

# Bacterias causantes de enfermedades en cultivos de interés agrícola en Venezuela

**Yonis Hernández**

Laboratorio de Bacterias Fitopatógenas. Instituto de Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579, Maracay 2101, Aragua, Venezuela.

## RESUMEN

Las bacterias fitopatógenas y las enfermedades de las plantas causadas por ellas son de gran importancia, ya que pueden originar enormes pérdidas económicas. Muchas de estas bacterias están extendidas por todo el mundo y constituyen un problema ya que la mayoría son difíciles de controlar, debido a la ausencia de productos químicos eficaces para este tipo de patógenos y, los antibióticos que son efectivos contra muchas de ellas, también se utilizan para el control de bacterias que afectan a humanos y animales, por lo tanto, su uso en la agricultura en muchos países no está permitido o está muy restringido por el riesgo de transferencia de resistencia en esas bacterias. En Venezuela se han identificado diferentes patógenos bacterianos entre los que se consideran los más problemáticos por el daño que causan y por su distribución a *Ralstonia solanacearum*, bacteria con un amplio rango de hospedantes y de difícil control, se incluye también a *Pectobacterium carotovorum*, *P. atrosepticum* y *Dickeya chrysanthemi* causantes de pudriciones blandas y que afectan a numerosas especies vegetales, *Candidatus Liberibacter asiaticus* bacteria que prácticamente está destruyendo las principales plantaciones de cítricas en el país, *Xanthomonas phaseoli* pv. *phaseoli* y *X. phaseoli* pv. *manihotis*, patógenos de caraota (*Phaseolus vulgaris*) y yuca (*Manihot esculenta*) respectivamente que por su incidencia y severidad son causa de bajos rendimientos en campos de producción. En este trabajo se señalan aspectos sobre la ubicación taxonómica, síntomas que producen, epidemiología, distribución, manejo para su control de bacterias causantes de enfermedades en cultivos de importancia agrícola.

**Palabras clave:** Enfermedades bacterianas, *Pectobacterium* spp., *Dickeya chrysanthemi*, *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas phaseoli*

---

\*Autor de correspondencia: Yonis Hernández

E-mail: yonisbact@gmail.com

## Disease-causing bacteria in crops of agricultural interest in Venezuela

### ABSTRACT

Plant pathogenic bacteria and the plant diseases caused by them are of great importance, as they can cause enormous economic losses. Many of these bacteria are widespread throughout the world and constitute a problem since most of them are difficult to control, due to the absence of effective chemical products for this type of pathogens and, the antibiotics that are effective against many of them, are also used for the control of bacteria that affect humans and animals, therefore, their use in agriculture in many countries is not allowed or is very restricted due to the risk of transfer of resistance in these bacteria. In Venezuela, different bacterial pathogens have been identified, among which *Ralstonia solanacearum*, a bacterium with a wide range of hosts and difficult to control, is considered the most problematic because of the damage it causes and its distribution, and also includes *Pectobacterium carotovorum*, *P. atrosepticum* and *Dickeya chrysanthemi*, which cause soft rots and affect numerous plant species, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, a bacterium that is practically destroying the main citrus plantations in the country, *Xanthomonas phaseoli* pv. *phaseoli* and *X. phaseoli* pv. *manihotis*, pathogens of caraota (*Phaseolus vulgaris*) and yucca (*Manihot esculenta*), respectively, which due to their incidence and severity are the cause of low yields in production fields. In this work, aspects on the taxonomic location, symptoms produced, epidemiology, distribution, and management for their control of disease-causing bacteria in crops of agricultural importance are pointed out.

**Key words:** Bacterial diseases, *Pectobacterium* spp., *Dickeya chrysanthemi*, *Ralstonia solanacearum*, *Xanthomonas phaseoli*.

### INTRODUCCIÓN

Dos clases de bacterias ocasionan enfermedades en las plantas: las bacterias que tienen membrana celular y una pared celular rígida y, con frecuencia, uno o más flagelos, y los mollicutes, llamados fitoplasmas y espiroplasmas, los cuales carecen de pared celular y sólo poseen una membrana unitaria típica. Las bacterias con pared celular se han conocido desde 1882; son el grupo más grande, causan varios síntomas de enfermedad en las plantas y las que mejor se conocen (Agrios, 2005; Thind, 2019).

El estudio de las bacterias fitopatógenas y las enfermedades de las plantas causadas por ellas es de suma importancia, ya que pueden originar enormes pérdidas económicas y están extendidas por todo el mundo. Algunas de estas enfermedades como la marchitez bacteriana de las solanáceas, pudrición blanda de hortalizas y frutas, agallas de la corona, cancro de los cítricos, huanglongbing, fuego bacteriano de los árboles frutales de hueso y tizón bacteriano del arroz, son de importancia mundial (Agrios, 2005; Mansfield *et al.*, 2012)

Thind (2019), señala que no se dispone de datos suficientes sobre pérdidas debidas a enfermedades de las plantas provocadas por bacterias, ya que la pérdida causada por una determinada enfermedad, varía de una región a otra, debido a variación en los factores ambientales que influyen en el desarrollo de la enfermedad y también variación en la susceptibilidad de las variedades bajo cultivo.

Estas enfermedades también se consideran desastrosas porque sumado a que la propagación secundaria de las bacterias es muy rápida en comparación a enfermedades fúngicas, la mayoría de ellas no se pueden eliminar eficazmente debido a la falta de productos químicos que las controlen. Por otro lado, los antibióticos, que son efectivos contra muchas bacterias fitopatógenas, también se utilizan para el control de bacterias que afectan a humanos y animales, por lo tanto, su uso en la agricultura en muchos países no está permitido por el riesgo de transferencia de resistencia en esas bacterias (Sundin *et al.*, 2016; Thind, 2019).

En Venezuela son numerosas las enfermedades bacterianas que se han descrito en diferentes especies vegetales (Trujillo *et al.*, 1997; Trujillo, 1998; Hernández, 2009; Marys *et al.*, 2020), y representando, varios de los patógenos que las causan, una grave amenaza a los cultivos y por ende a la producción nacional, por el daño que causan y su distribución. Entre ellas se encuentran *Ralstonia solanacearum* que produce la marchitez de las solanáceas y el moko o hereque del banano, las bacterias de los géneros *Pectobacterium* y *Dickeya* causantes de pudriciones blandas, patovares de *Xanthomonas phaseoli* en caraota (*Phaseolus vulgaris*) y la yuca (*Manihot esculenta*), *Candidatus Liberibacter asiaticus* que produce el Huanglongbing o dragón amarillo de los cítricos, enfermedad desastrosa que ha causado una merma drástica en la producción de naranjas.

En este trabajo se pretende revisar algunos de los aspectos de las bacterias que causan enfermedades en cultivos de interés agrícola en Venezuela y los problemas relacionados con su identificación y control.

### **Marchitez bacteriana y hereque o moko del banano**

Estas enfermedades son producidas por *Ralstonia solanacearum* Smith, conocida anteriormente como *Pseudomonas solanacearum* y *Burkholderia solanacearum*, es el patógeno del suelo más destructivo que afecta a las papas en zonas templadas, y regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo (Yuliar *et al.*, 2015), causando marchitez o podredumbre parda y el moko o hereque del banano (Champoiseau *et al.*, 2009; CABI, 2017). Esta es una enfermedad vascular, que es fatal en la planta afectada y ha sido clasificada como uno de los patógenos bacterianos más importantes de las plantas cultivadas (Genin, 2010; Mansfield *et al.*, 2012).

*R. solanacearum* está ubicada taxonómicamente en la clase  $\beta$ -Proteobacteria, orden Burkholderiales, Familia Burkholderiaceae. Es una bacteria de amplia distribución mundial y con un numeroso rango de hospedantes que abarca 250 especies en 54 familias de plantas, siendo los más generalizados e importantes, los pertenecientes a las musáceas y solanáceas (Álvarez *et al.*, 2010; Charkowsky *et al.*, 2020).

El complejo de especies de *R. solanacearum* se caracteriza porque son bacterias Gram negativas con forma de bastón de  $0,5-0,7 \times 1,5-2,0 \mu\text{m}$  de tamaño, reduce nitratos, forma amoníaco y crece bien en condiciones aeróbicas. Las temperaturas de crecimiento óptimas oscilan entre 27 y 37 °C, según la cepa. La temperatura máxima para el crecimiento es de aproximadamente 39 °C y el mínimo entre 10-15 °C (Hayward, 1991; Karim *et al.*, 2018).

La bacteria ha sido durante mucho tiempo reconocida como un grupo de cepas fenotípicamente diversas, originalmente caracterizadas como razas según el rango de hospedantes y biovares por las características bioquímicas y últimamente en filotipos, basado en un sistema filogenéticamente significativo y que consiste en el análisis de secuencias del ADN (Karim *et al.*, 2018).

Con relación a los cultivos que afecta, se han identificado 5 razas dependiendo del hospedante (Agrios, 2005; Karim *et al.*, 2018; Charkowsky *et al.*, 2020).

**La raza 1.** Está presente en los cinco continentes y tiene la más amplia gama de hospedantes entre los cuales están las solanáceas como la papa (*Solanum tuberosum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pimentón (*Capsicum annuum*), ají (*Capsicum frutescens*), berenjena (*Solanum melongena*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y otros cultivos como caraota (*Phaseolus vulgaris*), maní (*Arachis hipogea*), girasol (*Helianthus annuus*), plantas ornamentales como el anturio (*Anthurium andreaeanum*), dalia (*Dalia spp.*), ave del paraíso (*Strelitzia reginae*) y muchas otras especies.

**La raza 2.** Presente principalmente en las áreas tropicales de América del Sur y en las Filipinas. Afecta principalmente a Musáceas (plátanos y cambures) y heliconias (*Heliconia spp.*) ornamentales y silvestres.

**La raza 3.** También extendida en los cinco continentes, afecta principalmente a papa, pimentón, tomate, berenjena, entre otras especies.

**Las razas 4** afectan al jengibre (*Zingiber officinale*) y **5** a la mora (*Rubus ulmifolius*), están restringidas la primera a Asia y la segunda solo se ha señalado en la China (Álvarez *et al.* 2010).

## Biovares

Según Hayward (1994), cinco biovares pueden identificarse en función de su capacidad para utilizar tres alcoholes de hexosa, a saber, manitol, sorbitol, dulcitol; y producir ácidos a partir de los tres disacáridos, lactosa, maltosa y celobiosa.

## Filotipos

Prior y Fegan (2005) han clasificado a *R. solanacearum* en cuatro principales grupos genéticos llamados filotipos que reflejan el origen geográfico y las relaciones ancestrales de las cepas. Los filotipos se subdividen a su vez en secuevares basado en la secuencia del gen de la endoglucanasa (egl).

Según estudios realizados, el Filotipo I se encuentra en Asia, el Filotipo II en América, Filotipo III Asia y Filotipo IV en Indonesia.

