



## **RALSTONIA SOLANACEARUM: UNA BACTERIA QUE AMENAZA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LA AMAZONIA**

Clara Patricia Peña-Venegas, Edmundo Mendoza,  
Nadia Catalina Alfonso y Gladys Cardona

### **Resumen**

El moko causado por *Ralstonia solanacearum* es la enfermedad bacteriana más limitante, que afecta la producción de plátano y banano en Colombia. Además de atacar estos cultivos, *R. solanacearum* perjudica un amplio rango de especies entre las que se encuentran Solanaceas, heliconias y arvenses.

Esta investigación evaluó la presencia de *R. solanacearum* en los departamentos de Amazonas y Caquetá, así como las implicaciones que esta bacteria puede tener en términos de la economía, la seguridad alimentaria y la pérdida de biodiversidad de la región. Para ello, se realizó un muestreo en busca de especies con síntomas en tejidos vegetales.

Las muestras con síntomas fueron procesadas en el laboratorio, para recuperar el agente causal en medio SMSA. Los resultados permitieron aislar el patógeno en Leticia y Puerto Nariño (Amazonas), y en Albania, Doncello, Florencia, Montañita y Paujil (Caquetá).

También se identificó como posibles nuevos hospederos del patógeno a *Solanum sessiliflorum* (cocona) y *Zingiber spectabile* (maraca), especies no reportadas; y a *Emilia sonchifolia*, hospedero frecuente de *Ralstonia* en otras regiones. Los resultados indican que el control y detección de *R. solanacearum* es mucho más complejo de lo que parece y que efectivamente puede causar efectos

negativos en la seguridad alimentaria, el mercado y la biodiversidad de la región.

### **Palabras Clave**

Plátano, moko, hospederos, Amazonas, Caquetá.

### **Abstract**

The moko is a disease caused by the bacteria *Ralstonia solanacearum*, the most limiting illness in the banana and plantain production in Colombia. This bacterium also affects a wide range of plant species as Solanaceas, heliconias and weeds.

This research evaluated the presence of *R. solanacearum* in Amazonas and Caquetá, as well as the consequences this bacterium could have in the economy, the food security and the lost of biodiversity in the region. A field work was done searching plants with characteristic symptoms.

The samples with symptoms were processed at laboratory to isolate the bacterium in SMSA selective agar. It was possible the isolation of the bacterium from Leticia and Puerto Nariño samples (Amazonas), and from Albania, Doncello, Florencia, Montañita and Paujil samples (Caquetá).

It was also possible to identify two probable new host of the pathogen: *Solanum sessiliflorum* (cocona) and *Zingiber spectabile* (maraca), and the presence of the pathogen in *Emilia sonchifolia*, a frequent plant host of *Ralstonia* reported in other regions. Results show that the control and detection of *R. solanacearum* is more complex than someone can expect and indeed it can affect negatively the food security, the marketing and the biodiversity of the region.

## Key words

Plantain, moko, Hosts, Amazonas, Caquetá.

## Introducción

*Ralstonia solanacearum* es una bacteria fitopatógena propia del suelo. Inicialmente, fue clasificada en el grupo de las *Pseudomonas* no fluorescentes en el género *Burkholderia*. En 1995, Yabuuchi *et al.*, con base en el análisis de las secuencias del rDNA 16S, porcentaje de homología DNA-DNA, composición de ácidos grasos, lípidos celulares y otras características fenotípicas; concluye que esta bacteria pertenece a un linaje diferente, y la reubica en el nuevo género *Ralstonia*.

La enfermedad más conocida que esta bacteria produce es el moko, que afecta a la familia *Musaceae*, en la que se incluyen los plátanos y bananos. Se caracteriza por causar clorosis en las hojas, infección sistémica, necrosis, marchitez generalizada de la planta (Hayward 1991) y madurez precoz de los frutos, por lo que la enfermedad es también conocida como “madura biche”.

Esta bacteria también es la causante del marchitamiento en 450 cultivos de importancia en el trópico y el subtrópico (Wydra *et al.*, 2005; Álvarez *et al.*, 2008) diferentes a *Musaceae*, entre los que se destacan algunos géneros de la familia *Solanaceae*, como el tabaco (*Nicotiana tabacum*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), la papa (*Solanum sp.*), el ají (*Capsicum sp.*) y la berenjena (*Solanum melongena*). También afecta el maní (*Arachis hypogaea*), las heliconias, la yuca (*Manihot esculenta*), así como algunas plantas ornamentales (Hayward, 1991) y 230 arvenses (Belarcázar *et al.*, 2004), por lo que se considera como una de las bacterias fitopatógenas más agresivas conocidas hasta ahora.

De acuerdo al tipo de planta huésped que puede infectar, las cepas de *R. solanacearum* se subdividen en cinco razas (Denny y Hayward, 2001): Raza 1, amplio rango de hospederos; Raza 2, *Musáceas*; Raza 3, papa principalmente; Raza 4, jengibre; y Raza 5, Mora. Además de la clasificación de razas, los miembros de la especie se han separado en seis biovariedades, con basados en su capacidad de utilizar diferentes azúcares y su relación con los hospederos.

