de agua y cultivo. C) Crecida de un cuerpo de agua previo a la entrada de a la UPA, nótese la planta con síntomas. D) Ausencia de cercado en vía principal. E) Lavado de fruta enferma en procesamiento para exportación y F) movilización de material vegetativo para el establecimiento de nuevas plantaciones.



Toma de muestra de tejido vegetal para diagnosticar problemas fitosanitarios en una plantación de banano en la provincia de El Oro.



5. DIAGNÓSTICO DE LA ENFERMEDAD

Para un diagnóstico adecuado, las muestras de tejidos afectados deberán ser colectadas únicamente por el personal de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosario (resolución 072) y enviadas a los laboratorios de AGROCALIDAD para su respectivo análisis y posterior confirmación. La muestra debe colectarse desinfectando la herramienta de corte con alcohol al 96 %; a continuación, retirar los restos de las hojas o los residuos de las vainas y/o las chantas del pseudotallo, para aclarar el área donde se va a realizar la incisión, estos residuos vegetales deben colocarse sobre el plástico. Luego, realizar un corte rectangular en el pseudotallo de aproximadamente 10 cm de largo por 5 cm de ancho, a 50 cm de altura desde de la base de la planta (Figura 25 A), evitar realizar el corte en áreas donde exista descomposición avanzada del tejido. Es necesario limpiar con papel toalla los fluidos de la planta para que no lleguen al suelo. Se recomienda realizar el corte inferior con una inclinación hacia abajo, a fin de que la mayor parte de fluidos queden retenidos en el pseudotallo.

Al momento de realizar el primer corte, si no se encuentra tejido afectado, se puede tomar una muestra adicional más abajo y ligeramente diagonal al primero. Retirar la primera capa de pseudotallo y colocarla sobre el plástico evitando el contacto con el suelo y conservarla hasta el final del proceso. La muestra debe consistir en fragmentos de pseudotallo con pudrición interna que indica la infección del patógeno (Figura 25 B). No se requiere un tamaño de muestra muy grande, es importante que la toma se realice en la zona de transición conteniendo tanto tejido afectado como tejido sano; tampoco debe recolectarse muestras de tejido con un notorio proceso de descomposición.

Luego, envolver los segmentos de tejido vegetal en papel absorbente, colocarlos dentro de la funda de papel (Figura 25 C) y ésta, a su vez, dentro de la funda plástica previamente etiquetada. Todo se colocará en una funda de cierre hermético bien sellada, procurando que no quede mucho aire en el interior. Las muestras de tejidos no deben tener contacto con el suelo, ya que esto aumenta el riesgo de propagación de la bacteria y contaminación de la muestra. Es importante recalcar que el técnico colector no debe tener contacto con las bolsas de plástico, será el técnico que le asiste el responsable de su manipulación. Una vez empacada la muestra, colocarla en un recipiente individual (hielera) con gel refrigerante. Finalmente, sellar con cinta el recipiente con las muestras.

Una vez extraídas las muestras, es importante colocar los fragmentos vegetales residuales dentro del agujero y volver a poner la primera capa de pseudotallo en el lugar original para taparlo y posteriormente cubrir el corte con cinta adhesiva (AGROCALIDAD, 2013; Delgado et al., 2014).



Figura 25. A) Corte de una ventana de 10 x 5 cm en el pseudotallo. B) Tejido vegetal con síntomas de la enfermedad y C) Colocación de la muestra en fundas de papel.



Plantación de banano afectada
por *R. solanacearum* en
la provincia de Los Ríos.





6. IMPORTANCIA E IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD EN PLANTACIONES QUE SE HAN CONFIRMADO LA PRESENCIA DE *R. solanacearum* RAZA 2

Una vez se encuentre confirmada la presencia del patógeno, se debe manejar las plantas infectadas de acuerdo con la resolución 072 (AGROCALIDAD, 2022). Se debe realizar la zonificación de la finca.

6.1. ZONIFICACIÓN DE LA FINCA

La zonificación se realiza delimitando tres zonas según la proximidad al área de infección inicial, estas áreas serán diferenciadas por los colores rojo, amarillo y verde (Figura 26), cada una tendrá un manejo diferente de acuerdo al color.