De acuerdo a los filotipos, la especie se ha reagrupado recientemente en un complejo de tres especies, es decir, *R. solanacearum* que coincide con el filotipo II, *Ralstonia pseudosolanacearum* que coincide con los filotipos I y III y *Ralstonia syzygii* (subespecie *celebensis* e *indonesiensis*) coincidiendo con el filotipo IV (Safni *et al.*, 2014)

En Venezuela *R. solanacearum* se ha detectado en diferentes cultivos y constituye un grave problema en papa, pimentón, tomate, ají, berenjena y musáceas (Faría, 1993; Custodio, 1993; Trujillo, 1998). Se han identificado las razas 1, 2 y 3 (García, 1999) y hasta el momento no se ha hecho ningún estudio sobre el filotipo, sin embargo, por la ubicación geográfica, se presume que sea el filotipo II. En solanáceas y otros cultivos causa la enfermedad conocida como marchitez sureña o marchitez bacteriana, pudrición marrón en tubérculos de papa y en musáceas el moko o hereque del banano (Trujillo, 1998; Nava, 2002; Agrios, 2005; Elphinstone, 2005; Charkowsky *et al.*, 2020).

## Síntomas

Los síntomas externos más frecuentes de las plantas infectadas son marchitamiento, retraso del crecimiento y coloración amarillenta del follaje. Otros síntomas son hojas dobladas hacia abajo mostrando epinastía foliar; en el caso del tomate, raíces adventicias que crecen en los tallos y la observancia de estrechas rayas oscuras correspondientes a los haces vasculares infectados debajo de la epidermis. Aunque la enfermedad generalmente progresa hasta el marchitamiento completo y el colapso de la planta, la expresión de los síntomas y velocidad del desarrollo de la enfermedad puede variar según la susceptibilidad del hospedante y la agresividad de la cepa patógena. En solanáceas los síntomas de marchitamiento en las plantas, inicialmente aparecen al mediodía y pueden desaparecer durante la noche, pero en la medida que avanza la enfermedad no se recuperan y mueren (Trujillo, 1998; Hernández *et al.*, 1999; Agrios, 2005).

Los síntomas internos más frecuentes son la decoloración progresiva del tejido vascular, principalmente del xilema, y de porciones de la médula y la corteza, a medida que se desarrolla la enfermedad, ocurre la necrosis completa. Se observa un exudado viscoso que aparece típicamente en los tallos de sección transversal en los puntos correspondientes a los haces vasculares. El taponamiento y necrosamiento del xilema, produce el colapso y la muerte de la planta (Hernández *et al.*, 2005; Karim *et al.*, 2018; Charkowsky *et al.*, 2020). Los síntomas en los tubérculos de papa infectados pueden ser visibles o no, dependiendo del estado de desarrollo de la enfermedad en relación con la temperatura predominante y en ese caso se pueden dar lo que se llama infecciones latentes, hecho muy importante ya que este tipo de material es el responsable de la diseminación de la bacteria sobre todo en semilla de papa, ya que tienen apariencia de estar sanas y a menos que se realice chequeo en laboratorio no se garantiza que el material no tenga la bacteria (García, 1999; Charkowsky *et al.*, 2020).

En el caso de las musáceas, los síntomas en campo, incluyen coloración amarillenta y marchitez de hojas inferiores, causada por la infección, que se inicia en los rizomas y se mueve hacia el pseudotallo; los frutos se deforman y se tornan de color negro. Las plantas cercanas a la madurez pueden no mostrar síntomas aparentes, pero la pulpa de los frutos puede presentar podredumbre seca y las plantas pueden morir (Nava, 2002; Fegan and Prior, 2006).

## Epidemiología

El patógeno en condiciones de alta humedad, se mueve hacia la planta hospedante por quimiotaxis en busca de los exudados radicales, se adhiere a las raíces y la penetra a través de heridas producidas ya sea por insectos, nematodos o implementos agrícolas o también a través de las aberturas formadas por la emergencia de raíces secundarias, infecta la corteza y coloniza el xilema donde causa taponamiento por la producción de exopolisacáridos y multiplicación de la población bacteriana, ocasionando marchitamiento y muerte de la planta. Después que la planta colapsa y muere, *R. solanacearum* se libera a una vida saprofita en el suelo u otro ambiente como aguas. En ausencia de un hospedante, la bacteria puede sobrevivir en hábitats naturales, donde las poblaciones pueden verse afectadas por factores bióticos y abióticos, predominantes, cuya combinación determina el tiempo de sobrevivencia del patógeno en el medio ambiente (Agrios, 2005; Charkowsky *et al.*, 2020).

La bacteria puede permanecer en las plantas enfermas o en los restos de plantas, en órganos de propagación vegetativa, como los tubérculos de papa y los rizomas del plátano, sobre las semillas de

**Cuadro 1:** Distribución a nivel nacional de *Ralstonia solanacearum*, razas y hospedante que afecta.

Raza presente	Hospedante que afecta	Estados
Raza 1	Tomate, papa, pimentón, ají, berenjena, tabaco, cebolla, geranio	Lara, Carabobo, Aragua, Carabobo, Guárico, Cojedes, Barinas, Yaracuy, Monagas, Miranda.
Raza 2	Cambures, plátanos, topochos, Heliconias	Yaracuy, Táchira, Miranda, Zulia, Aragua, Carabobo, Monagas
Raza 3	Papa, tomate.	Mérida, Táchira, Trujillo, Miranda

algunas plantas hospedantes silvestres y quizá en el suelo. Los tejidos infectados dañados o descompuestos dejan bacterias en el suelo. Las bacterias se diseminan a través del agua, suelo, semillas infectadas o contaminadas, rizomas y trasplantes, mediante herramientas, sobre todo cuchillos contaminados que se utilizan para cortar los tubérculos y rizomas y, en algunos casos, mediante insectos. Una vez que penetra a la planta, llega a los grandes vasos del xilema y a través de ellos invade la planta. Una vez en el xilema, pasa hacia los espacios intercelulares de las células parenquimatosas de la corteza y médula, degradan las paredes celulares y forman cavidades llenas de masas mucilaginosas de bacterias y restos de células (Agrios, 2005; Hernández *et al.*, 2005).

Aunque *R. solanacearum* está considerada un patógeno del suelo, la supervivencia suele ser de corta duración a baja temperatura en suelo desnudo, pero es significativa en plantas hospedantes silvestres alternativas (especialmente especies de solanáceas perennes que crecen en condiciones de anegamiento o que invernan voluntarios). Se ha demostrado que las bacterias sobreviven en una forma viable pero no cultivable en condiciones de estrés en el suelo y el agua (Kong *et al.*, 2014), pero la relevancia epidemiológica de esto no está clara. Importante el hecho de que, en el caso de la papa, dependiendo de la temperatura, la bacteria puede permanecer en forma latente en tubérculos (Charkowsky *et al.*, 2020).

### Distribución a nivel nacional

*R. solanacearum* está ampliamente distribuida en todas las zonas en las cuales se siembran solanáceas, musáceas y otras especies a nivel nacional. La raza 3 que afecta principalmente a tomate y papa, predomina en las zonas de temperaturas más bajas como es el caso de los estados Mérida, Táchira y Trujillo. Mientras que la raza 1 tiene una mayor distribución (Cuadro 1). La raza 2 que afecta a las musáceas y heliconias, se encuentra en las principales zonas de cultivo de plátanos, cambures y heliconias.

### Manejo de la enfermedad

El manejo de la bacteria es limitado y se ve obstaculizado por la facultad del patógeno de sobrevivir durante años en suelo húmedo, estanques de agua, en restos de plantas o en malezas hospedantes asintomáticas, que actúan como reservorios de inóculo. Hasta ahora el mejoramiento para resistencia, aunque efectiva en unos pocos casos, se ve obstaculizado por la amplia diversidad de cepas patógenas (Mansfield *et al.*, 2012).



En ausencia de cualquier control químico curativo, la prevención de la marchitez bacteriana se basa en gran medida en la disponibilidad de material de siembra libre de patógenos y una vigilancia y monitoreo efectivos para proteger las áreas libres de las bacterias (Charkowsky *et al.*, 2020). En nuestro país estas condiciones no se cumplen y se ha dado el caso de semilla por ejemplo de papa que viene infectada.

Sólo deben utilizarse tubérculos, trasplantes, rizomas y otros órganos libres de bacterias y las herramientas, tales como los cuchillos, deben desinfectarse sumergiéndolos durante 10 segundos o más en una solución de formaldehído al 10% u otro desinfectante cuando se utilicen de planta en planta. Las plantas de plátano enfermas y los rizomas deben cortarse y quemarse, al igual que las plantas en torno a ellos que estén infectadas, aun cuando no muestren todavía los síntomas de la enfermedad (Agrios, 2005).

Cuando la enfermedad se detecta en campo es poco lo que se puede hacer por la falta de productos bactericidas efectivos contra la bacteria y en algunos casos los agricultores por esa dificultad, han llegado a utilizar hasta formol para aplicaciones en campos de tomate infectados. No existen en estos momentos disponibles en el mercado productos biológicos recomendados para este patógeno, aunque en estudios realizados en nuestro país, han demostrado la potencialidad del uso de bacterias antagonistas para el control de *R. solanacearum*. Las más promisorias tanto *in vitro* como *in vivo* son *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* sp., *Serratia* sp. (Mejías, 2010; Fuentes 2013; Fuentes *et al.*, 2013; Hernández *et al.*, 2013; Rodulfo, 2017). También la utilización de extractos vegetales de especies de plantas como tártago (*Ricinus communis*), guayaba (*Psidium guajaba*), rabo de alacrán (*Heliotropium indicum*), algodón de seda (*Calotropis procera*), mata ratón (*Gliricidia sepium*) (Arocha, 2010; Paiva, 2010; Quintana *et al.*, 2018).

## Diagnóstico

*Ralstonia solanacearum*, si se tiene el entrenamiento adecuado, lo cual no es nuestro caso ya que existen pocos especialistas en el área, es fácil de identificar en campo por la sintomatología que produce en plantas y haciendo una prueba de flujo bacteriano, no obstante, siempre es recomendable realizar análisis en el laboratorio aislando en medio de cultivos semi selectivos como el TZC de Kelman (Schaad *et al.*, 2001) y realizando algunas pruebas fisiológicas y bioquímicas. También se pueden utilizar pruebas serológicas como ELISA, inmunofluorescencia u otra. Herrera y Hernández (2014) adaptaron la técnica de microaglutinación en porta objeto para *R. solanacearum*, lo que permite detectarla en forma rápida y sencilla de cualquier muestra. Muñoz *et al.* (1995) detectaron la bacteria en semillas de tomate utilizando pruebas de doble difusión en agar. En el país existen laboratorios que, con la dotación de reactivos y financiamiento necesarios, están en la capacidad de realizar la identificación ya sea a través de pruebas fenotípicas, serológicas y moleculares.

Es necesario realizar un estudio a través de pruebas moleculares para determinar con precisión el o los filotipos presentes en el país, para ello se requiere contar con los laboratorios equipados y con los reactivos necesarios para tal fin.