Dada la amplia gama de cultivos que afecta, *R. solanacearum* se reconoce como una de las bacterias fitopatógenas de mayor importancia económica. Para Colombia, el CIAT (2004) estima que el moko produce una pérdida anual de plátano que asciende a los US\$5,8 millones, sólo para las regiones productoras.

Para regiones no productoras, como la Amazonia, es difícil estimar las pérdidas causadas por esta bacteria, dado que una buena parte de la producción se dirige a los mercados locales en donde se dificulta llevar los registros de abastecimiento que den cuenta de la afectación que tiene la venta del producto.

Se sabe que *R. solanacearum* terminó con el cultivo de plátano “topocho”, que era muy común en Caquetá, y que en los años 70 y 80 era uno de los productos más importantes en la región (Martínez & García, 2004). Los reportes que el ICA ofrece sobre la presencia de moko en la región dan cuenta únicamente de la enfermedad en plátano, pero no incluye la presencia de sintomatología en otras especies, lo que limita el conocimiento sobre la incidencia de este patógeno en la economía de la región.

En términos de seguridad alimentaria, para las comunidades indígenas el plátano ocupa el segundo cultivo en importancia después de la yuca; sin embargo, las pérdidas ocasionadas por el moko no se reportan o cuantifican, tampoco existen reportes que indiquen si la bacteria afecta otros cultivos sensibles, como los de la familia *Solanaceae*, el grupo hortofrutícola de mayor domesticación en la región amazónica.

En 2005, después de llevar a cabo un diagnóstico entre las comunidades que pueblan la rivera del río Amazonas, el Instituto Sinchi evidenció que los pobladores reconocen el “madura biche” como uno de los problemas más co-

munes de sus sistemas productivos, lo que indica que aún cuando existen recomendaciones para controlar la enfermedad, éstas son difíciles de cumplir, pues están hechas para grandes cultivos y no para cultivos de pancoger.

Las implicaciones que esta bacteria patógena tiene sobre la biodiversidad de esta región mega diversa no se han estudiado, por lo que se ignora si existen plantas o variedades nativas sensibles a esta bacteria que estén en riesgo de ser eliminadas frente a un ataque masivo del patógeno, imposible de controlar.

La variedad de plátano “topocho”, oriunda de la región amazónica, obtenida después de cientos de años de domesticación y selección por parte de los productores, desapareció a causa de su alta sensibilidad a *R. solanacearum*.

Según Erazo (2007), sólo en la región sur del Amazonas existen 13 variedades de plátano y 10 de banano. Por otra parte, Melgarejo *et al.*, (1998) reportó que el sur del Amazonas es uno de los sitios con mayor diversidad del género *Capsicum* sp, a la cual pertenecen dos productos de gran importancia: el ají y los pimentones.

La presencia de *R. solanacearum* ha sido reportada en la región amazónica brasileña, peruana (Reifschneider & Takatsu, 1985) y colombiana (Martins *et al.*, 1988; ICA 2009 Com. pers.), pero se conoce muy poco sobre las cepas de *R. solanacearum* presentes en la región y su distribución geográfica.

Este trabajo ilustra de manera preliminar algunos avances que el Instituto Sinchi ha adelantado desde 2005, para conocer la incidencia de *R. solanacearum* en la región amazónica colombiana, su implicación en la economía, la seguridad alimentaria y la pérdida de biodiversidad de la región.

## Metodología

De acuerdo a la información suministrada por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, *R. solanacearum* está presente en cuatro de los seis departamentos de la región: Amazonas, Caquetá, Guaviare y Vaupés. De los departamentos de Guainía y Vichada no existe información al respecto.

Con el apoyo de las seccionales departamentales del ICA y de la UMATA (Unidades de Asistencia Técnica Agropecuaria) en Puerto Nariño, se realizaron las visitas y toma de muestras en Amazonas y Caquetá, para un primer estudio que estima la presencia de *R. solanacearum*, las características de la enfermedad y las plantas que afecta en la región.

En Amazonas se muestrearon Leticia y Puerto Nariño, situados en el sur del departamento, hacia la frontera con Perú y Brasil. En Caquetá se tomaron muestras en Albania, Doncello, Florencia, Montañita y Paujil.

Para establecer la ubicación de las zonas afectadas, se organizaron reuniones con los productores de plátano, en las que ellos reconocían las características de la enfermedad a través de fotos y carteleras, e indicaban dónde la habían visto. Cuando se encontraron síntomas característicos del moko en plátano y banano o se presumió que alguna otra especie vegetal presentaba síntomas por *R. solanacearum*, se tomó la ubicación geográfica con GPS, y se colectaron muestras de tejido afectado, que fue transportado en neveras hasta los laboratorios, para su posterior procesamiento. Adicionalmente, se realizó la descripción de la sintomatología, las variedades de plátano, banano o posibles especies hospederas presentes y las prácticas de manejo del cultivo.

