



LA ENFERMEDAD DEL MARCHITAMIENTO BACTERIANO MOKO EN EL CULTIVO DE PLATANO

Análisis para la gestión de control
Estación Experimental Litoral Sur
Manual No. 134



EL NUEVO
ECUADOR 

Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias



PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Daniel Noboa Azín

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

Danilo Palacios

DIRECTOR EJECUTIVO INIAP

Raúl Jaramillo Velasteguí

DIRECTOR DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LITORAL SUR

Saúl Mestanza Velasco

AUTORES

Lenin Paz Carrasco-Jimmy Pico Rosado-Danilo Vera Coello

Daniel Navia Santillán-Fabián Fernández Anchundia

Ernesto Paredes Puga-Benny Avellán Cedeño

Mario Ramos Veintimilla-Luis Vera Tovar

COMITÉ TÉCNICO DE PUBLICACIONES

Eloy Orellana Hidalgo-Pedro Terreros Yépez

Manuel Jiménez Icaza-Daniel Navia Santillán

Elisa Quiala Mendoza-Valeria Bolaños Zúñiga

PALABRAS CLAVE

Plátano, *Ralstonia solanacearum*, control

FOTOGRAFÍA

Banco digital de fotografías del INIAP

DISEÑO

Unidad de Comunicación Social del INIAP

ISBN

978-9942-22-590-0

Primera Edición Electrónica: Enero de 2024

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas

Código postal: 170518 / Quito - Ecuador

www.iniap.gob.ec

CITA BIBLIOGRÁFICA DEL MANUAL

Paz, L; Avellán, B; Fernández, F; Navia, D; Paredes, E; Pico, J; Ramos, M; Vera, D; Vera, L. 2024. La enfermedad del marchitamiento bacteriano Moko en el cultivo de plátano. Análisis para la gestión de control. Yaguachi, EC, Estación Experimental Litoral Sur. 26 p. (Manual No. 134)

CITA BIBLIOGRÁFICA DE FIGURAS

(MATERIAL FOTOGRÁFICO) DEL MANUAL

Navia, D. 2024. (Daño del sistema radicular en banano por *Radopholus similis*). (Figuras/Fotografías). Yaguachi, EC, Estación Experimental Litoral Sur.

Paz, L. 2024. (Síntomas de la enfermedad del Moko en plátano; sistema de drenaje en banano; inflorescencia masculina y artrópodos asociados a ella; planta de plátano con racimo sin funda y con funda; morfología del picudo negro y picudo rayado; elaboración de trampa tipo cilindro de pseudotallo con *Beauveria bassiana*). (Figuras/Fotografías). Yaguachi, EC, Estación Experimental Litoral Sur.

Pico, J. 2024. (Plátano con saturación de agua en el suelo; pseudotallo con presencia de desarrollo de *Beauveria bassiana*, tratamiento hidrotérmico de colinos de plátano). (Figuras/Fotografías). La Joya de los Sachas, EC, Estación Experimental Central de la Amazonía.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA PROHIBIDA SU VENTA



**EL NUEVO
ECUADOR**

**Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias**



PREFACIO

La enfermedad del marchitamiento bacteriano Moko (literalmente conocida como enfermedad del Moko o simplemente Moko) que afecta al cultivo de plátano (AAB) es causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al. raza 2 biovar 1 del grupo genético filotipo II. Un filotipo que está relacionado a un grupo genético que presenta variación en el análisis de la secuencia de la región intergénica 16s-23s ARNr y del gen de la endoglucanasa de la bacteria.

Ralstonia solanacearum provoca en la planta un marchitamiento, que se manifiesta inicialmente con un amarilleamiento y colapso funcional de las hojas jóvenes del tercio superior. La hoja cigarro u hoja bandera como también se la conoce expresa un síntoma de necrosis; progresivamente este daño, llega a alcanzar a todas las hojas del tercio medio e inferior de la planta de plátano.

El pseudotallo presenta en su meristemo central una necrosis en forma de puntos que se ciñe en los tejidos del sistema vascular.

Cuando el racimo es afectado, este adquiere una madurez prematura y de color amarillo producto de la infección; en su interior, se evidencia una pudrición seca.

La bacteria tiene una movilidad sistémica que se transloca por los haces vasculares comprometiendo así, todas las estructuras botánicas de la planta; motivo por el cual, esta unidad productiva se constituirá en un sitio infeccioso.

En la Figura 1(a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l) se pone de manifiesto los síntomas de la enfermedad del Moko en las diversas partes botánicas de la planta de plátano antes descritas.

SÍNTOMAS DE MOKO EN LAS HOJAS



(1a)



(1b)



(1c)

SÍNTOMAS DE MOKO EN EL PSEUDOTALLO



(1d)



(1e)

SÍNTOMAS DE MOKO EN EL RAQUIS



(1f)



(1g)

SÍNTOMAS DE MOKO EN EL RACIMO



(1h)



(1i)

SÍNTOMAS DE MOKO EN LOS DEDOS



(1j)



(1k)



(1l)



A lo indicado, *R. solanacearum* puede sobrevivir en el suelo por años y, con una facultad de llegar a parasitar (infectar) varias especies de malezas e incluso, estar de manera asintomática favoreciendo de esta forma la sobrevivencia de la bacteria.

La patogénesis de la enfermedad del Moko se inicia cuando *R. solanacearum* entra a la planta a través de heridas en el pseudotallo, en los puntos de salida del sistema de raíces secundarias y, por el daño al sistema radicular como tal. Una vez, que *R. solanacearum* se encuentra en el interior de la planta de plátano, la bacteria se moviliza por los haces vasculares hasta colonizar el xilema. Después del proceso de colonización, la planta se marchita y muere, lo que promoverá a que *R. solanacearum* retorne al suelo y pueda sobrevivir por un tiempo indeterminado como saprófito de vida libre o, asociarse con los restos de la planta.

Ralstonia solanacearum puede moverse por el agua de riego y a larga distancia por medio de material vegetal infectado. Además, la bacteria puede ser dispersado por máquinas y equipos agrícolas. Existen también la probabilidad que la bacteria contamine fuente de agua y que determinados tipos de insectos actúen como dispersores de las células bacterianas de una planta enferma a una planta sana.

IMPORTANCIA DEL CONTROL DEL MOKO EN PLÁTANO

De acuerdo con la Información Nacional Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Ecuador, existen 128.861 ha sembradas de plátano con una producción de 763.455 t; en las que participan 110.237 personas para el proceso productivo de esta musácea.

Debido a la versatilidad biológica de la bacteria *R. solanacearum*, esta va a prevalecer en el suelo de una plantación de plátano cuando la misma es contaminado (infestado) con el organismo; constituyéndose así, en un riesgo epidemiológico al ser un sitio infeccioso que facilitará la dispersión de la enfermedad hacia otras áreas plataneras que están exenta de la enfermedad del Moko.