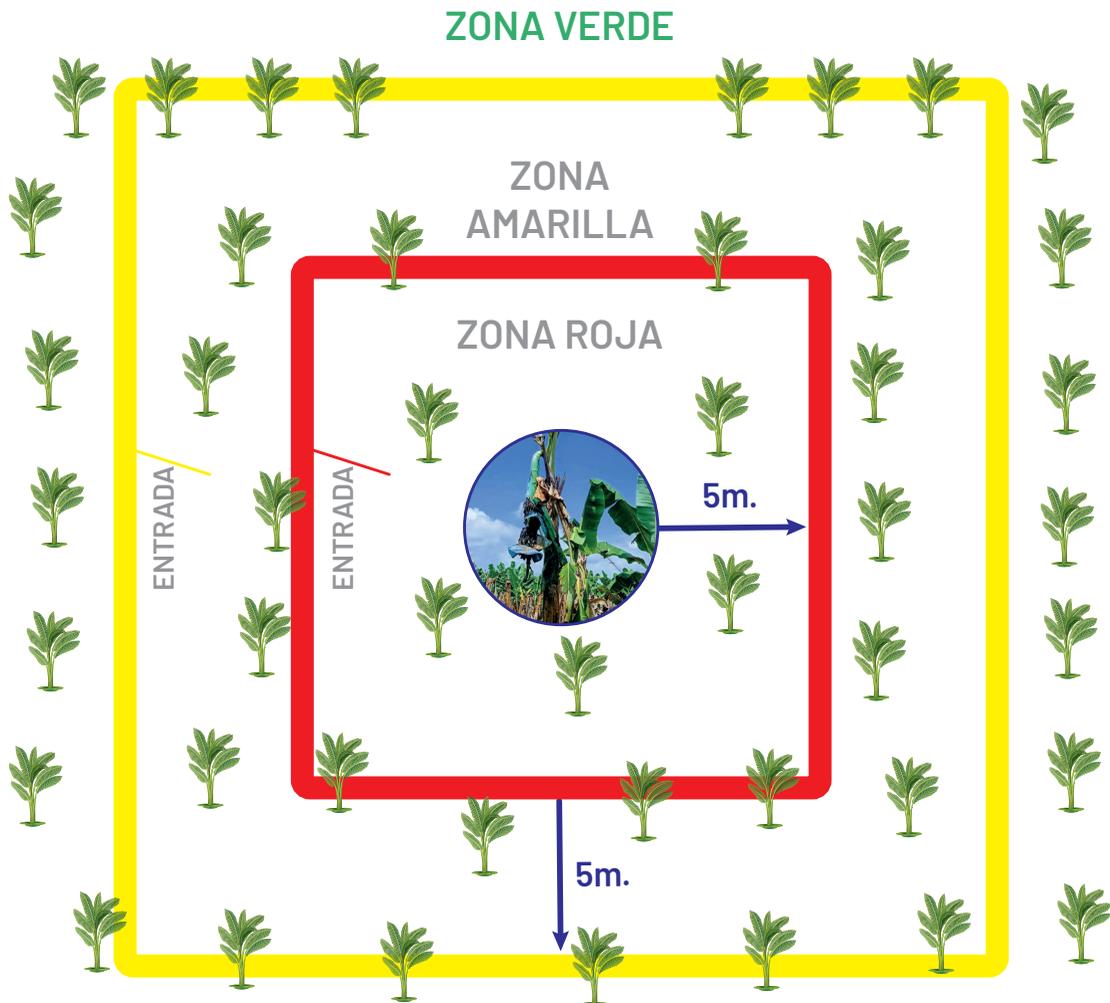


Figura 26. Zonificación de un brote dentro la plantación de musáceas.

A. ZONA ROJA

Es el área con mayor riesgo de contaminación por la presencia o el hallazgo de plantas con síntomas de la enfermedad, solo el personal técnico de AGROCALIDAD deben ingresar teniendo siempre la misma vía de entrada y salida. Esta área se delimita midiendo 5 metros desde cada lado partiendo de la planta infectada. Son de vital importancia las acciones como: colocar señales de restricción y el uso de productos desinfectantes preparados a base de Hipoclorito de sodio al 20 % o Amonio cuaternario 6 ml/l de agua.