Las muestras fueron desinfectadas y maceradas en el laboratorio y la suspensión se sembró en medio semi-selectivo SMSA (Denny y Hayward, 2001), específico para *R. solanacearum*. Las cajas fueron incubadas a 30°C por un período de 2 a 3 días.

A las muestras colectadas en Amazonas, se les realizó una caracterización bioquímica para clasificarlas en biovares (Denny & Hayward, 2001; He *et al.*, 1983). También se realizaron pruebas de patogenicidad para corroborar que el agente aislado era el causante de las sintomatologías y ver la sensibilidad de diversas especies de interés a las cepas recuperadas.

Se usaron cepas aisladas en campo de los biovares 1 y 2 como inóculo, y como plantas experimentales 3 variedades de plátano, 4 solanáceas: tomate (*Lycopersicon esculentum*), ají (*Capsicum* sp), cocona (*Solanum sessiliflorum*), y tabaco (*Nicotiana tabacum*) y 1 variedad de heliconia

y jengibre (*Zingiber officinale*). Se usó un diseño experimental de bloques al azar con 7 (cepas bacterianas) X 10 (plantas experimentales) X 5 (repeticiones).

Los ensayos fueron realizados en la casa de malla del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, en Leticia, lo cual simuló las condiciones climatológicas y ambientales del lugar de origen de las cepas evaluadas. Las plantas fueron monitoreadas diariamente durante 21 días, y la sintomatología fue referenciada según una escala visual de 1 a 5, de acuerdo a su severidad. Los datos fueron analizados por medio de un análisis de varianza ANOVA por medio del paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.

## Resultados y discusión

En los muestreos se encontró sintomatología típica de moko en plátano en Leticia y Puerto Nariño, Amazonas. En Leticia se encontró en el 30% de las zonas visitadas, mientras que su presencia en Puerto Nariño fue 70%. En Caquetá se halló moko en Albania, Florencia, Montañita, Morelia y Paujil.

El 80,6% de las plantas con sintomatología típica causada por *R. solanacearum* correspondieron a plátano, frente a un 19,4% de otras especies, lo que corrobora la gran sensibilidad del plátano a este patógeno (tabla 1).

**TABLA 1.** MUESTRAS DE TEJIDOS VEGETALES UTILIZADAS PARA AISLAR RALSTONIA SOLANACEARUM SEGÚN SU PROCEDENCIA POR MUNICIPIO, COMUNIDAD Y CULTIVO

	Procedencia				Procedencia		
	Municipio	Comunidad	Cultivo		Municipio	Comunidad	Cultivo
AM 1	P/ Nariño	Santa Teresita	Plátano	AM 44	Leticia	San Miguel	Plátano
AM 2	P/ Nariño	San Juan del Soco	Plátano	AM 46	Leticia	San Sebastián de los Lagos	Banano
AM 11	P/ Nariño	San Juan del Soco	Plátano	AM 47	Leticia	San Sebastián de los Lagos	Banano
AM 12	Leticia	Km 11	Plátano	AM 49	P/ Nariño	San Juan del Soco	Plátano
AM 13	P/ Nariño	Santa Teresita	Plátano	AM 54	P/ Nariño	San Juan del Soco	Plátano
AM 18	P/ Nariño	20 de Julio	Plátano	AM 61	P/ Nariño	Villa Andrea	Plátano
AM 19	P/ Nariño	20 de Julio	Plátano	AM 67	P/ Nariño	San Juan del Socó	Arvense
AM 20	P/ Nariño	Villa Andrea	Plátano	AM 72	P/ Nariño	Santa Teresita	Plátano
AM 21	P/ Nariño	Villa Andrea	Plátano	AM 76	Leticia	Km 9	Plátano
AM 22	Leticia	Km 6	Plátano	AM 80	Leticia	Isla de la Fantasía	Plátano
AM 24	P/ Nariño	Naranjales	Plátano	AM 81	P/ Nariño	20 de Julio	Arvense
AM 26	P/ Nariño	Puerto Esperanza	Plátano	AM 91	P/ Nariño	Villa Andrea	Plátano
AM 27	P/ Nariño	Puerto Esperanza	Plátano	AM 93	P/ Nariño	P/ Esperanza	Plátano
AM 28	P/ Nariño	Puerto Esperanza	Plátano	AM 94	P/ Nariño	San Sebastián de los Lagos	Plátano
AM 29	P/ Nariño	Villa Andrea	Plátano	AM 99	P/ Nariño	San Juan del Soco	Plátano
AM 31	Leticia	Km 14	Plátano	AM 100	Leticia	San Sebastián de los lagos	Plátano