Debido al peligro que representa esta plaga, el INSAI, para el año 2018, dictó una providencia administrativa que tenía como objetivo establecer las medidas y procedimientos fitosanitarios para detección, prevención y erradicación, manejo y control del patógeno que causa la enfermedad.

## Pudriciones blandas

Las pudriciones blandas bacterianas afectan con mayor frecuencia a las hortalizas que tienen tejidos carnosos como las papas, tomates, zanahorias (*Daucus carota*), pimentón, ají, cebollas (*Allium cepa*), ocumo (*Xanthosoma sagittifolium*), hojas y tallos como lechugas (*Lactuca sativa*), repollos

(*Brassica oleracea* var. *Capitata*), también árboles frutales. Se encuentran distribuidas por todo el mundo y producen pérdidas considerables en el campo, durante su transporte y especialmente en el almacenamiento, dando como resultado, pérdidas totales de órganos vegetales en mayor magnitud que en cualquier otra enfermedad ocasionada por bacterias. Dichas pudriciones producen pérdidas económicas considerables al disminuir la cantidad y calidad de productos disponibles para la venta (Trujillo, 1998; Trujillo y Hernández, 2000; Rodríguez *et al.*, 2002; Hernández, 2004; Agrios, 2005; Charkowsky, 2018; Charkowsky *et al.*, 2020).

### Agente causal

En Venezuela, principalmente tres especies de bacterias están asociadas a las pudriciones blandas entre ellas *Pectobacterium carotovorum* (antes *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*), *Pectobacterium atrosepticum* (*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*) y *Dickeya chrysanthemi* (*Erwinia chrysanthemi*, *Pectobacterium chrysanthemi*) (Trujillo, 1998; Pino, 2001; Hernández, 2009).

Los géneros *Pectobacterium* y *Dickeya*, son miembros de las  $\beta$ -Proteobacteria, orden Enterobacterales, familia *Pectobacteriaceae*. Tanto *Pectobacterium* como *Dickeya* pertenecieron originalmente al género *Erwinia*. Estas bacterias se caracterizan porque son gran negativas, con forma de bastón, anaeróbicas facultativas, poseen flagelación peritrica, oxidasa negativa, producen ácido de glucosa y no utilizan el almidón (Schaad *et al.*, 2001; Kado, 2006).

### Síntomas

Al principio, en los tejidos de los órganos afectados, aparece una pequeña lesión acuosa que se extiende con rapidez en el tejido tanto en diámetro como en profundidad, la zona afectada se ablanda y suaviza. Generalmente, los bordes de las lesiones inicialmente están bien definidos, pero luego se tornan irregulares. Los tejidos de la zona afectada en estados avanzados terminan desintegrándose hasta formar una masa blanda de células desorganizadas. En algunos frutos como es el caso del tomate, ají, pimentón y tubérculos como la papa (Custodio 1993, Faria *et al.*, 1993; Trujillo, 1998; Pino, 2001), la superficie externa puede permanecer intacta, a diferencia de todos sus contenidos que cambian hasta constituir un líquido turbio. Sin embargo, es más frecuente que se formen grietas y que exuden de ellas masas mucilaginosas hasta la superficie que cuando se exponen al aire, se tornan de color canela, gris o café oscuro. Un fruto o tubérculo completo puede transformarse en una masa putrefacta blanda, aguanosa e incolora al cabo de un período de 3 a 5 días. Los órganos infectados de muchas plantas casi no tienen aroma alguno hasta que se colapsan, pero después las bacterias secundarias, hacen que los tejidos se descompongan y producen un olor desagradable. Sin embargo, en el caso de las cebollas y crucíferas, casi siempre desprenden un olor sulfuroso desagradable desde el principio (Pino, 2001; Agrios, 2005).

### Rango de hospedantes

En nuestro país las bacterias que causan las pudriciones blandas son las más ampliamente diseminadas y con mayor rango de hospedantes. Se han detectado en diferentes especies de plantas desde hortalizas (Faría *et al.*, 1991; Custodio, 1993; Hernández *et al.*, 1997; Trujillo, 1998; Pino, 2001), raíces y tubérculos, (Guevara *et al.*, 1992; Faría, 1993; Varela, 1999), plantas ornamentales (Trujillo *et al.*, 2005; Hernández, 2009), frutales (Guevara *et al.*, 1980; Maselli *et al.*, 1989) (Cuadro 2).



**Cuadro 2.** Rango de hospedantes en Venezuela de las bacterias que causan pudriciones blandas.

Hospedante	Nombre científico	Bacteria
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> , <i>P. atrosepticum</i> , <i>Dickeya chrysanthemi</i>
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	<i>P. carotovorum</i> , <i>D. chrysanthemo</i>
Pimentón	<i>Capsicum annuum</i>	<i>P. carotovorum</i> , <i>D. chrysanthemi</i>
Ají	<i>Capsicum frutescens</i>	<i>P. carotovorum</i>
Ocumo	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	<i>P. carotovorum</i>
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	<i>P. carotovorum</i>
Batata	<i>Ipomoea batatas</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Plátanos	<i>Musa AAB</i>	<i>P. carotovorum</i> , <i>D. chrysanthemo</i>
Lechosa	<i>Carica papaya</i>	<i>P. carotovorum</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i>	<i>P. carotovorum</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>	<i>D. chrysanthemo</i>
Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	<i>P. carotovorum</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	<i>P. carotovorum</i>
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>	<i>P. atrosepticum</i>
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	<i>P. carotovorum</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	<i>P. carotovorum</i> , <i>D. chrysanthemi</i>
Dieffenbachia	<i>Dieffenbachia</i> sp.	<i>D. chrysanthemo</i> , <i>P. carotovorum</i>
Aglaonema	<i>Aglaonema commutatum</i>	<i>P. carotovorum</i>
Crisantemo	<i>Chrysanthemum</i> sp.	<i>P. carotovorum</i>
Zábila	<i>Aloe vera</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Planta de sapo	<i>Stapelia gigantea</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Orquídea	<i>Catasetum</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Lirio araña	<i>Crinum asiaticum</i>	<i>P. carotovorum</i>
Ave del paraíso	<i>Strelitzia reginae</i>	<i>P. carotovorum</i>
Filodendro	<i>Philodendrum</i>	<i>P. carotovorum</i>
Singonio	<i>Syngonium podophyllum</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>	<i>P. carotovorum</i>
Apio España	<i>Apium graveolens</i>	<i>P. carotovorum</i>
Apio	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	<i>P. carotovorum</i> , <i>D. chrysanthemi</i>
Escarola	<i>Chicorium endivia</i>	<i>P. carotovorum</i>
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Botrytis</i>	<i>P. carotovorum</i>
Achicoria	<i>Chicorium intibus</i>	<i>D. chrysanthemi</i>
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	<i>P. carotovorum</i>

Mención especial merece la bacteriosis en mango (*Mangifera indica*), que afecta el fruto y tronco del mango, una de las bacterias involucradas en el país es *P. carotovorum* (antes *E. carotovora*) (Guevara *et al.*, 1980; Guevara *et al.*, 2002). Esta es una de las enfermedades más importantes del mango en Venezuela; afecta principalmente los cultivares comerciales Haden, Tommy Atkins y Manzano, y se ha convertido en una limitación seria para su exportación.

## Epidemiología

Las bacterias de las pudriciones blandas se perpetúan en los órganos carnosos infectados ya sea que estén almacenados o en el terreno de cultivo en restos de plantas infectadas, en el suelo, en las pupas de varios insectos. La enfermedad puede aparecer inicialmente en el campo, en plantas desarrolladas a partir de semillas previamente infectadas, como es frecuente en el caso de la papa (Faría *et al.*, 1991) y menos frecuente en tabaco. Algunos tubérculos, rizomas y bulbos son infectados por las bacterias una vez que se ha establecido o reproducido en el suelo. Por lo común, estas infecciones se producen a través de heridas. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, las bacterias invaden a los tubérculos en el caso de la papa, a través de lenticelas. La inoculación por bacterias de los órganos carnosos y su diseminación posterior son facilitadas considerablemente por los insectos, los cuales permiten el avance de la infección en forma bastante eficiente tanto en el almacenamiento como en el campo. Las bacterias pueden vivir en todas las etapas de desarrollo del insecto. Además, los cuerpos de las larvas del insecto llegan a contaminarse con bacterias cuando reptan cerca del suelo infestado o sobre semillas podridas. Por lo tanto, cuando tales insectos atacan a las plantas sanas o a los órganos almacenados al producir heridas en ellos, no sólo llevan las bacterias a las plantas, sino que las depositan en esas heridas a partir de las cuales producen la enfermedad (Agrios, 2005).

Aun cuando las plantas o los órganos almacenados sean resistentes a la pudrición blanda y puedan detener su avance al formar capas de corcho como sucede en la papa, los gorgojos que se encuentran en ellos destruyen dichas capas protectoras tan rápido como se forman, lo cual hace que las heridas nunca sanen y que la enfermedad continúe avanzando.

Cuando las bacterias penetran a través de las heridas, se multiplican y propagan inicialmente en los líquidos liberados por las células degradadas de la superficie herida del órgano. La inoculación va seguida de una rápida propagación de las bacterias, las cuales producen cantidades crecientes de enzimas pectolíticas y celulolíticas. Las enzimas degradan las sustancias pépticas de la lámina media y de la pared celular y producen la maceración de los tejidos. Las enzimas celulolíticas producen la degradación parcial y el ablandamiento de la celulosa de las paredes celulares. Como resultado de la acción de estas y otras enzimas, el agua de los protoplastos de las células se difunde por los espacios intercelulares; las células se plasmolizan, colapsan y mueren. (Agrios, 2005; Charkowsky, 2018).

## Distribución geográfica

Las bacterias de las pudriciones blandas, principalmente *Pectobacterium carotovorum* y *Dickeya chrysanthemi* se encuentra diseminadas en todo el país, mientras que *P. atrosepticum* se ha encontrado en zonas de temperaturas más frescas como Sanare en el estado Lara, Chirgua edo. Carabobo, Mérida, se han detectado en semillas, campo, viveros y en expendios a nivel comercial (Custodio, 1993; Pino, 2001; Hernández, 2009).

## Manejo de la enfermedad

Los patógenos bacterianos de la pudrición blanda son comunes en el suelo, agua de riego, por lo que su exclusión de los sistemas de producción al aire libre no es factible. Actualmente, no existen

métodos efectivos para eliminar las bacterias de la pudrición blanda, lo que significa que los productores no tienen forma de curar las plantas infectadas, por lo que el control se basa casi exclusivamente en prácticas de cultivo y medidas sanitarias adecuadas (Agrios, 2005; Charkowsky, 2015; Charkowsky, 2018).