El protocolo para la eliminación de las plantas en la zona roja (con o sin síntomas), indica que el personal autorizado debe participar en la supervisión y realización de las medidas de erradicación, las cuales consisten en la inyección de Glifosato, en por lo menos 5 partes diferentes del pseudotallo, a todas las plantas en forma helicoidal o en torno al eje. Tener en cuenta que la dosis a aplicar, depende de la edad y tamaño de las plantas. Para plantas adultas, la dosis estándar es de 25 ml, mientras que para las plantas hijas, 5 ml. Por otro lado, el control de arvenses en la zona debe realizarse mediante el uso de Glifosato y/o Glufosinato de anomio. Transcurridos cinco a siete días, monitorear el efecto del herbicida, si se diera el escenario que alguna planta inyectada no presentase síntomas de amarilleamiento, volver a aplicar el herbicida.

Aproximadamente 20 días posterior a la aplicación, el personal de AGROCALIDAD supervisará la ejecución de labores agronómicas como el troce del material vegetal entero dentro de la zona roja, incluidas las plantas en producción, las cuales, si hubiese un racimo, debe ser colocado en fundas plásticas incluido el raquis, para así evitar un contagio al exterior, a continuación, todas las partes deben ser asperjadas con una solución de amonio cuaternario. Se recomienda el uso de un producto a base de cobre (Sulfato de cobre), para la desinfección del suelo, cerrar herméticamente con plástico. Una vez instauradas las medidas de seguridad, realizar inspecciones mensuales del área durante seis meses.

B. ZONA AMARILLA

La finalidad de esta zona es servir como área de contención, separando la zona roja donde la enfermedad está presente, del resto de la plantación. Para ello, se delimitará un área con una distancia de 5 m alrededor del cerco, límite de la zona roja, donde se monitoreará la aparición de nuevas plantas infectadas. En caso de ocurrir una nueva planta afectada se ampliará el área en cuarentena (Figura 25). Al estar próxima a la zona roja, los frutos que se produzcan en esta área no podrán ser comercializados; por tanto, serán enfundados, eliminados y se aplicará cal (1000 kg/ha) en el mismo sitio mientras dure la cuarentena en la zona roja.



Esta área obligatoriamente estará demarcada con una cinta de aviso de prevención de entrada, donde solo el personal autorizado podrá ingresar a realizar las labores culturales tales como: la eliminación de las malezas o de los rebrotes de las cepas de plátano con herbicida. Además, la entrada debe contar con un pediluvio con desinfectante (amonio cuaternario 6 ml/l) para prevenir la diseminación de la bacteria presente en la tierra adherida al calzado, el mismo que deberá ser renovado periódicamente. La delimitación del área afectada es crucial, a fin de evitar la diseminación de este patógeno a áreas aledañas, quedando restringida la circulación de las personas no autorizadas o de los animales mientras dure la cuarentena oficial.

C. ZONA VERDE

Corresponde al área de la finca que no está infectada dentro de las zonas de cuarentena, es decir, áreas con plantas libres de este patógeno. En estas zonas es posible cosechar y comercializar los racimos con la debida habilitación de las autoridades competentes.

Zonificación de una plantación con síntomas de moko.



4. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. 5t. ed. Academic Press. San Diego, CA, USA. 922 pp.
- AGROCALIDAD. (2022). Plan de acción para el control de *Ralstonia solanacearum* raza 2 (Smith 1896) Resolución 072. AGROCALIDAD.
- AGROCALIDAD. (2013). *Ralstonia solanacearum* race 2 (Smith 1896) Yabuuchi et al. 1996. 2(Smith 1896).
- Berrie, A. (1997). "The Musaceae: the bananas". En: "An introduction to the botany of the major crop plants". Heyden, Londres. pp.113-116.
- Cedeño-Zambrano, J. R., García-Párraga, J. V., Solórzano-Cobeña, C. M., Jiménez-Flores, L. A. J.,
- Ulloa-Cortazar, S. M., López-Mejía, F. X., Avellán-Vásquez, L. E., Bracho-Bravo, B. Y., & Sánchez-Urdaneta, A. B. (2022). Fertilización con magnesio en plátano 'Barraganete' (Musa AAB) Ecuador. LA GRANJA. *Revista de Ciencias de La Vida*, 35(1), 8-19.
- Delgado, R., Morillo, E., Buitrón, J., Bustamante, A., & Sotomayor, I. (2014). First report of Moko disease caused by *Ralstonia solanacearum* race 2 in plantain (Musa AAB) in Ecuador. *New Disease Reports*, 30, 23.
- ESPAC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2021. www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-superficie-produccion-agropecuaria-continua-2021.
- Fegan, M., Allen, C., Prior, P., & Hayward, A. C. (2005). Bacterial wilt diseases of banana: evolution and ecology. *Bacterial Wilt Disease and the Ralstonia Solanacearum Species Complex*, 379-386.
- Grajales-Amorocho, M., & Muñoz-Loaiza, A. (2021). Prevention strategies of Moko *Ralstonia solanacearum* phylotype II race 2 in plántain (Musa AAB Simmonds), using a simulation model. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 71(3), 208-214.
- González, C., Arévalo-Peñaherrera, E., Díaz-Jimenez, A., Galindo-Álvarez, J., Rivero-Cruz, M. y Guerrero-Rojas, M (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de plátano (Musa spp.). Medidas para la temporada invernal. Primera edición. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá D.C. Colombia.
- López, M. (1984). El plátano. Ciudad de La Habana. Edit Pueblo y Educación, 304pp.
- Panigrahi, N., Thompson, A. J., Zobelzu, S., & Knox, J. W. (2021). Identifying opportunities to improve management of water stress in banana production. *Scientia Horticulturae*, 276, 109735.
- Pardo, J. M., López-Alvarez, D., Ceballos, G., Alvarez, E., & Cuellar, W. J. (2019). Detection of *Ralstonia solanacearum* phylotype II, race 2 causing Moko disease and validation of genetic resistance observed in the hybrid plantain FHIA-21. *Tropical Plant Pathology*, 44(4), 371-379.
- Plant Health Australia. (2009). Farm Biosecurity Manual for the Banana Industry, Reducing the risk of exotic and damaging pests, becoming established in crops (Version 1.0), *Plant Health Australia*, Canberra, ACT. 49p.



- Pérez-Vicente, L. (2015). Banana farm best practices for prevention of *Fusarium Wilt TR4* and other exotic banana diseases. *Fitosanidad*. 19(3), 243-250.
- Prieto Romo, J., Morales Osorio, J. G., & Salazar Yepes, M. (2012). Identificación de nuevos hospedantes de *Ralstonia solanacearum* (Smith) raza 2 en Colombia. *Revista de Protección Vegetal*, 27(3), 151-161.
- Ramírez, M., Neuman, B. W., & Ramírez, C. A. (2020). Bacteriophages as promising agents for the biological control of Moko disease (*Ralstonia solanacearum*) of banana. *Biological Control*, 149, 104238. doi:10.1016/j.biocontrol.2020.1042.
- Robinson, J. C., & Galán Saúco, V. (2010). Taxonomic classification, cultivars and breeding. Sánchez Jorge, M. A. (2021). *Ralstonia Solanacearum en el cultivo de plátano en el Ecuador*. BABAHOYO: UTB, 2021.
- Stover, R. H. (1972). Banana, plantain and a baca diseases. Commonwealth Mycological Institute. Kew. Surrey England. 316p .
- Tinzaara, W., Mutambuka, M., Oyesigye, E., Blomme, G., Dita, M., Gold, C. S., Rouard, M., & Karamura, E. (2021). Banana wilt diseases: Current status and future research strategies for their management. *International Journal of Pest Management*, 1-20.
- Thurston HD. (1984). Tropical Plant Disease. American Phytophological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 208 p.
- Vásquez, R., Romero, A. y Figueroa, J. (2005). Paquete Tecnológico para el Cultivo de Plátano. (ed.) Gobierno del Estado de Colima. N° 001. Colima, Mx. 72 p.

ABREVIATURAS

AGROCALIDAD Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario

COE Comité de Operaciones de Emergencia

DAPME Desarrollo de Agrotecnologías como estrategia ante la amenaza de enfermedades que afecten la Producción de Musáceas en el Ecuador

EETP Estación Experimental Tropical Pichilingue

INIAP Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

ISBN International Standard Book Number

MAG Ministerio de Agricultura y Ganadería

PDA papa dextrosa agar

UPA Unidad de Producción Agrícola

UPM Universidad Politécnica de Madrid

UTP Universidad Tecnológica del Perú

UV Universidad de Valencia

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Bacteria: Organismo microscópico que consta de células individuales. Las bacterias causan enfermedades en muchas plantas huésped. Pueden sobrevivir en residuos de cultivos, semillas o en el suelo y el agua; pueden propagarse por transferencia de plantas, medios mecánicos, insectos y semillas.