Seguidamente, se requiere direccionar una gestión que implique emplear estrategias oportunas y eficientes utilizando métodos y principios de control para reducir el impacto negativo de esta enfermedad bacteriana; y que, al no actuar con procedimientos técnicos repercutirá desfavorablemente sobre la producción de plátano a nivel nacional e igual, con su comercialización interna y exportable.

Se persigue, a que las estrategias que serán mencionadas más adelante en este Manual favorezcan: (i) la sostenibilidad de la producción del plátano, (ii) la sostenibilidad del ecosistema agrícola y medio ambiente y (iii), que las condiciones sociales y económicas beneficien al productor platanero de forma que sea permanente con instancias de llegar a mejorar su calidad de vida.

IDENTIFICACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL MOKO EN PLÁTANO

Al ser *R. solanacearum* una plaga regulada en el cultivo de plátano en Ecuador; la identificación y el diagnóstico de este organismo patógeno deberá ser oportuno e inmediato para corroborar la presencia de la enfermedad del Moko. Para aquello, se deberá recurrir a cualquier unidad distrital u oficina más cercana de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (AGROCALIDAD) o, a un Laboratorio de Fitopatología de cualquier Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) como un enlace comunicacional para los casos sospechosos de la enfermedad con AGROCALIDAD.

Ante esto, AGROCALIDAD tomará las acciones fitosanitarias necesarias para determinar: (i) el hallazgo inicial, (ii) la identificación sintomatológica y diagnóstico, (iii) la identificación de áreas de riesgo y la detección de nuevos brotes infecciosos.

Los puntos antes indicados van a permitir que la Agencia proceda con la activación del plan de acción en el área del brote con medidas como: (i) la zonificación roja, amarilla y verde donde se ha confirmado la presencia de la enfermedad del Moko, (ii) el manejo del brote y de la zonificación y (iii), la implementación de medidas de bioseguridad (Figura 2).

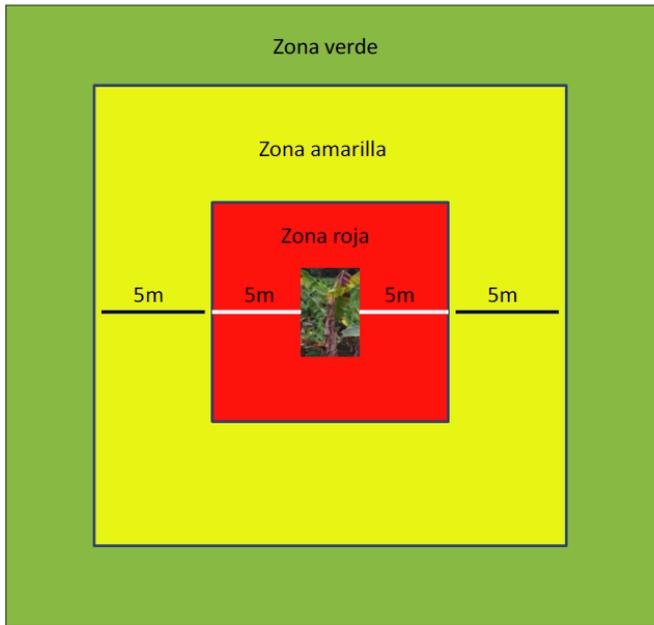


Figura 2. Zonificación del brote con la enfermedad del Moko recomendada por AGROCALIDAD.

De manera sistemática, AGROCALIDAD articulará con su personal técnico los puntos donde se establezca la sospecha y la presencia de la enfermedad del Moko.

Estas decisiones son parte de las medidas de protección de cultivos para una gestión integrada de control de esta plaga bacteriana del suelo que origina repercusiones negativas para la producción de plátano en el país y que, su dispersión y establecimiento a los diversos suelos donde se siembra este cultivo e incluso banano, puede llegar a provocar perjuicios sociales y económicos en la cadena productiva de estas musáceas.

Por lo tanto, los agricultores y productores plataneros recibirán por parte de AGROCALIDAD el acompañamiento oficial para el manejo de las zonificaciones antes indicadas.

MÉTODOS DE CONTROL PARA EL MOKO EN PLÁTANO

CONTROL GENÉTICO

En Ecuador, no se dispone de un cultivar comercial de plátano que sea resistente a *Ralstonia solanacearum*. Esto establece que el plátano local es susceptible para este patógeno bacteriano favoreciendo el desarrollo de la enfermedad del Moko.

De acuerdo con lo expresado, se sugiere que para el establecimiento de nuevas plantaciones de plátano se lo realice con material de siembra (semilla) proveniente de procesos biotecnológicos como la micropropagación de tejidos. Las plantas de plátano que derivan por este método garantizan la no existencia de infección por *R. solanacearum* y de la no presencia de la enfermedad del Moko y de otras enfermedades causadas por patógenos sistémicos.

La seguridad de este método de obtención de plantas de plátano es que durante el proceso para llegar a plántulas y a plantas en estado de desarrollo para su siembra; entran de manera periódica, a un análisis por pruebas de laboratorio como las: biológicas (plantas indicadoras, caldo nutritivo), físicas (microscopía de luz, inmunofluorescencia) y, molecular y químico (serológico, PCR-Reacción en Cadena de la Polimerasa-, RAPD-Random Amplified Polimorphic DNA / Fragmentos Polimórficos Amplificados al Azar, LAMP- Loop Mediated Isothermal Amplification y, perfil de ácidos grasos).

Otro aspecto interesante, es que la descendencia de los hijos de la planta madre de origen meristemático sano pueden ser utilizados por los productores plataneros para la micropropagación por medio de un método artesanal de cámara térmica.

La cámara térmica va ayudar a la activación de yemas o brotes en estado latente que serán utilizados para la generación de un "semillero" de plántulas de plátano sanos que posteriormente, serán llevados a fases de pre vivero y vivero para los cuidados agronómicos y fitosanitarios de las plantas en mención.

El uso de plantas meristemáticas y de la cámara térmica por parte del productor platanero deberán tener el asesoramiento y el seguimiento técnico del personal oficial del Ministerio de Agricultura (MAG) y de AGROCALIDAD como instituciones públicas con responsabilidad para el seguimiento del manejo de material de micropropagación.

Es importante resaltar, que el plátano como especie vegetal es susceptible a infecciones por nemátodos, hongos, bacterias y virus fitopatógenos. Por lo tanto, cormos, colinos, cebollines e hijos que proceden de plantaciones enfermas, se transforman en "vehículos" de inóculo de cualquiera de estos organismos fitopatógenos y que serán por esta vía, dispersados muy rápidamente.