Deben eliminarse todos los desperdicios de los almacenes y desinfectar las paredes con soluciones que contengan formaldehído, sulfato de cobre, amonio cuaternario u otro desinfectante. Evitar en la medida de lo posible provocar heridas en las plantas y de sus órganos de almacenamiento para que no sean puerta de entrada de las bacterias. Almacenarse solo plantas, tubérculos, frutos y otros órganos que estén sanos. Cuando aparezcan nuevas infecciones durante su almacenamiento, los órganos infectados deben separarse con rapidez y posteriormente quemarse. Los órganos que se deseen almacenar deben estar secos y el nivel de humedad de los almacenes debe mantenerse bajo a fin de evitar las infecciones. Las temperaturas cercanas a los 4 °C en los almacenes inhiben el desarrollo de nuevas infecciones. Las hortalizas de hojas deben enfriarse de 4 a 6 °C inmediatamente después del arribo al almacén.

En el campo, sembrar las plantas en áreas bien drenadas, permitiendo que haya espacios suficientes entre ellas para que se ventilen adecuadamente y evitando la irrigación excesiva del suelo.

En mango, el control de la enfermedad debe comenzar con el uso de material de propagación sano, haciendo inspecciones periódicas en el vivero y plantación para detectar el problema a tiempo y aplicar tratamientos adecuados; además de eliminar y quemar los restos vegetales de las plantas muy afectadas; las herramientas usadas se deben desinfectar con cloro para evitar la propagación de las bacterias al realizar las prácticas agronómicas (Rondón y Guevara, 1998). Sin embargo, hasta el presente sigue siendo un problema el control de las bacterias que causan la enfermedad.

En estudios realizados se muestra la potencialidad de utilizar bacterias biocontroladoras como *Pseudomonas fluorescens* que han tenido efectividad para el control (Hernández *et al.*, 2012; Hernández *et al.*, 2013) y extractos vegetales (Hernández *et al.*, 2007a; Hernández *et al.*, 2007b).

## **Detección**

Dado que las pudriciones blandas son causadas por un complejo de patógenos bacterianos, se requiere la detección de cada especie para identificar importantes reservorios y su distribución, por lo que se hace necesario realizar pruebas en laboratorio.

En campo un técnico con formación y entrenamiento en el área, fácilmente puede asociar los síntomas con bacterias que causan pudriciones y generalmente esta asociación es con *Pectobacterium carotovorum*. En laboratorio estas bacterias son fácilmente aisladas en medios de cultivo y su identificación no es complicada si se realizan las pruebas adecuadas.

## **Huanglongbing, dragón amarillo o enverdecimiento de los cítricos**

Huanglongbing (HLB) o dragón amarillo es la más grave enfermedad de la citricultura a nivel mundial, ha devastado en pocos años zonas cítricas enteras en India, China, Estados Unidos de América, Brasil, en 20 países de Asia y 11 países de África (Thind, 2019). Bove (2006) ha afirmado acertadamente que el Huanglongbing (enverdecimiento) de los cítricos es la más importante, seria, severa, destructiva, y devastadora enfermedad de los cítricos en el mundo.

La reducción en el rendimiento puede variar del 30% al 100% dependiendo de la proporción de

dosel afectado y la edad de los árboles al ser infectados (Ammar *et al.*, 2016). Los huertos afectados se vuelven económicamente inviables en 7 a 10 años después de la siembra. Cerca de 100 millones de árboles han sido destruidos en muchos países de Asia meridional y sudoriental, Indonesia, Filipinas, India, Península Arábiga y Sudáfrica. Desde 2004, más de 500 mil árboles han sido oficialmente destruidos en Brasil debido a esta enfermedad y alrededor de 300 a 400 mil árboles destruidos extraoficialmente por los productores comerciales de cítricos (Gottwald *et al.*, 2007). En la India durante la década de 1960, se indicaron pérdidas catastróficas por la enfermedad (Fraser *et al.*, 1966).

La bacteria puede infectar todos los cultivares comerciales de cítricos y causar pérdidas económicas sustanciales.

En Venezuela en el año 2017 fue reportada oficialmente la enfermedad (INSAI 2017; Marys *et al.*, 2020), aunque ya se venía alertando su presencia desde el 2016 (Morales *et al.*, 2021). Según Morales *et al.* (2021), el HLB en Venezuela ha incidido en la disminución en más de 50% de la superficie sembrada de cítricos, achacado al hecho de que los agricultores han migrado hacia la siembra de otros cultivos, debido a la imposibilidad de un manejo adecuado de la enfermedad por falta de recursos e insumos.

La enfermedad se encuentra asociada a tres especies de bacterias que están restringidas al floema de las plantas: *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Ca. Liberibacter africanus* y *Ca. Liberibacter americanus*. Estas bacterias Gram-negativas, pertenecen al filum Proteobacteria, clase Alphaproteobacteria, | orden Hyphomicrobiales, Familia Rhizobiaceae. La bacteria es transmitida por un insecto denominado psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* kuw.) en climas calientes y por el psílido *Trioza erytreae* en climas más fríos (Camacho-Tapia *et al.*, 2015; SENASICA, 2019).

## Hospedantes

Afecta a plantas de la familia *Rutaceae*. Los más severamente afectados son el naranjo (*Citrus sinensis*), mandarino (*C. reticulata*) y tangerino (*C. deliciosa*). Las afecciones son menores o inexistentes en naranja trifoliata con sus híbridos, lima mexicana (*C. aurantifolia*) y pomelo (*C. paradisi*). Por otra parte, el azahar de la india (*Murraya paniculata*) se cita como hospedante secundario (Camacho-Tapia *et al.*, 2015).

En Venezuela la enfermedad es producida por *Ca. Liberibacter asiaticus* y su vector es *Diaphorina citri*, el cual se hospeda en todas las variedades cítricas y también en la planta ornamental *Murraya paniculata* (Marys *et al.*, 2020; Marys *et al.*, 2021; Morales *et al.*, 2021).

## Síntomas

El huanglongbing, HLB, o también llamado dragón amarillo, recibió su nombre en la China en alusión a los síntomas de brotes amarillos en algunos sectores de la planta, que se distingue de la falta de nutrientes por ser de forma asimétrica, es decir las manchas que se presentan de un lado de la hoja no se repiten del otro lado del nervio central. Las hojas también pueden presentar moteados irregulares. Otro síntoma de la enfermedad, es la formación de ramas con hojas amarillas, mientras que el resto del árbol tiene las hojas verdes de color normal. Frutos pequeños de pobre coloración y asimétricos, tienen sabor amargo y agrio. Presentan manchas circulares verde claro, que contrastan con el verde normal del fruto y una inversión del color. Internamente, existe diferencia de maduración y aborto de semillas. Se observa una columela curvada con manchas amarillas en la base del disco del fruto. Las plantas

infectadas colapsan y mueren. En estudio realizado por Marys *et al.* (2021) en las principales áreas cítricas en nuestro país, encontraron síntomas como manchas y coloración amarillenta en las hojas, brotes amarillos, síntomas similares a la deficiencia de Zn, aclaramiento de venas, muerte regresiva de ramitas y frutos ladeados, similares a los síntomas informados en otras partes del mundo

## Epidemiología

La bacteria del HLB está íntimamente relacionada con el vector que la trasmite de una planta enferma a una sana. La relación que se establece entre *Ca. Liberibacter asiaticus* y *D. citri* es del tipo propagativa-circulativa, esto significa que el vector puede adquirir la bacteria de 5 a 7 h después de alimentarse de la savia de plantas enfermas, seguido de un período de latencia de 3 a 20 días, tiempo durante el cual se multiplica dentro del vector y luego puede transmitirse a nuevas plantas (Xu *et al.*, 1988; Pelz-Stelinski *et al.*, 2010; Ammar *et al.*, 2011). Si el vector adquiere la bacteria al alimentarse de una planta afectada, la transmitirá persistentemente, a lo largo de toda su vida, incluso el estado ninfal, por lo tanto, es necesario eliminar todas las plantas con síntomas de la enfermedad, además de realizar el control químico del vector.

La bacteria una vez es transportada por el psílido de la planta infectada a la planta sana, se aloja en el floema donde reside exclusivamente en esos tejidos. A medida que la bacteria se multiplica, interrumpe el suministro de nutrientes que se mueven por toda la planta, debilitándola y finalmente matándola.

*Ca. Liberibacter asiaticus* es tolerante al calor; los síntomas se desarrollan en condiciones de humedad baja y hasta temperaturas de 35 °C, que es la temperatura que resiste *D. citri* (Bové, 2006; Lopes *et al.*, 2009).

## Distribución a nivel nacional

En un estudio realizado por Marys *et al.* (2021), el único hasta el presente, mostró una amplia distribución de la bacteria en la región central, principal zona de producción de cítricos del país, siendo diagnosticada en 17 municipios ubicados en los estados Aragua, Carabobo, Yaracuy y Portuguesa. Se encontraron altos porcentajes de incidencia de HLB en Aragua (87,5%), Carabobo (65%), Portuguesa (100%) y Yaracuy (77,5%). El hecho de haber encontrado una incidencia tan alta en Aragua que es donde estaban los principales viveros desde los cuales se distribuían plantas a casi todo el país, hace presumir que posiblemente la enfermedad tenga una mayor distribución.

La bacteria también fue detectada en *C. microcarpa*, *M. paniculata* (utilizado como una planta ornamental) y *S. glutinosa* (utilizada como barreras vivas) y estas especies también son hospedantes de *D. citri* en todas las regiones encuestadas (Marys *et al.*, 2021).

## Manejo de la enfermedad

El manejo de HLB implica que haya un monitoreo permanente de la plaga y sus vectores, a través de inspección, relevamiento o prospecciones en huertos y viveros cítricos y la instalación de trampas para vectores. Introducir en el campo material de propagación sano. Uso de plantas certificadas. Denunciar la presencia o sospecha de la plaga o sus vectores, al organismo de Protección Fitosanitaria del país. Realizar control de vectores. Eliminar plantas positivas sintomáticas para reducir los niveles de inóculo, aislamiento geográfico, y certificación de la propagación de brotes y árboles de vivero libres de patógenos.

El control progresivo del HLB demanda que los servicios nacionales de sanidad vegetal cuenten con competencias y habilidades específicas para la comunicación del riesgo, vigilancia, diagnóstico y manejo sustentadas en evidencias científicas actualizadas. Por otro lado, los servicios de sanidad vegetal deben ser capaces de involucrar en el manejo de la enfermedad a los productores y a la sociedad civil, especialmente en aquellos casos donde la producción de cítricos es a pequeña escala, o donde existe presencia de plantas enfermas a nivel de traspato.

Actualmente en nuestro país, existe una situación económica delicada y los agricultores no cuentan con el músculo financiero que les permita afrontar el incremento en gastos asociados al control del HLB de los cítricos, representado en mayor requerimiento de mano de obra para las podas y erradicaciones de árboles, así como la compra y aplicación de insecticidas, fertilizantes y abonos foliares. Es de vital importancia para la sobrevivencia de la citricultura, iniciar el proceso de certificación de plantas sanas, acompañadas de un control eficiente del vector y esto solo se puede llevar a cabo en alianza entre el estado y sector privado.