**CONTINUACIÓN TABLA I**

	Procedencia				Procedencia		
	Municipio	Comunidad	Cultivo		Municipio	Comunidad	Cultivo
AM 32	P/ Nariño	Naranjales	Plátano	AM 101	Leticia	San Sebastián de los lagos	Plátano
AM 35	P/ Nariño	Naranjales	Plátano	AM 106	Leticia	San Sebastián de los lagos	Plátano
AM 36	P/ Nariño	Naranjales	Plátano	AM 108	Leticia	San Miguel	Plátano
AM 40	P/ Nariño	Naranjales	Plátano	AM 109	P/ Nariño	Naranjales	Plátano
CAQ 001	Florencia	Aeropuerto	Plátano	CAQ 014	Paujil	La Niña	Plátano
CAQ 002	Florencia	Chamion	Banano	CAQ 015	Paujil	Cristalina	Emilia sonchifolia
CAQ 003	Florencia	La dorada	Pildoro	CAQ 016	Florencia	San Martín	Plátano
CAQ004	Florencia	La dorada	Plátano	CAQ017	Morelia	Buena Vista	Plátano
CAQ 005	Florencia	La dorada	Heliconia Maraca	CAQ 018	Florencia	Santo Domingo	Plátano
CAQ 006	Florencia	La dorada	Banano	CAQ 019	Florencia	La libertad	Plátano
CAQ 007	Florencia	Nueva Jerusalén	Plátano	CAQ 020	Florencia	La Independencia	Plátano
CAQ 008	Florencia	Nueva Jerusalén	Pildoro	CAQ 021	Florencia	Venecia	Plátano
CAQ009	Florencia	El limón	Pildoro	CAQ 022	Florencia	Los Andes	Plátano
CAQ 010	Florencia	El limón	Plátano	CAQ 023	Albania	San Isidro	Plátano
CAQ 011	Florencia	El limón	Plátano	CAQ 024	Albania	San Isidro	Plátano
CAQ 012	Florencia	La astilla	Plátano	CAQ 025	Albania	Cercanía de Currillo	Plátano
CAQ 013	Florencia	La astilla	Plátano	CAQ 026	Montañita	Itarka	Banano
				CAQ 027	Montañita	Itarka	Banano

De acuerdo a las características macroscópicas en medio SMSA y microscópicas de las muestras, se recuperaron 39 cepas de *R. solanacearum* para Amazonas y 27 para Caquetá. Para este último departamento, se recuperó *R. solanacearum* de todas las muestras de tejido colectadas.

La sintomatología típica descrita para el moko del plátano indica que se produce una marchitez general y las hojas caen alrededor del seudotallo. Un corte transversal del corno muestra puntos marrones o negros, que corresponden a los haces vasculares obstruidos, y un círculo negro que separa la zona central. Los racimos en formación presentan maduración precoz. Al hacer un corte en el raquis, aparece un halo oscuro de vasos necrosados y el interior de los frutos ya formados se produce un anillo negro y exudados que contienen la bacteria (Martínez & García, 2000).

La enfermedad vascular se transfiere de la planta madre infectada al colino, por lo que después de 20 días de sembrado se pueden observar los primeros síntomas en las hojas, que se tornan de color amarillo pálido, se necrosan y, finalmente, el colino muere. Echeverri (1975) y Martínez y García (2000) indican que no siempre los colinos expresan la sintomatología.

La sintomatología encontrada en las zonas visitadas en los dos departamentos varió frente a lo reportado en la literatura (figura 1). En Amazonas, el 42,5% de las plantas muestreadas presentaron marchitamiento general (pérdida de turgencia en hojas), la hoja bandera clorótica, presencia de halo dorado en el borde de las hojas, secamiento de la bacota, deformación de frutos, frutos necrosados, deformación en el racimo y maduración prematura de frutos.

El 100% de las plantas muestreadas presentaban sintomatología interna en el seudotallo y cormo, y sólo el 10,8% de colinos manifestó síntomas. El 68% de las plantas con síntomas de la enfermedad se encontraban en período de fructificación, frente al restante 32% que se colectaron en periodo vegetativo.

En Caquetá, las plantas no presentaron sintomatología externa típica de moko. En algunas plantas se observaron

hojas rasgadas (apalmeradas) y necrosadas, y en el interior necrosis en vasos conductores y necrosis en el cormo.

Los anteriores resultados demuestran que no la dificultad para reconocer la presencia de *R. solanacearum*, dado que la sintomatología no siempre se presenta de la misma manera; de hecho, pueden existir cultivos aparentemente sanos que estén afectados.

**FIGURA 1.** A) MARCHITEZ EN PLANTA DE PLÁTANO PRODUCIDA POR *R. SOLANACEARUM*



B) CORTE TRANSVERSAL DEL SEUDOTALLO, SE OBSERVAN

PUNTOS CAFÉS EN LOS VASOS CONDUCTORES

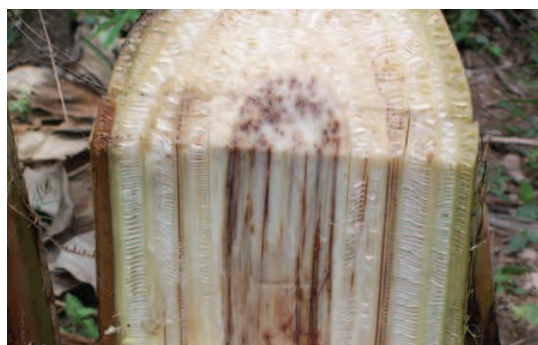


C) CORTE LONGITUDINAL, SE OBSERVAN LOS

CONDUCTORES OBSTRUIDOS POR LA BACTERIA



D) SÍNTOMAS CARACTERÍSTICOS EN RAQUIS Y FRUTOS



G) SÍNTOMAS EN RACIMO DE 4 A 8 SEMANAS DE EDAD.