La meta es tener un producto de plantas sanas, como una estrategia, para precautelar la seguridad alimentaria local e internacional y la economía del agricultor y del país.



CONTROL CULTURAL

Para un adecuado control cultural sobre *R. solanacearum* en el cultivo de plátano es necesario conocer la etiología y la epidemiología de la enfermedad del Moko, con la finalidad de que las prácticas culturales a implementarse sean más eficientes y limiten la dispersión de este patógeno bacteriano.

¿Qué es importante conocer sobre esta bacteria?

La forma en que sobrevive.

El tipo de parasitismo.

Especies vegetales huéspedes.

La facultad que tiene de permanecer en el suelo.

La facultad que tiene para poder sobrevivir en el agua.

La facultad que tiene para sobrevivir en un suelo húmedo.

El pH del suelo óptimo para el desarrollo biológico y su accionar patogénico sobre la planta de plátano.

La información obtenida de aquellas interrogantes permitirá actuar con prácticas culturales certeras para: reducir el inóculo (yo) bacteriano de *R. solanacearum*, disminuir la tasa de progreso de la enfermedad del Moko (r) en varios ciclos del cultivo del plátano en el campo o, la reducción del tiempo (t) por exposición de las plantas de plátano a *R. solanacearum*.

Una práctica cultural que debe sobresalir en ambientes contaminados con la enfermedad del Moko es la desinfección de las herramientas que se emplean en las labores agrícolas del cultivo de plátano; debido, a que la bacteria que está presente en los fluidos de la planta enferma, puede ser fácilmente adherida en los implementos agrícolas que se está utilizando; facilitando, la transmisión mecánica de *R. solanacearum* a plantas de plátano sanas.

Para efecto de la desinfección se recomienda una solución de hipoclorito de sodio o amonio cuaternario con una exposición por 10 y 30 segundos respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sustancias químicas con concentración inicial comercial local y dosis final a ser preparado para la desinfección de herramientas y calzado.

Sustancia química desinfectante	*Concentración (%) inicial comercial de la sustancia química	Dosis final de preparación (mL/L)
Hipoclorito de sodio	7	100
Amonio cuaternario	80	1,5

*Concentración disponible en el mercado ecuatoriano de suministros de desinfectantes. Hipoclorito de sodio 7 % y amonio cuaternario 80 %.

En el Anexo del Manual se explica los cálculos para determinar la dosis de mililitros (mL) del producto comercial (concentración inicial del desinfectante) a ser tomado para la preparación de un litro (L) de solución final del desinfectante.

Para una efectiva acción de la desinfección de las herramientas que se utilizan directamente en el cultivo de plátano, se deberá disponer de juegos de la misma y, a la solución del desinfectante, se recomienda adicionar un colorante indicador (por ejemplo: rodamina, cristal violeta) lo que nos dará una guía visual de que la herramienta que se está empleando ya fue previamente sometido a la desinfección y así, sucesivamente con cada uno del grupo de herramientas que se están empleando en la labor agronómica.

Las botas de los operarios agrícolas también deberán ser sometidos a la desinfección con las soluciones ya descritas; para lo cual, se recomienda el uso de pediluvios a la entrada de la plantación o áreas cultivadas de plátano.

Las ruedas de cualquier medio de movilización (motos, bicicletas, vehículos) pasarán por el sistema de la desinfección; para efecto de la misma, distancia antes de la entrada de la plantación platanera, se deberá disponer de una tina de hormigón de acuerdo a las características técnicas de diseño fitosanitario sugerido por AGROCALIDAD.

Además, el manejo de la cosecha, el traslado de la fruta a la empacadora y el empaqueo de la misma, deberán seguir los protocolos que garanticen un producto de consumo de calidad y sin riesgo de diseminación de organismos patógenos a las áreas poblacionales rurales, urbanas y externas del país.

a) Rotación de cultivo

La rotación de cultivo tiene como objetivo fundamental reducir la sobrevivencia de la bacteria patógena por la eliminación de la planta huésped o, por la descomposición de los restos del cultivo de plátano.

Es importante considerar y recalcar que *R. solanacearum* tiene un número elevado de especies vegetales consideradas huéspedes alternativos; lo que faculta, para que la medida de implementar una rotación de cultivo no sea tan eficiente.

Esta estrategia de rotación de cultivo deberá ser analizada técnicamente de acuerdo con el ecosistema local donde se encuentra la plantación de plátano afectada con los especialistas oficiales de AGROCALIDAD y del INIAP.

b) Eliminación de los restos del cultivo de plátano de la plantación afectada

Es una práctica que está estrechamente relacionada con la rotación de cultivo, esta consiste en eliminar los restos del cultivo de plátano que le sirve a la bacteria como sustrato para su sobrevivencia. Al no eliminar aquellos restos del cultivo, este se constituirá en una fuente de inóculo primario para el ciclo epidemiológico de la enfermedad del Moko.



Durante el proceso de la eliminación del material vegetal este deberá entrar a un proceso de troceado y sobre este material vegetal realizar aspersiones uniformes con alto grado de humectación con un coctel de comunidad microbiana benéfica (consorcio microbiano benéfico) para promover una descomposición rápida de la misma y que en ella, actúen organismos con actividad supresora sobre *R. solanacearum*.

Este sitio tratado se lo deberá cubrir con una membrana plástica de color negro complementado con la construcción de una zanja a su alrededor; para evitar, que los fluidos de la bacteria se movilicen hacia unidades productivas de plátano libres de la enfermedad del Moko.

c) Incorporación de materia orgánica

Para mejorar la salud del suelo en los casos donde estuvo la unidad productiva enferma con el patógeno bacteriano; este sitio, deberá recibir la incorporación de materia orgánica de buena calidad conociendo de ella el contenido y la proporción de elementos químicos y las Unidades Formadoras de Colonia (UFC) de hongos y bacterias; por lo que es necesario, realizar a ella los análisis respectivos en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), Estación Experimental Litoral Sur (EELS), Estación Experimental Santa Catalina (EESC) o, en la Estación Experimental Central de la Amazonía (EECA) del INIAP.

Los resultados permitirán estandarizar y promover una adecuada recomendación técnica para favorecer: (i) la disponibilidad de elementos químicos esenciales para la nueva unidad productiva sana y (ii), con el aumento de organismos supresores y endófitos al microbioma del suelo.

Otro aspecto para el control de la bacteria, es que *R. solanacearum* su abundancia poblacional de las células bacterianas pueden incrementarse en la rizosfera del suelo cuando el pH está en niveles del rango de 4,90 a 5,60. Para aquello, se deberá tener el asesoramiento y el apoyo técnico de especialistas en química de suelo y microbiólogos de la EETP, EESC y de la EELS.