## Detección

La detección de la enfermedad es difícil solo por los síntomas y si son plantas asintomáticas es más complicado. Debido a que la bacteria es muy fastidiosa para su aislamiento y mantenimiento, el diagnóstico debe realizarse en laboratorios equipados para realizar pruebas moleculares en este caso, PCR para detectar el ADN de la bacteria en plantas hospedantes o insectos vectores. Generalmente, las muestras se recolectan de nuevos brotes de crecimiento de la punta, y las venas y los pecíolos se cortan de las hojas y se procesan para maximizar la posibilidad de encontrar la bacteria.

En nuestro país el estudio de la enfermedad y la detección de la bacteria se hace complicado ya que los laboratorios, aunque tienen el personal calificado, no cuentan con los reactivos y logística necesaria para la colección de las muestras y realización de las pruebas.

En octubre de 2017, el INSAI publica en la Gaceta oficial número 41.248 la providencia administrativa mediante la cual se establecen las medidas y los procedimientos fitosanitarios para la prevención, control y contención del HLB, y se resuelve establecer un Programa para detección, prevención, manejo y control de Huanglongbing (HLB) de los cítricos, causada por la bacteria *Candidatus liberibacter* spp. Así mismo en esta providencia, se prohibió la movilización de material vegetal de propagación de cítricos de las zonas donde se realizaron las primeras detecciones, más sin embargo está permitido el traslado de frutos siempre y cuando no lleven hojas o restos de pecíolos (INSAI 2017; Rodríguez *et al.*, 2021).

## Tizón común de la caraota

La enfermedad es producida por la bacteria *Xanthomonas phaseoli* pv. *phaseoli*, antes *X. phaseoli*, *X. campestris* pv. *phaseoli*, *X. axonopodis* pv. *phaseoli* (Constantin *et al.*, 2016). La bacteria está ubicada en la División: Bacteria, Phylum: Proteobacteria, Clase: Gammaproteobacteria, Orden: Lysobacterales, Familia: Lysobacteraceae.

*X. phaseoli* pv. *phaseoli* se caracteriza porque tiene forma de bacilo con un solo flagelo polar, aerobio obligado y requiere una temperatura óptima para su crecimiento de 28 °C. Las colonias bacterianas crecidas en medio artificial son amarillas debido a la presencia de pigmento en las



membranas conocido como xanthomonadina, hidroliza el almidón, licúa la gelatina (Albarracín *et al.*, 1982; Francisco *et al.*, 2014). Se reconocía una variante de la bacteria denominada variante fuscans la cual fue detectada en el país (Albarracín *et al.*, 1982), sin embargo, hoy día esta variante es ubicada como una especie denominada *Xanthomonas fuscans* (Constantin *et al.*, 2016).

*X. phaseoli* se encuentra presente en gran parte del mundo. Su distribución está parcialmente asociada con su habilidad para infectar las semillas de genotipos tanto resistentes como susceptibles (Darrasse *et al.*, 2007). Es la principal enfermedad bacteriana de la caraota y puede ocasionar pérdidas entre 20 y 40% (Francisco *et al.*, 2014).

En Venezuela la enfermedad se conoce desde hace más de 50 años (Pontis-Videla, 1954) y desde entonces se ha hecho la identificación plena de la bacteria (Albarracín *et al.*, 1982; Contreras, 2000) y además se conoce que está presente en todas aquellas zonas donde se siembra caraota en el país (Albarracín *et al.*, 1982; Contreras de Velásquez y Trujillo, 1984; Trujillo, 1998; Flores, 2009).

## Síntomas

Los síntomas se presentan en hojas, vainas, tallo y semillas. En hojas se observan manchas húmedas, a menudo de forma angular que al crecer y coalescer forman grandes manchas marrones de tejido muerto, rodeadas por un pequeño halo color amarillo. En los márgenes y zonas intervenales también pueden formarse manchas. En infecciones graves, la planta parece quemada y las hojas muertas permanecen adheridas a la planta. En las vainas se observan también las manchas circulares, ligeramente hundidas, húmedas y de color verde oscuro, a medida que las manchas envejecen, se vuelven de color marrón rojizo oscuro y, en condiciones de humedad extrema, se cubren con exudado bacteriano. En tallos, se forman manchas húmedas las cuales se tornan de color marrón rojizo, se necrosan y la planta se marchita. En la semilla la infección es más obvia en las variedades de semillas blancas en comparación con las variedades de semillas oscuras, se forman manchas amarillas o marrones se arrugan y puede perder viabilidad (Albarracín *et al.*, 1992; Francisco *et al.*, 2014).

## Rango de hospedantes

La bacteria además de *Phaseolus vulgaris* también afecta cultivos como *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* Gray., *Vigna aconitifolia* L., *V. unguiculata* L., *V. radiata* L., *Lablab purpureus* L., *Mucuna deeringiana* (Bort.), *Lupinus polyphyllus* (Lindl.), *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L., y *Echinochloa crus-galli* L., (Gent *et al.*, 2005; de O. Carvalho *et al.*, 2011). En nuestro país, Arcila y Trujillo (1990) encontraron la bacteria en lotes de semillas de frijol.

## Epidemiología

La enfermedad aparece en regiones bajo los 1 200 msnm, con temperaturas de 20-32 °C y lluvias frecuentes. La planta es susceptible desde la germinación hasta llenado de vainas. Los síntomas se acentúan después de la floración.

La bacteria puede sobrevivir por más de 10 años, en restos de cosecha, también en malezas, otros tipos de frijol, y semilla. Se transmite por semilla y se disemina fácilmente por salpique de lluvia o por el paso de personas o animales por los campos. La entrada de la bacteria a las plantas es a través de estomas e hidátodos. En las superficies foliares, sobrevive en espacios protegidos del ambiente como en los estomas, la parte basal de los tricomas y en los desniveles de las nervaduras formando una

biopelícula de protección (Jacques *et al.*, 2005). En un estudio realizado por Trujillo *et al.* (1989) encontraron que las poblaciones de las bacterias aumentaban en la época lluviosa en plantas y en el agua de riego, mientras que en la época seca disminuían considerablemente.

## Diagnóstico

En campo generalmente no es fácil reconocer el tizón común ya que se puede confundir con otros patógenos que causan manchas ya sean bacterianos o fungosos, por lo que el diagnóstico hay que hacerlo en laboratorio y para ello existen infinidad de técnicas desde el uso de pruebas para la detección en semillas (Trujillo *et al.*, 2005), medios de cultivo selectivos (Sheppard *et al.*, 2007), pruebas serológicas como la inmunofluorescencia y el ensayo por inmuno-absorción ligado a enzimas (ELISA), PCR (Audy *et al.*, 1994), e hibridaciones con PCR y RFLP (Zamani *et al.*, 2011). También se han desarrollado varios medios de cultivo semiselectivos como el MT (Goszczyńska y Serfontein, 1998).

## Manejo de la enfermedad

No existen reportes de control químico eficaces para esta bacteria. No obstante, se han empleado diversos fungicidas como mezclas de Bordeaux, el oxiclورو de cobre, el sulfato de cobre.

Usar semilla sana y certificada libre de la bacteria es una de las acciones más importantes. Rotar cultivos de 2 o más años entre cultivos de caraota. Eliminar plantas enfermas. Hay variedades con resistencia intermedia que mejoran la eficiencia del control químico. Aplicar fungicidas a base de cobre. El uso de antibióticos resulta caro y propicia la aparición de resistencia en el patógeno. Eliminar hospedantes alternativos como frijoles voluntarios y malezas. Evitar el riego por aspersión ya que crea las condiciones para el desarrollo de la enfermedad.

Con frecuencia se alude que el empleo de semillas libres del patógeno es la adecuada para el control de esta enfermedad. No obstante, aún con el empleo de semilla no contaminada es posible la aparición de síntomas, debido principalmente a que con la presencia de una semilla contaminada por cada 20 000 es suficiente para la transmisión del inoculo al campo de cultivo (Darrasse *et al.*, 2007).

Se necesita tener una vigilancia permanente sobre la sanidad de la semilla a utilizar y en el caso de la producción de semilla, monitoreo permanente de campos y análisis de laboratorio para el descarte de la bacteria en material foliar y en la semilla. Sin embargo, es muy común encontrar por ejemplo el uso de semilla sobre todo la de tipo artesanal que no tiene los análisis fitosanitarios correspondientes y peor aún se sabe de la utilización de grano como semilla.

## Añublo bacteriano de la yuca

El agente causal es *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* (antes *X. manihotis*, *X. campestris* pv. *manihotis*, *X. axonopodis* pv. *manihotis*), enfermedad importante, endémica en áreas tropicales y subtropicales. Esta bacteria foliar y vascular afecta gravemente la producción de yuca en todo el mundo. Dependiendo del manejo, los cultivares y las condiciones ambientales pueden ocurrir pérdidas entre el 12% y el 100% ya que la bacteria afecta tanto el rendimiento como el material de siembra (Lozano, 1986; Verdier *et al.*, 2004). Es la segunda enfermedad más devastadora de la yuca después del complejo del virus del mosaico de la yuca y puede causar más daño al cultivo que cualquier otra enfermedad bacteriana (Boher y Verdier, 1994; Fanou *et al.*, 2018).

*Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* pertenece al Phylum: Proteobacteria, Clase: Gammaproteobacteria, Orden: Lysobacterales, Familia: *Lysobacteraceae*. Se caracteriza por ser una bacteria Gram negativa, con forma de bastón, estrictamente aeróbica, tiene un flagelo polar, hidroliza el tween 80 y el almidón, produce ácido a partir de melibiosa pero no de D ribosa o de lactosa, oxidasa negativa, crece en medio con sucrosa, las colonias en medio de cultivo son sin la pigmentación amarillo característico de las *Xanthomonas*, sin embargo todas las demás propiedades coinciden con las del género (Trujillo *et al.*, 1982; Trujillo, 1998; Verdier, 2002; Camargo *et al.*, 2019).

En estudios realizados por Verdier (1998), encontraron 10 patotipos en aislamientos provenientes de los estados Monagas, Anzoátegui y Bolívar.

## Síntomas

Los síntomas de la enfermedad comprenden manchas angulares de las hojas y tizón de las hojas, marchitez, muerte regresiva, exudado gomoso y necrosis en los tejidos vasculares de los tallos y raíces. Este síndrome completo es único entre las enfermedades inducidas por una sola bacteria fitopatógena (Lozano, 1973). Los síntomas primarios, que siguen a la siembra de los esquejes infectados, son el marchitamiento de los brotes jóvenes y poco después la muerte. Los síntomas, después de infecciones secundarias, consisten en manchas angulares en las hojas seguidas de tizón, defoliación, marchitamiento y muerte regresiva. Las manchas foliares se desarrollan inicialmente como áreas angulares húmedas, claramente visibles en la superficie abaxial de las hojas. Estas manchas se tornan marrones o marrón oscuro y, a veces, dependiendo de la susceptibilidad del cultivar, se forma un halo amarillo que rodea las manchas. Las manchas se agrandan y se fusionan, formando una gran área necrótica. Las áreas necrosadas se extienden por toda la hoja que, como resultado, se enrolla y se seca. Estas hojas marchitas permanecen adheridas al tallo por un corto tiempo antes de caer (Lozano, 1973; Hernández, 1996; Trujillo, 1998; Verdier, 2002; Camargo *et al.*, 2019).