E) SÍNTOMAS CARACTERÍSTICOS EN RAQUIS Y FRUTOS



F) SINTOMATOLOGÍA EN RACIMO CON MENOS DE 4 SEMANAS DE EDAD



Jeger *et ál.*, (1995) afirma que la expresión de síntomas externos varía según las condiciones atmosféricas del sitio y el estado de infección. En los departamentos muestreados se evidenció que muchas veces los síntomas externos de la enfermedad se confunden con las lesiones causadas por gusano tornillo (*Castniomera humboldti*), cuya diferencia con el moko radica en la formación de galerías en el seudotallo (Martínez, 1998), y la producción de una secreción transparente.

La presencia de la enfermedad no estuvo relacionada con la unidad fisiográfica donde se presentaban los cultivos afectados. En Amazonas, el 61,5% de los cultivos afectados se ubicaban en zonas de vega y el 28,6%, en tierra firme; mientras que en Caquetá, el 27% se ubicaban sobre la vega y el 63%, en tierra firme.

Se han tejido dos hipótesis con respecto a la ubicación de las zonas afectadas: una se relaciona con la capacidad de los ríos para transportar material infectado por medio del cual se disemina la enfermedad, la segunda se refiere a las diferencias de fertilidad de los suelos, que inciden en la nutrición vegetal y capacidad de resistir el ataque de un patógeno.

Los resultados no soportan la hipótesis sugerida por Belacázar *et ál.*, (2004) y French y Sequeira (1968), la cual sostiene que la enfermedad ha sido diseminada principalmente por los ríos desde Perú a las regiones amazónicas de Colombia y Brasil, por medio del río Amazonas y otros tributarios.

La segunda hipótesis se basa en las diferencias entre los suelos de vega (o várzea), que tienen una mayor fertilidad ya que reciben aportes de sedimentos provenientes de suelos andinos, ricos en nutrientes, frente a los de tierra firme, que son altamente lixiviados y muy evolucionados, y que no reciben aportes de nutrientes diferentes a los que se generan por la descomposición de la materia orgánica, por lo que se clasifican como suelos de muy baja fertilidad.

Los resultados tampoco explican que la presencia de la enfermedad sea una causa estrictamente de deficiencia nutricional de los cultivos, aún cuando algunos autores han reportado que una fertilización adecuada y periódica con abonos la previene (Arenas *et ál.*, 2007; Mendoza, 2009).

Los resultados permiten presumir que las principales causas de diseminación de la enfermedad en zonas y cultivos sanos son el traslado y siembra de colinos infectados aparentemente sanos y el uso de herramientas de trabajo contaminadas en las prácticas de limpieza de cultivos infectados.

Además de las muestras de plátano y banano recuperadas con síntomas evidentes de moko, se colectaron posibles hospederos de la bacteria que crecían junto con el plátano y banano, y que probablemente podían actuar como reservorios del patógeno.

En Amazonas se encontraron asociadas a los cultivos de plátano las arvenses *Colyra* ssp, *Cestrum* ssp, *Solanum sessiliflorum*, *Cyathula prostate*, *Conyza* ssp, *Cyathula prostat*, *Emilia sonchifolia*, y *Lantana cámar*, y se aisló en SMSA una bacteria morfológicamente similar a *R. solanacearum* de *Conyza* ssp, sin sintomatología, y *S. sessiliflorum* (Cocona), con síntomas en tallos y hojas (figura 2).

El reporte anterior indica que existe una alta probabilidad que *R. solanacearum* esté presente en estos mate-

riales, sin embargo, es necesario continuar los análisis moleculares y de patogenicidad que confirmen el género y especie del agente patógeno, ya que no hubo presencia de sintomatología en *Conyza* spp. y la sintomatología en cocona puede ser producida por otros agentes patógenos.

En Caquetá se recuperó *R. solanacearum* de *E. sonchifolia* (figura 3) y en la heliconia de nombre vulgar maraca (*Zingiber spectabile*), reconociéndose como fuentes de inóculo de la bacteria.

De las cuatro especies mencionadas como hospederas de *R. solanacearum*, sólo *E. sonchifolia* había sido reportada como hospedadora de la raza 2 de *R. solanacearum* (Martínez & García, 2000; Pinilla & García, 2002; y Belarcázar *et ál.*, 2004).