De manera sistemática y periódica, se necesita el manejo técnico del pH del suelo para que este beneficie: (i) a la comunidad de organismos supresores y endófitos y (ii), a la fisiología de la planta de plátano para la asimilación efectiva de los elementos minerales esenciales para el metabolismo celular de la planta de plátano para sus fases vegetativa y reproductiva.

Concomitantemente, la corrección del pH del suelo deberá afectar aquella dinámica de la multiplicación celular de *R. solanacearum* y beneficiar a la planta de plátano para sus procesos fisiológicos.

En otro punto, el contenido de nitratos en el suelo favorece a la virulencia y a la modulación de la expresión de exopolisacáridos de *R. solanacearum* constituyendo un rol de importancia en la patogénesis de la enfermedad del Moko.

El nitrato en el suelo es abundante y móvil y, relativamente alta y concentrada en la savia de la xilema de la planta. Otra fuente de nitrógeno como el amonio, deberá ser investigada y analizada su rol sobre la patogénesis de la enfermedad del Moko.

Por lo tanto, se requiere mejorar la acidificación del suelo a ligeramente ácido en rangos de pH 6,0 a 6,5 que ayudará a suprimir el marchitamiento e incidir negativamente sobre el crecimiento poblacional de *R. solanacearum* y, que paralelamente, se estará beneficiando directamente sobre el aumento de bacterias beneficiosas en la región de la rizosfera.

El manejo del pH del suelo en plantaciones de plátano con evidencia de la enfermedad del Moko deberá ser gestionado técnicamente por profesionales en química y microbiología de suelos con la supervisión oficial de AGROCALIDAD, con la finalidad de realizar una correcta enmienda.

d) Riego

Toda fuente de agua para riego deberá ser analizada si está libre de *R. solanacearum* por medio de procedimientos microbiológicos y moleculares estandarizados y que son estos realizados, por los Laboratorios de AGROCALIDAD, EETP, EESC y EELS.

Otro aspecto que debe analizarse es el tipo de riego a ser utilizado (cañón, microaspersión, goteo, inundación) y si estos sistemas de suministro de agua para la planta de plátano, llegan a ser influyentes en la dispersión de la bacteria.

e) Drenaje

La bacteria *R. solanacearum* tiende a prevalecer y dispersarse en ambientes con alta humedad edáfica como son los casos de agua por escorrentía e inundación. En este sentido, es recomendable que dentro de la ingeniería de planeación del cultivo del plátano se deben considerar aspectos físicos del suelo (francos, sueltos y bien drenados); así como, el diseño y la construcción de sistemas de drenajes eficaces y eficientes (de acuerdo a la topografía física del suelo de la localidad), que faciliten la evacuación del exceso de humedad del área de la rizosfera desfavoreciendo a la bacteria cuya preferencia de entrada para el inicio de la infección, es el sistema radicular Figura 3 (a, b).



(3a)



(3b)

Figura 3. Ilustración (a) de una plantación de plátano con saturación de agua en el suelo y (b), un sistema de drenaje en el cultivo de banano que puede servir de guía para el cultivo de plátano.

f) Enfunde

Una planta de plátano infectada por la bacteria llega a exudar en su bellota (inflorescencia), una secreción conteniendo células bacterianas de *R. solanacearum* atrayendo insectos voladores como: *Trigona* (abeja), *Polybia* (avispa) y *Drosophila* spp. (mosca de la fruta) que interactúan con aquellos contenidos expulsados facilitando de esta manera, la dispersión de la bacteria para ejercer nuevas inoculaciones biológicas a unidades productivas de plátano sanas en fase de floración (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Diversidad y variabilidad de artrópodos capturados en cartilla pegajosa.



Figura 5. Presencia de dos especies de artrópodos en las flores masculinas.

Una inflorescencia infectada con la bacteria, el organismo como tal, tendrá una movilidad sistémica de translocación por todos los haces vasculares, iniciando por el pedúnculo seguido del pseudotallo hasta el cormo para finalmente llegar a otras partes de la planta de plátano. Este hecho infeccioso facilita a que la bacteria pueda ser llevada por transmisión mecánica cuando se realice las labores culturales de mantenimiento de la plantación de plátano.

Una estrategia será el desbellote cuando se forme la mano falsa y la bioprotección del racimo con fundas diseñadas para todas las unidades productivas de plátano muy similar a lo que se da con las plantas de banano exportable (Figuras 6 y 7).

En estas labores agronómicas se deberá mantener la prevalencia y la rigurosidad con las medidas de fitoprotección (desinfección) a todas las herramientas utilizadas en estas prácticas culturales; además, de no realizar heridas no justificadas a la planta de plátano.

Adicionalmente a lo indicado, el enfunde favorece: (i) a un acelerado desarrollo de los frutos, (ii) protección al daño que pueden ocasionar otros insectos como: *Colaspis* spp. y *Thrips* spp. y (iii), tener frutos de excelente calidad física.

Estas fundas de protección deberán seguir las consideraciones técnicas pertinentes según las normas y regulaciones de AGROCALIDAD establecidas para su empleo.



Figura 6. Inflorescencia de plátano sin protección con funda.



Figura 7. Racimo de plátano protegido con funda.

g) Captura de insectos nocturnos

Los principales insectos nocturnos atraídos por los componentes volátiles expulsados por la planta de plátano durante la descomposición o degradación es el picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) Figura 8 (a, b) y el picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) Figura 9 (a, b, c).

El picudo negro posee una metamorfosis completa es decir, que este insecto pasa por los estados biológico de huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras ovipositan en los cormos o cepas en un orificio realizado por el insecto con el apoyo de su aparato bucal.

Para efecto de control de estos insectos se deberá utilizar trampas especializadas para el monitoreo y captura de las mismas. Estos insectos tienen una particularidad de moverse a corta distancia y muy rara vez llegan a volar.

El picudo negro se moviliza a nuevas plantaciones de plátano por la siembra de material vegetal infestado que llevan huevo, larva, pupa y al adulto del insecto; de ahí, la necesidad de seleccionar material vegetativo sano donde no se evidencie excavaciones, galerías, túneles que son características propias del daño que ocasiona el picudo negro.

El picudo negro manifiesta sensibilidad a los cambios de temperatura siendo inactivo a temperaturas menores a los 18 °C y mayores a los 40 °C; y, con preferencia a la humedad.



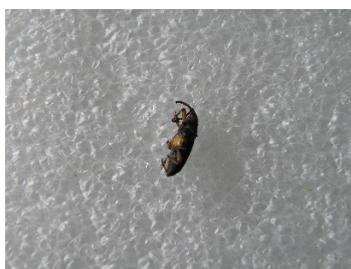
Figura 8a. Adultos de picudos negro presentes en el pseudotallo.