La severidad de la enfermedad varía mucho según el clima, la fertilidad del suelo, la variedad empleada y también la cantidad de inóculo presente en la zona (Verdier, 2002).

## Epidemiología

La principal forma de diseminación de la bacteria de una región a otra es por el intercambio de material vegetativo infectado.

La enfermedad comienza durante la temporada de lluvias con el establecimiento del patógeno en el follaje. Bacterias de plantas infectadas o restos vegetales en el suelo son llevadas a las hojas por el agua de lluvia o insectos. La bacteria luego se multiplica en la parte inferior de las hojas, donde forman microcolonias protegidas por el moco (Daniel y Boher, 1985a). Esta multiplicación epífita, contribuye a la acumulación de inóculo suficiente para penetrar el tejido de la lámina, a través de los estomas o las heridas que con frecuencia son causadas por fuertes vientos (Lozano, 1974; Trujillo, 1998).

Las bacterias colonizan los espacios intercelulares en el mesófilo de la hoja y se multiplican rápidamente, produciendo grandes cantidades de células y exopolisacáridos con lisis de la laminilla media del tejido (Boher *et al.*, 1995) que conduce a la formación de manchas foliares translúcidas angulares. Al penetrar la cutícula de la hoja, la bacteria segrega ácido 3-metilglutopropiónico, una toxina que provoca la quemazón angular en la hoja (Perreux *et al.*, 1982; Verdier, 2002).

El bloqueo de los vasos por la bacteria, los exopolisacáridos y la formación de tilosis, impide que la savia fluya, lo que provoca el marchitamiento de las hojas. La bacteria puede salir de los vasos localmente y forman bolsas de lisis en la médula y formar los canchales. Estas bacterias, dispersas en el agua de lluvia, pueden contaminar hojas nuevas (Verdier, 2002; Camargo, 2018).

Cuando se producen infecciones en plantas jóvenes inmaduras, las porciones aéreas pueden destruirse por completo. Cuando esto ocurre, las plantas suelen producir nuevos brotes, estos brotes jóvenes son extremadamente susceptibles y durante la temporada de lluvias se infectan rápidamente y así se prolonga la enfermedad (Lozano, 1974; Trujillo *et al.*, 1982; Trujillo, 1998).

Una larga temporada de lluvias con precipitaciones regulares (alternando fuertes lluvias y calor seco, días soleados) es el principal factor que potencia la expresión de la enfermedad. Además, el suelo pobre agrava el deterioro de la salud de las plantas de yuca (Fanou *et al.*, 2018).

Marcano y Trujillo (1984), demostraron que la expresión de los síntomas está muy relacionada con la precipitación y la alta humedad relativa. Verdier (2002) señala que la severidad de la enfermedad se incrementa cuando hay fluctuaciones amplias de la temperatura entre el día y la noche (entre 15 a 30 °C).

En ausencia de lluvia y alta humedad relativa, las poblaciones de la bacteria en las plantas disminuyen y la misma puede sobrevivir en los tejidos del tallo y las estacas y en los restos vegetales que caen al suelo, pero no en el suelo (Daniel y Boher, 1985b).

### Rango de hospedantes

*X. phaseoli* pv. *manihotis* además de la yuca se ha encontrado en forma epifítica en malezas durante al menos 30 días, en concentración moderada en *Brachiaria deflexa* (Poaceae), *Mariscus alternifolius* (Cyperaceae), *Pupalia lappacea* (Amaranthaceae) y *Solanum nigrum* (Solanaceae), mientras que las concentraciones más bajas de la bacteria se determinaron en *Dactyloctenium aegyptium* (Poaceae), *Talinum triangulare* (Portulacaceae) y *Tridax procumbens* (Asteraceae) en 30 días. Algunas otras malezas soportaron un tiempo de supervivencia más corto del patógeno, como *Cyathula prostrata* (Amaranthaceae), *Digitaria horizontalis* (Poaceae), *Euphorbia heterophylla* (Euphorbiaceae) y *Physalis angulata* (Solanaceae) (Fanou *et al.*, 2017).

En Venezuela, Marcano y Trujillo (1984), encontraron que, en la época lluviosa, la bacteria pudo ser recuperada después de 90 días de malezas comunes en el cultivo de la yuca como *Acalypha alopecuroides*, *Amaranthus* sp., *Melochia pyramidata*, *Paspalum paniculatum* y *Ruellia tuberosa*.

### Distribución geográfica

La bacteria es endémica en el oriente del país (principalmente los estados Anzoátegui, Monagas, Bolívar) y allí se conoce desde hace más de 40 años (Trujillo, 1998; Verdier *et al.*, 1998), también se ha detectado sobre todo en años muy húmedos en Aragua, Barinas, Portuguesa, Bolívar y Cojedes.

### Diagnóstico

En campo si se tiene experiencia en el cultivo y la enfermedad, la bacteria es fácil de identificar, sobre todo por la formación de las manchas de aspecto húmedo, sin embargo, muchas veces puede y es

confundida por patologías producidas por hongos. En el laboratorio, la bacteria es fácilmente aislada en medio de cultivo y sus colonias pueden ser diferenciadas por el color blanco y aspecto mucoso en el medio de cultivo sobre todo con azúcares y se puede verificar la identificación realizando algunas pruebas fisiológicas y bioquímicas. Si se desea realizar estudios sobre la variabilidad de los aislamientos es necesario realizar pruebas moleculares.

## Manejo de la enfermedad

Al igual que con otras enfermedades bacterianas, en este caso también existe la limitación de que no hay productos químicos con efectividad en el control de *X. phaseoli* pv. *manihotis* y debido a que la principal forma de diseminación de la bacteria es a través de los esquejes de plantas infectadas, lo más recomendable es seleccionar de plantaciones sanas el material para siembra. Desinfección de las herramientas para evitar la transferencia de la bacteria de una planta a otra. Así mismo se recomienda el control de malezas sobre todo en el período lluvioso, ya que la bacteria se ha encontrado en forma epifítica en especies muy frecuentes en plantaciones de yuca. Uso de materiales resistentes, en el país se tiene conocimiento de materiales con buen comportamiento al patógeno (Marcano *et al.*, 1982; Marcano *et al.*, 1984).

Con relación al control biológico, bacterias como *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas* sp. han resultado muy promisorias tanto *in vitro* como en plantas para el control de la bacteria (Martínez, 2008; Pernía, 2014).

## CONCLUSIONES

Las bacterias fitopatógenas son causantes de graves problemas en la agricultura y responsables de producir enfermedades que pueden llegar a ocasionar grandes pérdidas en los cultivos que afectan.

En Venezuela, enfermedades como la marchitez bacteriana, Moko o hereque del banano producido por *R. solanacearum*, pudriciones blandas por *Pectobacterium carotovorum*, *P. atrosepticum* y *D. chrysanthemi*, huanglongbing o dragón amarillo por *Ca. Liberibacter asiaticus*, añublo bacteriano de la yuca por *X. ph.* pv. *manihotis* y tizón común de la caraota por *X. ph.* pv. *phaseoli*, constituyen un grave problema y son causa de graves enfermedades y pérdidas en los cultivos.

La identificación del agente causal de un problema en el campo, es de vital importancia para saber qué hacer a la hora de dar recomendaciones de manejo del patógeno involucrado, y en el caso de las enfermedades bacterianas es muy común asumir que se trata de un patógeno fungoso, lo que conlleva a la aplicación de fungicidas, lo que se traduce en una pérdida de recursos y por supuesto ningún control.

El diagnóstico de las bacterias, aunque es relativamente fácil, requiere de personal entrenado para tal fin y de pruebas confirmatorias en laboratorios.

Los patógenos bacteriano tienen el inconveniente de que prácticamente no hay productos químicos efectivos para su control y otras medidas recomendadas, algunas veces resultan inefectivas, debido a que no se realizan los controles necesarios como es el caso de uso de semilla sana, desinfectar herramientas o supervisar y controlar el traslado de material que puede ir infectado de una zona a otra.

El INSAI, para cumplir con su función de vigilancia fitosanitaria, necesita entrenar personal en el



área, dotar los laboratorios de diagnóstico con la logística necesaria (equipos y materiales y suministros, reactivos y formación de personal), establecer alianzas y colaboraciones con otras instituciones como institutos de investigación y universidades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. 2005. Plant Pathology. 5<sup>th</sup> ed. Elsevier Academic Press. New York. 922 p.
- Albarracin M.; G. E. Trujillo; O. Borges 1982. La quemazón bacteriana de la caraota (*Phaseolus vulgaris*) en Venezuela. Rev. Fac. Agron. 12: 213-225.
- Álvarez, B; E.G. Biosca; M.M. López. 2010. On the life of *Ralstonia solanacearum*, a destructive bacterial plant pathogen. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. 257-279.
- Ammar, E-D.; J.E. Ramos; D.G. Hall; W.O. Dawson; R.G. Jr. Shatters. 2016. Acquisition, Replication and Inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* following Various Acquisition Periods on Huanglongbing-Infected Citrus by Nymphs and Adults of the Asian Citrus Psyllid. PLoS ONE 11(7): e0159594. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159594>.
- Ammar, E-D.; R. G. Jr. Shatters; C. Lynch; D.G. Hall. 2011. Detection and Relative Titer of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in the Salivary Glands and Alimentary Canal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) Vector of Citrus Huanglongbing Disease. Annals of the Entomological Society of America. 104(3): 526-533.
- Arcila, M.J.; G.E. Trujillo. 1990. Identificación de bacterias fitopatógenas en semillas de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp. Subsp. *unguiculata*). Agron. Trop. (Maracay). 40: 193-204.
- Arocha, A. 2010. Efecto de extractos etanólicos de *Gliricidia sepium* (Jacq) Stend, sobre el control de *Ralstonia solanacearum* Smith, en plantas de *Solanum melongena* L. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 40 p.
- Audy, P.; A. Laroche; G. Saindon; H.C. Huang; R.L. Gilbertson. 1994. Detection of the bean common blight bacteria, *Xanthomonas campestris* pv *phaseoli* and *X-c phaseoli* var. *fuscans*, using the polymerase chain reaction. Phytopathology 84: 1185-1192.
- Boher, B.; V. Verdier. 1994. Cassava bacterial blight in Africa: the state of knowledge and implications for designing control strategies. Afr. Crop. Sci. J. 2(4): 505-509.
- Bove, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly emerging century-old disease of citrus. J. Plant Pathol. 88: 7-37.
- Camacho-Tapia, M.; R.I. Rojas-Martínez; E. Zavaleta-Mejía; A. Rebollar-Alviter; S. Aranda-Ocampo; J. Suárez-Espinosa. 2016. Biological, ecological, epidemiological and management aspects of *Candidatus Liberibacter*. Revista Chapingo Serie Horticultura, 22(1): 5-16.
- Camargo, A.; C.E. López; C. Díaz. 2018. El progreso de síntomas de enfermedad en plantas de yuca *in vitro* causado por *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis*. Revista SayWa, 1(2): 49-58.