En el caso y de la maraca (*Zingiber spectabile*), *R. solanacearum* ha sido reportada en jengibre (*Zingiber officinale*), especie susceptible al biovar 4 (Pegg & Moffett, 1971). Aún cuando Yu *et ál.*, (2003) indica que las cepas que atacan jengibre son muy específicas y dife-



**FIGURA 2.** MUESTRA DE COCONA (*S. SESSILIFLORUM*) RECUPERADA CON SINTOMATOLOGÍA CAUSADA POSIBLEMENTE POR *R. SOLANACEARUM*





**FIGURA 3.** E. SONCHIFOLIA, POSIBLE HOSPEDERO DE R. SOLANACEARUM

rentes a las que pueden atacar otras heliconias, se ha relacionado la presencia de *R. solanacearum* con enfermedades en flores tropicales ornamentales en Pernambuco, Brasil (Lins y Cohelo, 2004).

Cabe resaltar la importancia que tendría la confirmación de que las cepas aisladas de cocona (*S. sessiliflorum*) en medio SMSA corresponden a *R. solanacearum*, ya que esta especie de lulo amazónico es de importancia regional por su consumo en jugos y porque ha escalado lugares entre los frutales amazónicos para la producción de pulpas mermeladas, néctares y confites, con alto rendimiento en procesos agroindustriales y con proyección de comercialización a escala nacional.

Es importante continuar las pruebas de laboratorio que confirmen la susceptibilidad de esta especie a *R. solanacearum*. De ser así, sería necesario monitorear las zonas donde se cultiva plátano y cocona conjuntamente, para asegurar la salud de los cultivos y la producción que garantice la promoción la especie en los diferentes mercados.

En menor escala ocurriría lo mismo con las heliconias, que son de interés comercial como flores ornamentales y que igualmente podrían verse afectadas por esta bacteria.

Las pruebas bioquímicas para determinar el biovar al cual pertenecían las cepas recuperadas en Amazonas mostraron que 6 de los aislamientos correspondieron al biovar 2, reportado para papa (*Solanum tuberosum*) y tomate (*L. esculentum*), según Hayward (1995), mientras los demás correspondieron al biovar 1, específico para plátano y banano (Gómez 2005; He *et al.*, 1983, French *et al.*, 1995, Álvarez 2007).

Las pruebas de patogenicidad mostraron que la variedad de plátano hartón es el más sensible a las diferentes cepas de *R. solanacearum*, pues desarrolla síntomas fuertes frente a 3 cepas. Entre las especies de la familia *Solanaceae*, el tomate mostró una alta susceptibilidad a la cepa del biovar 2, mientras la cocona, el ají y el tabaco, a las diferentes cepas del biovar 1. Una de las cepas biovar 1 evaluadas no produjo síntomas graves en las solanáceas evaluadas. El jengibre y la heli-

conia no desarrollaron sintomatología. Los aislamientos posteriores de las macetas de jengibre y heliconia inoculadas indicaron la presencia de *R. solanacearum*, en recuentos bajos, inferiores al inóculo inicial usado para las pruebas de patogenicidad.

Los resultados indican que la alta variabilidad entre las cepas provenientes de diferentes puntos, aún entre sitios cercanos, lo que le confiere a las cepas una variabilidad metabólica que se traduce en una mayor o menor susceptibilidad de las plantas, independientemente del biovar al que pertenece la cepa de *R. solanacearum* evaluada.

Esto indica que una cepa altamente patógena para plátano, por ejemplo, puede ser poco patógena para tomate y viceversa, lo cual dificulta el diseño de métodos de identificación y control efectivos, que permitan tomar acciones oportunas sobre los diversos cultivos.

Las pruebas de patogenicidad mostraron que aunque existe la bacteria en el suelo, algunas especies o variedades pueden no desarrollar la enfermedad. Este mismo comportamiento fue observado por Mendoza (2009), quien aisló cepas de *R. solanacearum* de suelos con cultivos sanos, lo cual sugiere que esta bacteria podría hacer parte de la flora nativa del suelo como saprófita facultativa, y que bajo ciertas condiciones medioambientales o en presencia de un huésped vegetal sensible cambia su estatus a bacteria patógena, lo que desencadena la enfermedad.

Este hecho sugiere que es imposible eliminar la presencia de *R. solanacearum* del suelo y que la prevención no debe enfocarse en este punto, sino que se requiere un mejor conocimiento de cómo actúa este patógeno para sugerir métodos efectivos de control y manejo de la enfermedad.

Existen protocolos establecidos para ésta, que buscan controlar o prevenirla. En dichos protocolos se hacen recomendaciones como el control del ingreso de personal y animales al cultivo, la erradicación de las plantas afectadas aplicando glifosato al 20%, el mantenimiento de los cultivos sin malezas, la desinfección de botas y herramientas y la capacitación de los productores en el manejo de la enfermedad (AUGURA, 2007). Para la región amazónica, muchas de estas re-

comendaciones son inaplicables o sumamente costosas para los pequeños productores.