Figura 8b. Morfología del adulto de picudo negro en posición dorsal y ventral.



(9a)



(9b)



(9c)

Figura 9. Morfología del adulto de picudo rayado en posición: (a) dorsal. (b) lateral. (c) ventral.

El control de estos insectos ayudará a disminuir los riesgos de dispersión de la bacteria por adherencia de ella en el cuerpo del insecto y por la movilidad de estos en periodos nocturnos.

CONTROL BIOLÓGICO

a) Picudo negro y picudo rayado

Para el control del picudo negro y del picudo rayado se recomienda el empleo de una trampa física elaborada a partir del pseudotallo de plantas de plátano sanas recién cosechadas o que mantengan aún, su consistencia de firmeza física.

La trampa consiste de preparar dos tajadas tipo cilindro de 50 cm de longitud donde se incorporará en la superficie interna al hongo biocontrolador *Beauveria bassiana*. En la Figura 10 (a, b, c, d, e, f, g, h, i) se especifica el proceso metodológico para la elaboración de una trampa tipo cilindro.



(10a)



(10b)



(10c)



(10d)



(10e)



(10f)



(10g)



(10h)



(10i)

Figura 10. Presencia de micelio del hongo *Beauveria bassiana* en el pseudotallo y, el proceso artesanal de elaboración de una trampa tipo cilindro con adición del hongo para el biocontrol de los picudos negro y rayado.

Para aprovechar esta estrategia biológica de manejo de los picudos; el personal técnico de AGROCALIDAD y del INIAP darán las indicaciones de los procedimientos de selección del pseudotallo, la confección de la trampa, el número de trampas por hectárea y, la preparación artesanal de *B. bassiana* y la cantidad en gramos del hongo a ser agregada a la trampa.

b) Nemátodos fitoparásitos

Los nemátodos son organismos multicelulares; su alimentación va a depender del tejido de la planta para su crecimiento, desarrollo y reproducción siendo, por lo tanto, parásitos obligados.

La asociación biológica del nemátodo con la planta ha permitido a que este organismo evolucione su sistema digestivo como: el desarrollo de un estilete y, un crecimiento con cambios en las funciones fisiológicas de las glándulas esofágicas. Por lo tanto, los nemátodos fitoparásitos se caracterizan por poseer un estilete provisto de un conducto interior y, una musculatura que permite a que el órgano sea retráctil y que pueda introducirlo dentro de la raíz y los tejidos de la planta para su alimentación.

Los nemátodos tienen una particularidad de moverse en el suelo de forma aleatoria con periodos de actividad que son intercalados con etapas quiescente hasta la localización del sistema radicular de la planta huésped.

Los suelos secos o saturados con humedad son condiciones abióticas que desfavorecen a los nemátodos. La presencia de agua es esencial para la sobrevivencia y movimiento de los nemátodos. Este organismo tiene una preferencia de vivir en una película de agua que incluye a su vez a las partículas del suelo.

Un aspecto a ser considerado, es que, si la película de agua es muy fina, la tensión superficial inhibirá el movimiento del nemátodo. Además, si el suelo se encuentra en una condición de encharcado; también, generará déficit de oxígeno y dificultad para el movimiento del nemátodo.

Se ha llegado a establecer, que los nemátodos se encuentran muy activos en el rango del 40 al 60 % de capacidad de campo.

Las interacciones entre nemátodos y bacterias deben ser analizadas considerando los siguientes principios:

1. Nemátodos que facilitan la penetración de bacterias en la planta a través de lesiones.
2. Nemátodos que incrementan la susceptibilidad del huésped a bacterias mediante la modificación del tejido de la planta.
3. Nemátodos que bloquean la capacidad del huésped a resistir los ataques de bacterias fitopatógenas.
4. Nemátodos que originan cambios en el microbioma bacteriano.

Los nemátodos *Helicotylenchus multincinctus*, *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus coffeae* y *Radopholus similis* son comunes en afectar el sistema radicular de la planta de banano y plátano.



En la Figura 11 se manifiesta los síntomas de daño que ocasiona *R. similis* en el sistema radicular de la planta de banano.



Figura 11. Daño del sistema radicular en banano por *Radopholus similis*.

Por lo tanto, previo a un análisis nematológico del sistema radicular del hijo de la planta de plátano en estado fisiológico de floración como del suelo de la misma unidad productiva, servirán para proponer una gestión para el control de los nemátodos fitoparásitos con la aplicación de hongos o bacterias (o, de un consorcio hongos-bacterias) benéficas sugeridas por el Laboratorio de Nematología de la EELS.

Es relevante considerar a que un simple cambio del pH del suelo y, una mayor cantidad de materia orgánica puede influir a que el organismo benéfico actúe de acuerdo a su función requerida o, puede llegar actuar como un saprófito.

Esta acción, con los organismos benéficos permitirán a que lleguen a ser parte del microbioma del suelo y de la rizosfera de la planta de plátano dando así, una sostenibilidad biológica, calidad y salud del suelo agrícola.

CONTROL POR MÉTODO FÍSICO

a) *Inmersión en agua caliente de cormos y colinos de plátano establecido para el control de picudos y nemátodos*

En la resiembra convencional con cormos, colinos, "cebollines" e hijos de plátano, estos deberán proceder de plantaciones de plátano que han sido corroboradas con la no presencia de la enfermedad del MOKO siguiendo las disposiciones en resolución, regulación y normas técnicas del MAG y de AGROCALIDAD.

Estas estructuras botánicas utilizadas como “semilla” de siembra, deberán someterse a una limpieza profunda y saneo total para luego, sumergirla en agua caliente con temperatura promedio de 55 °C por 20 minutos. Esta práctica térmica ayudará a controlar infestaciones de picudos y nemátodos fitoparásitos (Figura 12).



Figura 12. Tratamiento con agua caliente de colinos de plátano saneados físicamente para el control de picudos y nemátodos fitoparásitos.

CONTROL QUÍMICO

a) Sitios sanos para la siembra y resiembra de cormos y colinos de plátano

Para la siembra y resiembra de material vegetal sano en lotes libres de la enfermedad del Moko, en renovación y, con unidades productivas sanas recibirán un tratamiento con un insecticida nematicida regulado y recomendado para el control de insectos plaga del suelo y de nemátodos.

El manejo de esta sustancia química en aquellos sitios deberá ser acompañada con el personal técnico de AGROCALIDAD.

b) Focos de la enfermedad del Moko

Un foco está definido según la Real Academia de la Lengua Española (RAE) como el lugar donde se da la aparición de una enfermedad en una explotación o lugar determinado.