- Charkowski A.; K. Sharma; M.L. Parker; G.A. Secor; J. Elphinstone. 2020. Bacterial Diseases of Potato. In: Campos H., Ortiz O. (eds) *The Potato Crop*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10)
- Charkowski, A.O. 2015. Biology and control of *Pectobacterium* in potato. *Am. J. Potato Res.* *Am. J. Potato Res.* DOI 10.1007/s12230-015-9447-7.
- Charkowski, A.O. 2018. The Changing Face of Bacterial Soft-Rot Diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* *56*: 269-88.
- Constantin, E. C.; I. Cleenwerck; M. Maes; S. Baeyen; C. Van Malderghema; P. De Vos; B. Cottyn. 2016. Genetic characterization of strains named as *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* leads to a taxonomic revision of the *X. axonopodis* species complex. *Plant Pathology* *65*: 792-806.
- Contreras de Velásquez, N.; G. Trujillo. 1984. Evaluación de *Xanthomonas campestris* (Smih) Dye. en lotes de semilla de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante la técnica combinada del medio semiselctivo e inmunodifusión en agar. *Agron. Trop. (Maracay)* *34*: 59-68.
- Contreras, N. 2000. Reacción de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* L. a la quemazón de la caraota por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Smith, 1897) Dye, 1978. Tesis de Grado. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 234 p.
- Custodio, F. 1993. Diagnóstico de bacterias en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el estado Aragua. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 94 p.
- Daniel J.F.; B. Bohe. 1985a. Etude des modes de survie de l'agent causal de la bactériose vasculaire du manioc, *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. *Agronomie* *5*: 339-346.
- Daniel, J.F.; B. Boher. 1985b. Etude des modes de survie de l'agent causal de la bacterie vasculaire vasculaire du manioc, *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. *Agronomie* *5*: 339-346.
- Darrasse, A.; C. Bureau; R. Samson; C.E. Morris; M.A. Jacques. 2007. Contamination of bean seeds by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* associated with low bacterial densities in the phyllosphere under field and greenhouse conditions. *European Journal of Plant Pathology* *119*: 203-215.
- de O. Carvalho, A.; M.D. Cunha; R. Rodríguez; C.P. Sudré; I.S. Santos; K.V.S. Fernández; G.R. Rabelo; V.M. Gomes. 2011. Ultrastructural changes during early infection of *Vigna unguiculata* and *Phaseolus vulgaris* leaves by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and an unexpected association between chloroplast and mitochondrion. *Acta Physiologia Plantarum* *33*: 2025-2033.
- Elphinstone J.G. 2005. The current bacterial wilt situation: a global overview. In: *Bacterial wilt disease and the Ralstonia solanacearum species complex*. Allen C, Prior P, Hayward AC, (eds.) St. Paul, MN: APS Press, 9.
- Fanou, A.A.; V.A. Zinsou; K. Wydra. 2018. Cassava Bacterial Blight: A Devastating Disease of Cassava. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71527>.

- Fanou, A.A.; V.A. Zinsou; K. Wydra. 2017. Survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in weed species and in cassava debris: implication in the epidemiology of Cassava Bacterial Blight. *Int. J. Adv. Res.* 5(4): 2098–2112. <https://doi.org/10.21474/ijar01/4057> 10.
- Faría, A.; G.E. Trujillo; Y. Hernández; M. Albarracín; N. Sanabria de Albarracín. 1991. Pudrición acuosa en frutos de pimiento (*Capsicum annuum*) ‘Vizcain’. XII Congreso Nacional de Fitopatología. Maturín. Venezuela (Memorias).
- Faría, A.; Y. Hernández; T. Barreto; G. Trujillo. 1993. *Erwinia chrysanthemi* afectando papa. XII Congreso Nacional de Fitopatología. Maturín. Venezuela. (Memorias).
- Faría, A.; Y. Hernández; G. Trujillo. 1993. Presencia de la marchitez bacteriana de la papa en Sanare, Edo. Lara y caracterización del patógeno a nivel de biovar. *Fitopatol. Venez.* 6: 43 (Resumen).
- Fegan, M; P. Prior. 2005. How Complex is the “Species Complex”. In: *The Disease and the Species Complex*. Allen C.; Prior P.; Hayward A.C. (eds.). American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. pp. 449-461.
- Fegan, M; P. Prior. 2006. Diverse members of the *Ralstonia solanacearum* species complex cause bacterial wilts of banana. *Australas. Plant Pathol.* 35: 93-101.
- Flores, C. 2009. Aislamiento y evaluación *in vitro* e *in vivo* del efecto antagonista de bacterias y sus metabolitos, sobre *Xanthomonas phaseoli* causante de la quemazón bacteriana de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabajo Especial de grado. Postgrado en Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 91 p.
- Francisco, N; G. Gallegos Morales; Y.M. Ochoa Fuentes; F.D. Hernández Castillo; A. Benavides Mendoza; F. Castillo Reyes. 2013. Aspectos fundamentales del tizón común bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* Smith): Características, patogenicidad y control. *Revista Mexicana de Fitopatología* 31 (2): 147-160.
- Fraser, L. R.; D. Singh; S. P. Capoor; T. K. Nariani. 1966. Greening virus, the likely cause of citrus dieback in India. *FAO Plant Prot. Bull.* 14: 127-130.
- Fuentes, R. 2014. Identificación de una bacteriosis en geranio (*Pelargonium zonale* (L.) Ait) y posibles alternativas de control. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 68 p.
- Fuentes, R.; Y. Hernández; R. Mejías. 2013. Bacteriosis en geranio y alternativas de control. XXIII Congreso Venezolano de Fitopatología. Sociedad Venezolana de Fitopatología. Caracas. Venezuela.
- García, R.; A. García; L. Delgado. 1999. Marchitez bacteriana del tomate causada por el biovar 2 A, de *Ralstonia solanacearum* en algunas localidades del Estado Merida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana.* 43(2): 183-189.
- Genin, S. 2010. Molecular traits controlling host range and adaptation to plants in *Ralstonia solanacearum*. *New Phytol.* 187: 920-928.

- Gent, D.H.; J.M. Lang; H.F. Schwartz. 2005. Epiphytic survival of *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* and *X. axonopodis* pv. *phaseoli* on leguminous hosts and onion. *Plant Disease* 89: 558-564.
- Goszczyńska, T.; J.J. Serfontein. 1998. Milk-Tween agar, a semiselective medium for isolation and differentiation of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. *Journal of Microbiological Methods* 32: 65-72.
- Gottwald, T. R.; J.V. da Graca; R.B. Bassanezi. 2007. Citrus huanglongbing: The pathogen and its impact. APSnet Feature Story, [http:// www.apsnet.org/online/feature/huanglongbing/](http://www.apsnet.org/online/feature/huanglongbing/)
- Guevara, Y.; A. Rodón; R. Solórzano. 1980. Bacteriosis del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. *Sintomatología e identificación. Agron. Trop. (Maracay)*. 34: 152-160.
- Guevara, Y.; A. Maselli; M. Mireles; R. Figueroa; M. Marcano; A. Rondón. 2002. Evaluación de cuatro productos para el control de la bacteriosis (*Erwinia* spp.) en frutos de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 20: 110-113.
- Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 65– 87.
- Hayward, A.C. 1994. The Hosts of *Pseudomonas solanacearum*. In: *Bacterial Wilt: The Disease and Its Causative Agent, Pseudomonas solanacearum*. Hayward, A.C. and Hartman, G.L. (eds.). CAB International, Wallingford. pp. 9-24.
- Hernández, Y. 1996. Revisión Sobre Investigaciones de las Enfermedades de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Venezuela. En: *La yuca frente al hambre tropical*. Universidad Central de Venezuela. pp. 131-140.
- Hernández, Y. 2004. Enfermedades causadas por bacterias, hongos y virus en las aráceas comestibles: ocumo y taro. A. Montaldo, C. Zambrano y P. Zárrega (eds.). Ediciones OPSU. pp. 99-105.
- Hernández, Y. 2009. Enfermedades en plantas ornamentales. Identificación y control. Tesis de Grado. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 222 p.
- Hernández, Y.; G. Trujillo; C. Medina. 2007a. Alternativas de Control de *Pectobacterium carotovorum* con Productos Naturales y Extractos Vegetales. XX Congreso Venezolano de Fitopatología. San Felipe Estado Yaracuy.
- Hernández, Y.; G. Trujillo; C. Medina. 2007b. Alternativas de Control de *Dickeya chrysanthemi* con Productos Naturales y Extractos Vegetales. XX Congreso Venezolano de Fitopatología. San Felipe Estado Yaracuy (Memorias).
- Hernández, Y.; N. Mariño; G. Trujillo; T. Urbina. 2005. Invasión de *Ralstonia solanacearum* en tejidos de tallos de tomate. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 22: 181-190.
- Hernández, Y.; G. Trujillo; C. Muñoz, 1999. Identificación de bacterias que afectan a tomate, pimentón, ají y berenjena en Venezuela. 31<sup>ST</sup> Annual Meeting of the Organization of Nematologist of Tropical America (ONTA) and the 39<sup>TH</sup> Annual Meeting of the American Phytopathological Society-Caribbean Division (APS-DC). San Juan-Puerto Rico. P. B-8.