Para el caso de los productores indígenas, sus labores de siembra y cultivo implican el intercambio de semillas y la realización de mingas (convites de trabajo), en los que varias familias se trasladan a la chagra con sus niños y animales, para finalmente tener un lote de producción diversificada en donde la yuca y el plátano comparten el espacio con palmas, especies hortifrutícolas variadas y frutales diversos, en las orillas de la chagra hay un cerco de bosque o rastrojo, rico en heliconias y malezas, muchas de las cuales han sido reportadas como hospederos de *R. solanacearum*. Esto muestra que las prácticas culturales hacen que el manejo y control de *R. solanacearum* sea más complejo y difícil.

De acuerdo con el trabajo de campo, algunos productores que conocen la enfermedad han intentado realizar la desinfección de la semilla con Furadan®, la aplicación de 20ml de Raundup en el seudotallo de las plantas afectadas y la aplicación de productos a base de sulfato de gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina; pero estas acciones no han disminuido la presencia de la enfermedad en los cultivos, lo cual lleva a pensar que la eliminación de focos tampoco es la solución.

En este sentido, se entiende que el problema es complejo y requiere de un estudio mucho más profundo de la enfermedad, que brinde soluciones efectivas que respondan a todas las particularidades sociales, económicas, culturales y medioambientales de la región.

Por el momento se recomienda abonar adecuadamente los cultivos, eliminar la bacota después de la formación del racimo, y realizarel lavado y desinfección de las herramientas (especialmente machetes) con soluciones de hipoclorito, como medidas de fácil aplicación y efectivas para el control del moko.

Los aportes que el Instituto Sinchi a partir de la investigación en este campo, establecerán a mediano plazo a la incidencia real de esta enfermedad en la región, si las razas causantes de la enfermedad difieren según el lugar, así como el reconocimiento de nuevos hospederos y posibles cultivos susceptibles a *R. solanacearum*.

## Agradecimientos

Agradecemos especialmente al doctor Carlos Hernando Rodríguez del Instituto Sinchi, sede Florencia, por su disposición y apoyo en la logística durante la fase de campo; a Diego Caicedo del Instituto Sinchi, sede Florencia, quien por su acompañamiento y participación en la fase de campo de la investigación en Caquetá; y a Miller Quiñones del ICA, sede Florencia, por su apoyo en la ubicación de las zonas afectadas en el departamento de Caquetá.

En Amazonas agradecemos a Misael Rodríguez y al tecnólogo Jairo Madrid, del Instituto Sinchi, quienes apoyaron la fase de campo y el montaje de las pruebas de patogenicidad. También a Eugenia Guayamba, por su apoyo en el laboratorio y procesamiento de muestras y, muy especialmente, al ingeniero Marco Antonio Guzmán y a Frank Leiva, de la UMATA sede Puerto Nariño, quienes apoyaron y acompañaron el muestreo en las zonas afectadas de este municipio.