De acuerdo a este concepto interpretativo, al darse casos de focos con la enfermedad del Moko en una plantación de plátano estas unidades productivas deberán ser erradicadas y de manera inmediata se deberá emplear de forma tentativa y provisional un fumigante que sea autorizado y regulado por AGROCALIDAD como es el 3,5-dimethyl-1,3,5- thiadiazinane-2-thione (Dazomet®) con una asistencia técnica obligatoria y periódica de la Agencia.

La concentración y la dosis del producto a ser empleada y la frecuencia de esta molécula química deberá ser para controlar la bacteria con mínimo riesgo para afectar el microbioma benéfico y supresor existente en el suelo.

Los procesos de la dosificación y de la aplicación deben ser acompañados exclusivamente por el personal técnico de AGROCALIDAD y un representante de la empresa ofertante del fumigante como estrategias de precautelar la salud de los operarios y el agroecosistema donde se desarrolla el cultivo de plátano.

Por lo que, de manera concomitante, se sugiere hacer la evaluación de la carga microbiana del suelo de los sitios donde se procedió con la fumigación de esta sustancia química en los Laboratorios de AGROCALIDAD, EETP, EESC, EELS y EECA.

Además, complementario al análisis microbiológico, se deberá hacer un seguimiento periódico de la medición del pH del suelo y, de los compuestos químicos que se llegaron a estructurarse químicamente en el suelo como: NH_4^+ , SO_4^- , HCO_3^- y NO_3^- y que deberán ser corroborados en el Laboratorio de la EETP, EELS o de la EESC para conocer si estos parámetros químicos pueden estar influenciando sobre la población de *R. solanacearum*.

c) **Especies vegetales huéspedes de *R. solanacearum***

Especies vegetales como: *Asclepias curassavica*, *Cecropia peltata*, *Heliconia latispatha*, *H. caribaea*, *H. imbricata*, *Piper aurilum*, *P. peltatum*, *Ricinis communis*, *Solanum hirtum*, *S. nigrum*, *S. umbellatum*, *S. verbascifolium* son consideradas huéspedes de *R. solanacearum*. El desarrollo voluntario de *Musa velutina* en algunas localidades de producción de plátano deberá ser investigado su rol en la epidemiología de la enfermedad del Moko (Figura 13 y 14). No se descarta que otras especies vegetales sean huéspedes de esta bacteria fitopatógena.



Figura 13. *Musa velutina*



Figura 14. Infestación de artrópodos en la inflorescencia de *Musa velutina*

Otras especies como: *Ensete ventricosum*, *H. aurea*, *H. episcopalis*, *H. laneana*, *H. richardiana*, *H. spathocircinata*, *H. velloziana* y *Anthurium* deberán ser identificadas en las plantaciones de plátano y estudiado estas su impacto en el ciclo epidemiológico de la enfermedad del Moko por personal técnico especializado del INIAP y de AGROCALIDAD.

El control de las especies vegetales huéspedes de la bacteria requiere ser gestionado por un acompañamiento y seguimiento profesional por Técnicos en el área de malezas y agronomía de AGROCALIDAD, EETP, EELS y EECA.

PRINCIPIOS DE CONTROL

a) Exclusión

Las medidas de exclusión tienen como objetivo evitar la introducción de *R. solanacearum* a una localidad como tal; sea esta una provincia, cantón, parroquia, recinto y propiedad agrícola donde se da la producción de plátano sin declaración de infestación por parte de la bacteria.

Las principales medidas de exclusión son las resoluciones oficiales emitidas por AGROCALIDAD que se encuentran expuestas en la plataforma digital de libre acceso por internet de la Agencia.

Se debe evitar la introducción de cualquier tipo de material botánico de la planta de plátano enfermo y sospechoso con la enfermedad del Moko a una plantación exenta de esta enfermedad e igual forma, con el traslado a cualquier localidad geográfica del país. Además, el productor platanero deberá adoptar dentro de la medida de exclusión el conocimiento de las normas fitosanitarias emitidas por AGROCALIDAD respecto a esta enfermedad bacteriana; y, adquirir material vegetal de plátano sano de ofertantes que se encuentren regulados por AGROCALIDAD y por el MAG; aun así, el material vegetal sano también deberá ser sometido a un tratamiento químico y, según el tipo de material vegetal obtenido, someterlo a un tratamiento de termoterapia para erradicar cualquier tipo de propágulo de organismo alguno existen en ella.

La desinfección de las herramientas manuales, maquinarias agrícolas y aperos utilizados en las prácticas de labores agrícolas en el cultivo de plátano se someterán, según sea el caso, a procesos continuo de inmersión o aspersion con soluciones desinfectantes recomendadas por AGROCALIDAD. Los vehículos y tractores también entrarán a las actividades de desinfección y regulación fitosanitaria según las normas establecidas por AGROCALIDAD.

b) Erradicación

El objetivo de la erradicación es de llegar a reducir la población de la *R. solanacearum* de aquella área ya infestada con la enfermedad del Moko mediante medidas de eliminación de plantas enfermas con el empleo de herbicidas de amplio espectro como el *N*-(fosfonometil) glicina [glifosato], eliminación de restos del cultivo con la enfermedad del Moko, de plantas huéspedes de la bacteria y el tratamiento químico y biológico al suelo infestado.

Estos procedimientos técnicos deben contar con el acompañamiento de personal oficial especializado de AGROCALIDAD debido a la existencia de protocolos diseñados para la misma.

La erradicación tendrá más acciones complementarias que permitan sobre la bacteria: (i) la interferencia en la fase de sobrevivencia; (ii) la reducción del tiempo de sobrevivencia y (iii), con la reducción del inóculo.



c) Protección

El material vegetativo de siembra deberá recibir el tratamiento químico o por termoterapia según sea el caso, para asegurar la fitosanidad de la misma.

El manejo técnico de la sanidad del suelo es otra estrategia a implementarse en pre-siembra del material de plátano sano.

Además, es necesario implementar un programa de nutrición ejecutado acorde a la necesidad del cultivo previo a un análisis químico y físico del suelo, con perjuicio a la población de *R. solanacearum*; paralelo a ello, con la adición del consorcio de organismos benéficos para favorecer aún más, la protección de las nuevas unidades productivas de plátano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE CONSULTA

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 de plátano. Fitopatología Colombiana 28(2):76-80.

Bello, A; Escuer, M; Pastrana, MA. 1996. Nemátodos fitoparásitos y su control en ambientes Mediterráneos. En: G. Llácer; M.M López; A. Trapero; A. Bello (eds.). Patología Vegetal Tomo II, pp. 1039-1153. Phytoma-España, Gráficas Papallona.