- Hernández, Y.; M. Mago; B. Paiva; R. Mejías; P. Rodulfo; Y. Quintana. 2013a. Evaluación en casa de cultivo de algunas alternativas para el control de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de la marchitez bacteriana en tomate. XXIII Congreso Venezolano de Fitopatología. Sociedad Venezolana de Fitopatología. Caracas. Venezuela (Memorias).
- Hernández, Y.; O. Castillo; R. Mejías; P. Madriz. 2012. Control de *Pectobacterium* sp. mediante bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) en condiciones *in vitro*. 1er Congreso Venezolano de Ciencia Tecnología e Innovación LOCTI-PEI. Ministerio del Poder Popular para la Ciencia Tecnología e Innovación. Caracas. Venezuela. pp. 368.
- Hernández, Y.; R. Mejías; B. Paiva; P. Madriz; P. Rodulfo. 2013b. Evaluación en condiciones de umbráculo de diferentes alternativas de control de *Pectobacterium carotovorum* causante de la pudrición blanda de la papa (*Solanum tuberosum* L.). XXIII Congreso Venezolano de Fitopatología. Sociedad Venezolana de Fitopatología. Caracas. Venezuela (Memorias).
- Herrera, D.; Y. Hernández, 2014. Técnicas de inmunofluorescencia indirecta y microaglutinación en portaobjeto para el diagnóstico rápido de *Ralstonia solanacearum* Smith en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Rev. Fac. Agron. (Maracay) 40(3): 127- 135.
- INSAI (Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral, Venezuela). 2017. Providencia Administrativa N° 046/2018 mediante la cual se establece las medidas y los procedimientos fitosanitarios para la prevención, control y contención de la enfermedad denominada Huanglongbing (HLB) (en línea). Gaceta Oficial de Venezuela N° 41.248. 02 oct. Consultado 20 jun. 2021. Disponible en <https://bit.ly/38I8iHy>
- Jacques, M.A.; K. Josi; A. Darrasse; R. Samson. 2005. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* is aggregated in stable biofilm population sizes in the phyllosphere of field-grown beans. Applied Environmental Microbiology 71: 2008-2015.
- Kado, C. 2006. *Erwinia* and related genera. In: The Prokaryotes. A Handbook on the Biology of Bacteria. Springer Science+Business Media, LLC. Third Edition. Syngapur. Vol. 6: pp. 443-450.
- Karim, Z; M. S. Hossain; M.M. Begum. 2018. *Ralstonia solanacearum*: A threat to potato production in Bangladesh. Fundamental and Applied Agriculture. 3(1): 407-421.
- Kong, H.G.; J.Y. Bae; H.J. Lee; H.J. Joo; E.J. Jung; E. Chung; S-W. Lee. 2014. Induction of the viable but nonculturable state of *Ralstonia solanacearum* by low temperature in the soil microcosm and its resuscitation by catalase. PLoS One 9(10): e109792
- Lopes, S. A.; G. F. Frare; E. Bertolini; M. Cambra; N. G. Fernandes; A. J. Ayres; D.R. Martin; J. M. Bove. 2009. Liberibacter associated with citrus huanglongbing in Brazil: 'Candidatus Liberibacter asiaticus' is heat tolerant, 'Ca. L. americanus' is heat sensitive. Plant Disease 93: 257-262.
- Lozano J. 1986. Cassava bacterial blight: a manageable disease. Plant Dis. 70: 1089-1093.
- Lozano, J. C. 1973. Bacterial Blight of Cassava in Central and South America: Etiology, Epidemiology and Control. Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT) Cali, Colombia. 19 p.

- Lozano, J. C.; L. Sequeira. 1974. Bacterial Blight of Cassava in Colombia: Epidemiology and Control. *Phytopathology*, 64(1): 83-88.
- Mansfield, J.; S. Genin; S. Magori; V. Citovsky; M. Sriariyanum; P. Ronald; M. Dow; V. Verdier; S.V. Beer; M.A. Machado. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Mol Plant Pathol.* 13(6): 614-629
- Marcano M.; G. Trujillo. 1982. Bacteriosis de la yuca; identificación de algunos aspectos epidemiológicos del patógeno que pueden utilizarse para disminuir los danos ocasionados por la enfermedad. *Fonaiap Divulga (Venezuela)* 1: 12-13
- Marcano M.; G. Trujillo. 1984. Perpetuación de la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (Berthet y Bondar) Dye. en el suelo a través de resto de cosecha. *Agronomía Tropical.* 34(4-6): 7-19
- Marcano, M.; G. Trujillo; J. Luciani; A. Rondón. 1982. Respuesta de algunos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) al añublo bacteriano. *Agron. Trop. (Maracay)* 31: 1-10.
- Marcano, M.; G. Trujillo. 1981. Papel de las malezas y otras plantas cultivadas en relación a la perpetuación de *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* causante del añublo bacteriano de la yuca. 17<sup>a</sup> Reunión Sociedad Caribeña de los Cultivos Alimenticios. Caracas. (Memorias).
- Martínez, E. 2008. Selección *in vitro* e *in vivo* de aislamientos bacterianos con capacidad antagónica contra *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela. 67 p.
- Marys, E.; R. Mejías; E. Rodríguez-Román; A. Mejías; M. Mago. 2021. Citrus huanglongbing in Venezuela: partial distribution and the relative incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in central-northern states. *Agronomía Tropical* 71: e4605364
- Marys, E.; E. Rodríguez-Román; R. Mejías; A. Mejías; M. Mago; Y. Hernández. 2020. First report on molecular evidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with citrus Huanglongbing in Venezuela (en línea). *Journal of Plant Pathology* 102:1333. Consultado 20 jun. 2021. Disponible en <https://doi.org/fn7j>
- Maselli, A.; A. Rondón; V. Tellechea. 1989. Incidencia de bacteriosis en semillas de lechosa (*Carica papaya* L.) XI Seminario de Fitopatología. Trujillo. Venezuela (Memorias).
- Mejías, R. 2010. Uso de bacterias antagonistas para el control de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* Smith en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 62 p.
- Morales, P.; M. Cermeli; E. Monteverde. 2021. La citricultura venezolana en tiempos del Huanglongbing. Visión actual y retos futuros. *Agronomía Tropical* 70: e4323260
- Muñoz, C.; Y. Hernández; G. Trujillo. 1995. Diagnóstico de enfermedades bacterianas del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en el Municipio Tovar del Estado Aragua. *Revista Forestal Venezolana* I: 52 (Resumen).
-



- Nava, C. 2002. Las enfermedades del plátano en Venezuela y su control. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 174 p.
- Paiva, B. 2010. Evaluación del uso de *Calotropis procera* (Ait) R.Br. y *Heliotropium indicum* L. en el control de *Ralstonia solanacearum* Smith en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 60 p.
- Pelz-Stelinski, K. S.; R.H. Brlansky; A. Ebert; M.E. Rogers. 2010. Transmission Parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). J. Econ. Entomol. 103(5): 1531-1541
- Pernía, M. 2014. Evaluación del efecto de extractos vegetales y productos de bajo impacto ambiental sobre el control de *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. Venezuela. 73 p.
- Perreaux, D.; H. Maraite; J.A. Meyer. 1986. Detection of 3 (methylthio) propionic acid in cassava leaves infected by *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. Physiological and Molecular Plant Pathology 28: 323-328.
- Pino, I. 2001. Identificación de bacterias fitopatógenas en cultivos hortícolas durante la postcosecha. Trabajo Especial de Grado. Postgrado en Agronomía. Facultad de Agronomía. UCV. 136 p.
- Pontis, V.R.D. 1954. La quemazón bacteriana común de la caraota. Instituto Nacional de agricultura. Maracay. Venezuela. Boletín de Extensión N° 9.
- Quintana, Y.; Y. Hernández; R. Mejías. 2018. Extractos vegetales para el control de *Ralstonia solanacearum* Smith agente causal de la marchitez bacteriana del tomate. Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay) 44(2): 41-52.
- Rodríguez, S.A.; N. Sanabria de Albarracín; A.E. Arjona; M. Albarracín; Y. Hernández. 2002. Diagnóstico postcosecha de enfermedades bacterianas en zanahoria. Fitopatol. Venez. 15:17-20.
- Rodríguez, Y.; M. Soto; L. Marín. 2020. La sanidad vegetal en Venezuela: el rol del Instituto Nacional de Salud Agrícola Integral. Agronomía Tropical 70: 1-22.
- Rodulfo, P. 2018. Efecto de bacterias antagonistas y bioestimulantes comerciales sobre el control de *Ralstonia solanacearum* Smith en plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Trabajo Especial de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. 91 p.
- Safni, I.; I. Cleenwerck.; D.P. Vos; M. Fegan; L. Sly; U. Kappler. 2014. Polyphasic taxonomic revision of the *Ralstonia solanacearum* species complex: proposal to emend the descriptions of *Ralstonia solanacearum* and *Ralstonia syzygii* and reclassify current *R. syzygii* strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *syzygii* subsp. nov., *R. solanacearum* phylotype IV strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *indonesiensis* subsp. nov., banana blood disease bacterium strains as *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* subsp. nov. and *R. solanacearum* phylotype I and III strains as *Ralstonia pseudosolanacearum* sp. nov. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 64: 3087-3103.
- Schaad, N.; J. Jones; W. Chun. 2001. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. 3<sup>era</sup> ed. The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota. USA. 371 p.



- SENASICA. 2019. Ficha técnica Huanglongbing '*Candidatus Liberibacter spp.*' Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México. Fichja técnica 78 Última actualización: abril, 2019. 34 p.
- Sheppard, J.; C. Kurowski; P.M. Remeeus. 2007. Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* var. *fuscans* on *Phaseolus vulgaris*. International Rules for Seed Testing 7-021.
- Sundin, G.W.; L.F. Castiblanco; X. Yuan; Q. Zeng; C-H. Yang. 2016. Bacterial disease management: challenges, experience, innovation and future prospects. *Molecular Plant Pathology*. 17: 1506-1518.
- Thind, B.S. 2019. *Phytopathogenic Bacteria and Plant Diseases*. C.R.C. Press. Boca Ratón, E.E.U.U. 398 p.
- Trujillo, G. 1998. Fundamentos de Bacterias Fitopatógenas. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. Alcance 56. 211 p.
- Trujillo, G.E.; Y. Hernández; M.J. Garrido. 1997. La Colección de Patógenos de Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Caso: Bacterias Fitopatógenas *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 23: 165-168.
- Trujillo, G.; L. Subero; J. Luciani. 1982. Añublo bacteriano de la yuca en la zona central del país. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 12: 213-226.
- Trujillo, G.; Y. Hernández; C. Muñoz. 2000. Semilleros de tabaco afectados por *Erwinia carotovora* subs. *atroseptica* en el estado Cojedes, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 26: 27-38.
- Varela, G.; Y. Hernández; G. Trujillo. 1999. La pudrición del tallo de la batata (*Ipomea batatas* L. Lam.) en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25: 29-40.
- Verdier, V. 2002. Bacteriosis Vascular (o Añublo Bacteriano) de la yuca causada por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. In: *La Yuca del tercer milenio*. Capítulo 9. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. 148-159.
- Verdier, V.; S. Restrepo; G. Mosquera; V. Jorge; C. López. 2004. Recent progress in the characterization of molecular determinants in the *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*-cassava interaction. *Plant Molecular Biology* 56: pp. 573-584.
- Verdier, V.; S. Restrepo; G. Mosquera; M.C. Duque; A. Gerstl; R. Laberry. 1998. Genetic and pathogenic variation of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in Venezuela. *Plant Pathology* 47: 601-608.
- Xu, C. F.; Y. H. Xia; K.B. Li; C. Ke. 1988. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama., *Proceedings of the 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists*, L. W. Timmer, S. M. Garnsey, L. Navarro [eds.]. University of California, Riverside, CA.
-

- Yuliar, Y.; Y.A. Nion; K. Toyota. 2015. Recent trends in control methods for Nion bacterial wilt diseases caused by *Ralstonia solanacearum*. *Microbes and Environments* 30: 1–11.
- Zamani, Z.; M. Bahar; M.A. Jacques; M.R. Lak; A. Akhavan. 2011. Genetic diversity of the common bacterial blight pathogen of bean, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, in Iran revealed by rep-PCR and PCR-RFLP analyses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 27: 2371-2378.