Chanta: Fibra que forma el psudotallo de las musáceas.

Cepa: Una cepa es una variante genética o subtipo de un microorganismo (por ejemplo, virus, bacteria u hongo).

Clorosis: Es una condición en la cual las hojas producen clorofila insuficiente. Como la clorofila es responsable del color verde de las hojas, las hojas cloróticas son pálidas, amarillas o de color blanco amarillento.

Control biológico: El control biológico se define como la reducción de las poblaciones de plagas (incluidos insectos, ácaros, malas hierbas y enfermedades de las plantas) por enemigos naturales. Los agentes de control biológico de enfermedades de las plantas suelen denominarse antagonistas.

Cultivares: Un cultivar es una planta cultivada que ha sido seleccionada y recibe un nombre único porque tiene características deseables (decorativas o útiles) que la distinguen de otras plantas similares de la misma especie.

Deschante: Es la limpieza de yaguas secas adheridas al pseudotallo, raíces absorbentes distribuida en la capa superficial del suelo.

Especie: Una especie es una de las unidades básicas de clasificación biológica. Una especie a menudo se define como un grupo de organismos capaces de cruzarse y producir descendencia fértil. Cada especie se ubica dentro de un solo género.

Gram-negativo: Las bacterias se han clasificado como Gram-negativas o Gram-positivas con respecto a las diferencias estructurales en sus paredes celulares. Muchas especies de bacterias Gram-negativas son patógenas. Esta capacidad patogénica suele estar asociada con ciertos componentes de las paredes celulares Gram-negativas.

Haces Vasculares: Los haces vasculares o conductores son responsables del transporte de agua y nutrientes a larga distancia por toda la planta. Las plantas muy desarrolladas tienen dos tipos de tejidos vasculares: el xilema y el floema.

Incidencia de la enfermedad: Numero de casos nuevos de una enfermedad, un síntoma, muerte o lesión que se presenta durante un período de tiempo específico, como un año.

Síntomas: Evidencia subjetiva de enfermedad o perturbación física. Es una reacción evidente de una planta a un patógeno y no es necesariamente visible. Diferentes patógenos pueden inducir síntomas similares.

Musácea: Una familia de árboles o hierbas arborescentes (orden Musales) que tienen flores agrupadas sujetas por brácteas espatáceas, un perianto de dos series petaloides, cinco anteras con un estaminodio y un bacato o fruto capsular.

Necrótico: Muerte de las células vegetales y del tejido vegetal. El tejido primero se vuelve marrón y luego muere.



Patógeno: Agente biológico que causa enfermedad a su huésped. Varios organismos diferentes pueden causar enfermedades infecciosas en las plantas. Entre ellos se encuentran hongos, bacterias, virus, nematodos o plantas parásitas.

Razas: Una raza está formada por un grupo de cepas bacterianas que se diferencian en función de la respuesta sobre un conjunto de hospedadores diferenciales.

Síntoma: Expresión de una enfermedad. Alteración o cambio de aspecto de los órganos de los árboles afectados por enfermedades, como respuesta a la presencia en los mismos de un organismo patógeno.

Xilema: El xilema es responsable del transporte de la savia cruda (agua y nutrientes) desde las raíces hasta las partes aéreas de la planta. *R. solanacearum* raza 2 es un patógeno que invade el xilema.



BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES

Pedro Terrero Yépez, Mgs.



Graduado de Ingeniero Agropecuario en el 2015 en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En el 2018 obtuvo su Maestría en Producción Agrícola Sostenible en la Universidad Técnica de Manabí. Del 2014 al 2018 fue Investigador Agropecuario del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), iniciando como tesista del Programa de Banano, Plátano y otras Musáceas y en el 2015 desempeñándose como investigador agropecuario del Departamento de Protección Vegetal del INIAP. En el 2018 fue Técnico de Sanidad Vegetal de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario en las áreas de vigilancia y certificación fitosanitaria con énfasis en musáceas. Desde el 2022 es Investigador y Responsable del Programa de Banano, Plátano y otras Musáceas del INIAP, ejecutando y liderando actividades del Proyecto de Inversión “Desarrollo de agrotecnologías como estrategia ante la amenaza de enfermedades que afecten la producción de Musáceas en el Ecuador”. Autor y coautor de más ocho publicaciones de artículos científicos. Registrado y Categorizado (REG-INV-22-05749) por la SENESCYT, como Investigador Auxiliar 1.