Berg, LA. 1971. Weed hosts of the SFR strain of *Pseudomonas solanacearum*, causal organisms of bacterial wilt of bananas. Phytopathology 61:1314-1315.

Blomme, G; Dita, M; Jacobsen, KS; Pérez, L; Molina, A; Ocimati, W; Poussier, S; Prior, P. 2017. Bacterial diseases of bananas and ensete: current state of knowledge and integrated approaches toward sustainable management. Frontiers in Plant Science 8:1290.

Buddenhagen, IW; Elsasser, TA. 1962. An insect-spread bacterial wilt epiphytotic of bluggoe banana. Nature 194(4824):164-165.

Buddenhagen, I; Kelman, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. Annual Review of Phytopathology 2:203-230.

Carballo, M. 2001. Opciones para el manejo del picudo negro del plátano. Manejo Integrado de Plagas no. 59. Hoja Técnica no. 36. p. i-iv.

Celliers, G; Remenant, B; Chiroleu, F; Lefeuvre, P; Prior, P. 2012. Phylogeny and population structure of brown rot- and Moko disease-causing strains of *Ralstonia solanacearum* phylotype II. Applied and Environmental Microbiology 78(7):2367-2375.

Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2022. Boletín Situacional Cultivo de Plátano. República del Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional-platano-2020>.

Dalsing, BL; Allen, C. 2014. Nitrate assimilation contributes to *Ralstonia solanacearum* root attachment, stem colonization, and virulence. Journal of Bacteriology 196(5):949-960.

DGSV-DCNRF. 2023. Moko del plátano (*Ralstonia solanacearum* raza 2). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Ficha Técnica, Estado de México. 8 p.

EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), Bragard C, Dehnen-Schmutz K, Di Serio F, Gonthier P, Jaques Miret JA, Justesen AF, MacLeod A, Magnusson CS, Milonas P, Navas-Cortes JA, Parnell S, Potting R, Reignault PL, Thulke H-H, Van der Werf, Vicent Civera A, Yuen J, Zappalà L, Van der Wolf J, Kaluski T, Pautasso M and Jacques M-A, 2019. Scientific Opinion on the pest categorisation of the *Ralstonia solanacearum* species complex. EFSA Journal 2019; 17(2):5618, 28 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5618>



Espinoza, A; Lara, E; Pico, J; Guadamud, A. 2003. Combate de las enfermedades y plagas importantes del plátano (AAB) mediante el uso de prácticas culturales, un entomopatógeno y biocidas de baja toxicidad. Yaguachi, EC, Estación Experimental Boliche. (Boletín Divulgativo no. 304).

Freitas, L; D'Arc de Lima, R; Ferraz, S. 2009. Introdução à Nematologia. Editora UFV. 92 p.

Hayward, AC. 2006. Pudrición de las frutas de banano causada por *Ralstonia solanacearum* raza 2: materias de nomenclatura, transmisión y control. INFOMUSA 15(1-2):7-10.

Hong, JC; Momol, MT; Jones, JB; Ji, P; Olson, SM; Perez, A; Pradhanang, P; Guven, K. 2008. Detection of *Ralstonia solanacearum* in irrigation ponds and aquatic weeds associated with the ponds in North Florida. Plant Disease 92(12):1674-1682.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), Ministerio de Agricultura, División de Sanidad Vegetal. 1980. El moko del plátano. Periódico El Campesino-Separata. p. 8.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), Ministerio de Agricultura. 1991. El Cultivo del Plátano en el Trópico. Eds. SL Belalcázar; JC Toro; R Jaramillo.

Lowe-Power, TM; Khokhani, D; Allen, C. How *Ralstonia solanacearum* exploits and thrives in the flowing plant xylem environment. En Prensa: Cell Press Reviews. Trends in Microbiology TIMI 1592; número de páginas 14.

Nesmith, WC; Jenkins Jr., SF. 1979. A selective medium for the isolation and quantification of *Pseudomonas solanacearum* from soil. Phytopathology 69(2):182-185.

SIPA - Sistema de Información Pública Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Panorama Agroestadístico Mayo 2023. República del Ecuador. http://sipa.agricultura.gov.ec/boletines/panorama_agroestadistico/2023/panorama_agroestadistico_mayo.pdf

Obregón, M; Rodríguez, PA; Morales, JG; Salazar, M. 2008. Hospedantes de *Ralstonia solanacearum* en plantaciones de banano y plátano en Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 61(2):4518-4526.

Peeters, N; Guidot, A; Vailleau, F; Valls, M. 2013. *Ralstonia solanacearum*, a widespread bacterial plant pathogen in the post-genomic era. Molecular Plant Pathology 14(7):651-662.

Plan de acción para el control de *Ralstonia solanacearum* raza 2. Resolución 0072. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Ministerio de Agricultura y Ganadería. EC.

Plan de acción para el control de brotes de *Ralstonia solanacearum* raza 2. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Ministerio de Agricultura y Ganadería. EC.

Premabati, T; De Mandal, S. 2020. Bacterial diseases of banana: detection, characterization, and control management. En: Recent Advancements in Microbial Diversity pp. 71-85.

Ralstonia solanacearum raza 2. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario. Ministerio de Agricultura y Ganadería. EC.

Sequeira, L; Averre, CW. 1961. Distribution and pathogenicity of strains of *Pseudomonas solanacearum* from virgin soils in Costa Rica. *Plant Disease Reporter* 45(6):435-440.

Stover, RH. 1972. Bacterial diseases. En: *Banana, plantain and abaca diseases*. p. 189-216.

Stover, RH. 1993. The insect-transmitted SFR strain of *Pseudomonas solanacearum* destroys East African AAA cultivars in Honduras. *INFOMUSA* 2:7.

Thwaites, R; Eden-Green, SJ; Black, R. 2000. Diseases caused by bacteria. En: D.R. Jones (ed.). *Diseases of banana, abacá and ensete*, pp. 213-239.

Triviño, C; Farías, E. 2004. Hongos benéficos para el control del nematodo lesionador de raíces de banano *Radopholus similis*. Yaguachi, EC. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Boliche. Plegable Divulgativo No. 241.

Triviño, C; Navia, D; Velasco, L. 2013. Guía para reconocer daño en raíces y métodos de muestreo y extracción de nemátodos en raíces y suelo. Yaguachi, EC. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Boletín Divulgativo No. 433. 17 p.

Van Elsas, JD; Kastelein, P; de Vries, PM; van Overbeek, LS. 2001. Effects of ecological factors on the survival and physiology of *Ralstonia solanacearum* bv. 2 in irrigation water. *Canadian Journal Microbiology* 47:842-854

Vera, H; Orellana, F. 1987. Combate del "picudo negro" *Cosmopolites sordidus* Germar en el material de siembra de plátano. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santo Domingo. Boletín Divulgativo No. 195. 9 p.