## Referencias

- ÁLVAREZ, J.; RODRÍGUEZ, P.; y MARÍN, M. (2008). Detección molecular de *Ralstonia solanacearum* en agroecosistemas bananeros de Colombia. *Tropical Plant Pathology*, Vol. 33, Núm. 3, pp. 197-203.
- ÁLVAREZ, J. (2007). *Detección molecular de Ralstonia solanacearum en agroecosistemas bananeros*. Universidad Nacional de Colombia, pp. 1-42.
- ARENAS, A.; LÓPEZ, D.; ÁLVAREZ, E.; LLANO, G.; y LOKE, J. (2007). Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum*, causante de moko de plátano. *Fitopatología colombiana* Vol. 28, Núm. 2, pp. 76-80.
- AUGURA, ASOCIACIÓN DE BANANEROS DE COLOMBIA. (2005). *Guía para el reconocimiento y control de moko en plátano y banano*. Plegable informativo.
- BELARCÁZAR, S.; ROSALES, F. E.; POCASAGRE, y L. E. (2004). *El "moko" del plátano y banano y el rol de las plantas hospederas en su epidemiología*. XVI Reunión Internacional ACORBAT 2004.
- CIAT, CENTRO INTERNACIONAL AGROPECUARIO. (2004). *Campaña de Colombia para salvar del moko a los plátanos*. Boletín Club del moko. 7p.
- DENNY, T. P.; & HAYWARD, A. C. (2001). Gram negative bacteria. En: Schaad, N. W.; Jones, J. B.; Chun, W. (Eds.). *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. St Paul, MN, USA: American Phytopathological Society (APS), pp. 151-173.
- ECHEVERRY, G. (1975). *El moko o maduraviche del plátano, conózcalo y contrólole*. Ministerio de Agricultura. ICA. Plegable de divulgación Núm. 110.
- ERAZO, E. (2007). *Catálogo de variedades de plátano y banano: la importancia de uno de los cultivos más tradicionales y plantas arvenses asociadas a la enfermedad del "moko"*. (Sin publicar).
- FRENCH, E.B.; y SEQUEIRA, L. (1968). Marchitez bacterial o moko del plátano en el Perú. *Fitopatología*, Vol. 3, pp. 27-38.
- FRENCH, E. B.; GUTARRA, L.; ALEY, P.; & ELPHINSTONE, J. (1995). Culture media for *Ralstonia solanacearum* Isolation, Identification and Maintenance. *Fitopatología*, Vol. 30, No. 3, pp. 126-130.
- GÓMEZ, E. (2005). *Aislamiento, identificación y caracterización del agente causal del moko del plátano, Ralstonia solanacearum Raza 2, proveniente de plantaciones afectadas en Colombia*. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- HAYWARD, A. C. (1995). Research on Bacterial Wilt: a Perspective on International Linkages and Access to the Literature. In: C., Allen, P., Prior, and A. C., Hayward. (Eds.). *Bacterial Wilt: the Disease and the Ralstonia solanacearum Species Complex*. St. Paul, MN, U.S.A.: American Phytopathological Society Press, p. 1-8.
- \_\_\_\_\_. (1991). Biology and Epidemiology of Bacterial wilt Caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathology*, Vol. 29, pp. 65-87.
- HE, L. Y.; SEQUEIRA, L.; & KEKMAN, A. (1983). Characteristics of strains of *Pseudomonas solanacearum* from china. *Plant Disease*, Vol. 67 No. 12, pp. 1.357-1.361.
- LINS S. R. O.; & COEHLO R. S. B. (2004). Occurrence of Diseases in Ornamental Tropical Flowers in the State of Pernambuco. *Fitopatol. bras.*, Vol. 29, No. 3, pp. 332-335.
- MARTÍNEZ, A. (1998). *El cultivo del plátano en los llanos orientales aspectos generales y principales labores del cultivo del plátano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA, Regional 8 Villavicencio Meta, Colombia.
- MARTÍNEZ, A.; y GARCÍA, F. (2000). *Manejo de la enfermedad moko o ereke en el cultivo del plátano para la Orinoquía colombiana*. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuaria CORPOICA, Regional 8. Villavicencio Meta, Colombia.
- \_\_\_\_\_. (2004). *Manejo de la enfermedad del moko o ereke en el cultivo del plátano para la Orinoquía colombiana*. CORPOICA, Regional 2. Disponible en [http://turipana.org.co/manejo\\_enfermedad\\_moko.htm](http://turipana.org.co/manejo_enfermedad_moko.htm)
- MARTINS, O. M.; TAKATSU, A.; y REIFSCHNEIDER, F. J. B. (1988). Virulencia de biovars 1 e 3 de *Pseudomonas solanacearum* ao tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, Vol. 13, pp. 162-166.
- MELGAREJO, L. M.; RODRÍGUEZ, F.; GIRALDO, M.; CARDONA, G.; CELIS, M.; ARIAS, J.; GARCÍA, M.; QUINTERO, L.; CUDRIS, M.; TOQUICA, S.; MONROY, I.; RODRÍGUEZ, M.; DUQUE, M.; y TOHME, J. (2004). Caracterización de accesiones del banco de germoplasma de la región amazónica colombiana.

- En: Melgarejo, L.M., M.S. Hernández, J.A. Barrera y X. Bardales (Eds.). *Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico*. 1ª Ed. Bogotá: Gráficas Ducal, pp. 13-27.
- MENDOZA, E. (2009). *Aislamiento, identificación y caracterización de la Raza 2 de Ralstonia solanacearum, agente causal del moko en plátano, en el sur del Trapecio Amazónico*. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- PEGG, K.; & MOFFETT, M. (1971). Host Range of the Ginger Strain of *Pseudomonas Solanacearum* in Queensland. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* Vol. 11, pp. 696-698.
- PINILLA, C.; y GARCÍA, J. (2002). *Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano Mussa AAA*. Reunión internacional de Acorbat 2002, pp. 223-236.
- REIFSCHEIDER, F. J. B.; y TAKATSU, A. (1985). *Pseudomonas solanacearum* no Brasil: aspectos macroepidemiológicos. (Resumo). *Fitopatologia Brasileira (Supl.)*, Vol. 10, pp. 213.
- WYDRA, K.; DIOGO, R.; DANNON, E.; & SEMRAU, J. (2005). *Soil Amendment with Silicon and Bacterial Antagonists Induces Resistance against Bacterial Wilt Caused by Ralstonia solanacearum in Tomato*. Tropentag 2005: Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, October 11-13.
- YABUUCHI, E.; KOSAKO, Y.; YANO, I.; HOTTA, H.; HISHIUSHI, Y. (1995). Transfer of two *Burkholderia* and *Alcaligenes* species to *Ralstonia* Gen. Nov.: proposal of *Ralstonia pickettii* (*Ralston, Palleroni* and Doudoroff 1973) Comb. Nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1986) Comb. Nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) Comb. Nov. *Microbiol. Immunol.*, 39: 897-904.
- YU, Q.; ÁLVAREZ, A. M.; MOORE, P. H.; ZEE, F.; KIM, M. S.; DE SILVA, A.; HEPPELRY, P. R.; & MING, R. (2003). Molecular Diversity of *Ralstonia solanacearum* Isolated from Ginger in Hawaii. *Phytopathology*, Vol. 93, pp. 1.124-1.130.



Paisaje en Vaupés, Luis Fernando Jaramillo