Paola Rodulfo M.Sc.



Ingeniero Agrónomo Fitotecnista con Maestría en Agronomía mención Protección Vegetal egresada de la Universidad Central de Venezuela, con experiencia laboral como investigadora en fitopatología, con énfasis en control biológico. Asesora a productores de rubros como hortalizas, ornamentales y frutales. Durante el periodo del 2019 al 2022 técnico en el área de Sanidad Vegetal de la Agencia de Regulación y control Fito y Zoosanitario “AGROCALIDAD” cubriendo los departamentos de Certificación y Vigilancia Fitosanitaria, principalmente en cultivos de la zona. Investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias “INIAP” en la línea de bacteriología y control biológico.



Karina Solis Higaldo, PhD.



Ingeniera Agrónoma, en el año 2003 obtuvo su especialización en Ingeniería Genética y Biología Molecular, en el 2005 su grado de Magister en Biotecnología en la Universidad de Guayaquil. Durante el 2013 al 2017, fue tesista en el Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, CITA-España y en el 2017 obtuvo su grado de Doctora en Ciencias Agrarias y del Medio Natural con Mención "CUM LAUDE", en la Universidad de Zaragoza, Aragón-España. Desde el año 2000 es investigadora del

Departamento de Protección Vegetal en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, en la actualidad ocupa el cargo de Subdirectora de Posicionamiento Estratégico del INIAP. Su experticia es la sanidad vegetal en cultivos tropicales con énfasis en el manejo integrado de plagas, modelos y recomendaciones para el manejo de enfermedades en cacao y plátano (musáceas), introduciendo el control biológico con especies de *Trichoderma* Pers. y hongos entomopatógenos. Realizando clínica y diagnóstico de problemas fitosanitarios, principalmente patógenos (hongos, oomicetos y bacterias) causantes de enfermedades en cultivos de la costa ecuatoriana, así como el estudio de las comunidades microbianas, su cultivo, selección in vitro e in situ, su caracterización microscópica y molecular. Dentro de su carrera profesional ha trabajado en varios proyectos de manejo integrado de enfermedades en cultivos tropicales. Ha participado como expositor y asistente a varios congresos, workshops, simposios, tanto nacionales como internacionales en España, Alemania, Colombia, Venezuela, Brasil, Costa Rica y Estados Unidos.

Edwin Borja Borja M.Sc.

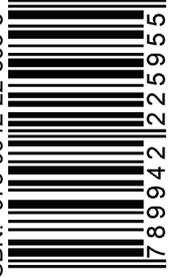


Ingeniero Agrónomo en la Universidad Estatal de Bolívar en 2009, becario de INIAP 2008, con un Máster en Biodiversidad: Conservación y Evolución de los Ecosistemas, premio extraordinario en la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Valencia, España 2016 - 2017. Estudiante del programa de doctorado en Biodiversidad y Biología Evolutiva, en la Universidad de Valencia, España desde 2019. Investigador agropecuario en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos DENAREF, Estación Experimental Santa Catalina, 2011 - Departamento de Protección Vegetal, de la EETP desde

2016 y del octubre 2018. Es autor y coautor de 22 publicaciones técnicas, científicas y de difusión en sanidad vegetal, manejo, conservación y usos de la agrobiodiversidad. Ha participado en proyectos como: SENESCYT, Fortalecimiento Institucional, Economía agrícola, Agrobiodiversidad, Etiología de la principal enfermedad de teca en Ecuador y rol de los insectos en su dispersión y Desarrollo de Agrotecnologías como estrategia ante la amenaza de enfermedades que afecten la producción de Musáceas en el Ecuador DAPME. Expositor y asistente en congresos nacionales e internacionales (Chile, Colombia, Corea del Sur y España). Investigador acreditado por la SENESCYT con la categoría Investigador Agregado 1 (No. REGINV-16-01543).



ISBN: 978-9942-22-595-5



9 789942 225955



EL NUEVO
ECUADOR 

**Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias**



@iniapecuador



@iniapec



@iniapecuador

www.iniap.gob.ec