Vivas, Y; Urdaneta, I; Rangel, S; Hernández, J. 2009. Caracterización e incidencia de *Ralstonia solanacearum* Smith en plantas de Musa AAB en el sector "El Roble", sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9(2):383-392.

Zhang, S; Liu, X; Zhou, L; Deng, L; Zhao, W; Liu, Y; Ding, W. 2022. Alleviating soil acidification could increase disease suppression of bacterial wilt by recruiting potentially beneficial rhizobacteria. *Microbiology Spectrum* 10(2):1-14.



ANEXOS

Cálculo de soluciones de desinfectantes

Hipoclorito de sodio

Concentración inicial comercial del hipoclorito de sodio = 3,5 % (Agrocalidad)

Porcentaje de uso de una solución comercial a una concentración de 3.5 % = 20 % (Agrocalidad)

Cálculo:

Determinación de la concentración de hipoclorito de sodio puro que debe tener una solución desinfectante de uso:

$$C_f = \frac{C_1 * P}{100}$$

En donde:

C_f : Concentración final

C_1 : Concentración inicial comercial

P : Porcentaje de uso de una solución comercial a una concentración de 3.5 %.

$$C_f = \frac{(3,5)(20)}{100}$$

$C_f = 0,7$ % de concentración final de hipoclorito de sodio como sustancia pura.

Entonces, para un litro de solución de hipoclorito de sodio al 0.7 % ¿Qué volumen se necesita tomar de hipoclorito de sodio al 3,5 %?

Cálculo del volumen de la solución desinfectante de hipoclorito de sodio al 0,7 %:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$(3,5 \%) V_i = (0,7 \%) (1.000 \text{ mL})$$

$$(V_i) = \frac{(0,7 \%) (1.000 \text{ mL})}{3,5 \%} = 200 \text{ mL de hipoclorito de sodio al 3,5 \%}$$

C_i = Concentración inicial de hipoclorito de sodio comercial al 3.5 %.

V_i = Volumen que se debe retirar del producto comercial que está al 3.5 % para preparar la solución final desinfectante al 0,7 % del compuesto puro.

C_f = Concentración final de hipoclorito de sodio como compuesto puro que debe tener la solución final de desinfectante.

V_f = Volumen de la solución desinfectante a ser preparada, que en este caso será de 1000 mL.

En un recipiente con medida verter los 200 mL de hipoclorito de sodio al 3.5 %; para luego, adicionar a ella el volumen de agua necesaria (800 mL) para llegar a los 1.000 mL.



Asumiendo ahora una concentración comercial de hipoclorito de sodio al 7 % y con la concentración final al 0,7 % previamente establecida, calcular qué volumen de hipoclorito de sodio al 0.7 % se necesita para preparar un litro de solución desinfectante.

Cálculo:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$(7\%)(V_i) = (0,7\%)(1.000 \text{ mL})$$

$$(V_i) = \frac{(0,7\%)(1.000 \text{ mL})}{7\%} = 100 \text{ mL de hipoclorito de sodio al 7\%}$$

C_i = Concentración inicial del hipoclorito de sodio comercial al 7 %.

V_i = Volumen que se debe retirar del producto comercial que está al 7 % para preparar la solución final desinfectante al 0,7 %.

C_f = Concentración final de hipoclorito de sodio al 0,7 % que debe tener la solución final de desinfectante.

V_f = Volumen de la solución desinfectante a ser preparada que en este caso será de 1.000 mL.

En un recipiente con medida verter los 100 mL de hipoclorito de sodio al 7 %; para luego, adicionar a ella el volumen de agua necesaria (900 mL) para llegar a los 1.000 mL.

Amonio cuaternario

Concentración inicial comercial del amonio cuaternario = 20 % (Agrocalidad)

Porcentaje de uso de una solución comercial a una concentración de 20 % = 0,6 % (Agrocalidad)

Cálculo:

Determinación de la concentración de amonio cuaternario puro que debe tener una solución desinfectante de uso:

$$C_f = \frac{C_1 * P}{100}$$

En donde:

C_f : Concentración final

C_1 : Concentración inicial comercial

P : Porcentaje de uso de una solución comercial a una concentración de 20 %.

$$C_f = \frac{(20)(0,6)}{100}$$

$C_f = 0,12 \%$ de concentración final de amonio cuaternario como sustancia pura.

Entonces, para un litro de solución de amonio cuaternario al $0,12 \%$ ¿Qué volumen se necesita tomar de amonio cuaternario al 20% ?

Cálculo del volumen de la solución desinfectante de amonio cuaternario al $0,12 \%$:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$(20 \%) V_i = (0,12 \%) (1.000 \text{ mL})$$

$$(V_i) = \frac{(0,12 \%) (1.000 \text{ mL})}{20 \%} = 6 \text{ mL de amonio al } 20 \%$$

Cálculo:

C_i = Concentración inicial del amonio cuaternario comercial al 20% .

V_i = Volumen que se debe retirar del producto comercial que está al 20% para preparar la solución final desinfectante al $0,12 \%$.

C_f = Concentración final del amonio cuaternario al $0,12 \%$ que debe tener la solución final desinfectante.

V_f = Volumen de la solución desinfectante a ser preparada que en este caso será de 1.000 mL .

Asumiendo ahora una concentración comercial de amonio cuaternario al 80% y con la concentración final al $0,12 \%$ previamente establecida, calcular qué volumen de amonio cuaternario al $0,12 \%$ se necesita para preparar un litro de solución desinfectante.

Cálculo:

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$(80 \%) (V_i) = (0,12 \%) (1.000)$$

$$(V_i) = \frac{(0,12 \%) (1.000 \text{ mL})}{80 \%} = 1,5 \text{ mL de amonio cuaternario al } 80 \%$$

Cálculo:

C_i = Concentración inicial del amonio cuaternario comercial al 80% .

V_i = Volumen que se debe retirar del producto comercial que está al 80% para preparar la solución final desinfectante al $0,12 \%$.

C_f = Concentración final del amonio cuaternario al $0,12 \%$ que debe tener la solución final desinfectante.

V_f = Volumen de la solución desinfectante a ser preparada que en este caso será de 1.000 mL .

En un recipiente con medida colocar los $1,5 \text{ mL}$ de amonio cuaternario al 80% ; para luego, adicionar a ella el volumen de agua necesaria ($998,5 \text{ mL}$) para llegar a 1.000 mL .



ISBN: 978-9942-22-590-0



EL NUEVO
ECUADOR 

**Instituto Nacional de
Investigaciones Agropecuarias**



@iniapecuador



@iniapec



@iniapecuador

www.iniap.gob.ec