

Raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*), enfermedad bacteriana de la caña de azúcar

Ratoon stunting (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) bacterial disease of the sugarcane

Javier Delgado Padrón, Juana de las Mercedes Pérez Pérez, Mario Casas González, Lázaro Pardo Mora, Tania Casero Rodríguez y María de la Luz La O Hechavarría

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera Cujae Km 1½, Boyeros, C.P. 19390, La Habana, Cuba, javier.delgado@inicamy.azcuba.cu; lao@inica.azcuba.cu

RESUMEN

El raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) es una de las enfermedades bacterianas más importantes para la caña de azúcar. Este trabajo es una revisión bibliográfica de esta patología con el propósito de actualizar su conocimiento para fundamentar los resultados de la investigación. Esta enfermedad fue observada por primera vez en Australia en 1944, y nueve años después se informó su presencia en Cuba. Los síntomas son inespecíficos, aunque produce fluido fibrovascular que originan puntos, comas y líneas cortas de color anaranjado-rojizo en la base de los nudos de tallos, retraso del crecimiento y plantas con apariencia raquílica producto a la interferencia del transporte de agua y nutrientes a través del xilema. La producción puede resultar afectada a más del 50 %, aunque no existan síntomas visibles a medida que se incrementa el número de cosechas de las plantaciones y el grado de susceptibilidad de los cultivares. Las condiciones de estrés pueden facilitar el desarrollo de la bacteria y reducción progresiva de la producción. En la determinación de la incidencia y distribución de la enfermedad en las plantaciones cañeras se prefieren los métodos serológicos. La principal vía para la diseminación de la bacteria en la caña de azúcar es el material utilizado para la propagación, por lo que se debe realizar el tratamiento hidrotérmico a la semilla agámica y desinfección de los instrumentos de corte utilizados en las plantaciones cañeras.

Palabras clave: fluido fibrovascular, métodos serológico.

ABSTRACT

The ratoon stunting (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) is one of the most important bacterial disease for the sugarcane. This work is bibliographical review of this pathology with the purpose to update your knowledge for to explain the research results. This disease was observed for the first time in Australia in 1944 and nine years later it was informed in Cuba. The symptoms are not specific, although to produce vascular fluid that it originate points and short lines of orange-reddish color in the base of the knots of shafts takes place, delay of the growth and plants with appearance rickety product to the interference of the transport of water and nutrients through of the xilema. The production can be affected to more than 50 % although visible symptoms don't exist as it is increased the number of crops of the plantations and the susceptibility grade of the varieties. The stress conditions can facilitate the development of the bacteria and progressive reduction of the sugarcane production. In the determination of the incidence and distribution of the illness in the sugarcane plantations the serologic methods are preferred. The main way for the dissemination of the bacterium in sugarcane is the material used for the propagation, for which must carry out the hidrotérmico treatment to the agamic seed and disinfection of the court instruments used in the sugarcane plantations.

Key words: vascular fluid, serologic methods.

INTRODUCCIÓN

El raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) es una de las enfermedades bacterianas más importantes para la caña de azúcar por las pérdidas que provoca y los altos niveles de propagación e intensidad que presenta en las plantaciones (Pérez *et al.*, 2013). Se disemina en la planta a través del xilema e impide su normal funcionamiento, lo que interfiere el transporte de agua y nutrientes. Generalmente produce fluido fibrovascular que originan puntos, comas y líneas cortas de color anaranjado-rojizo en

la base de los nudos de tallos, retraso del crecimiento, disminución del número de tallos por cepa y plantas con apariencia raquílica (Alvez *et al.*, 2016).

Davis *et al.* (1980) aislaron el patógeno en un medio de cultivo artificial, afirmando que se trataba de una bacteria que denominaron *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* perteneciente al reino Eubacteria; división Bacteria; clase Actinobacteria; subclase Actinobacteridae; orden Actinomycetales; suborden Micrococcineae y familia Microbacteriaceae. En la década del ochenta

este género fue transferido al de *Leifsonia* (Davis *et al.*, 1984) y posteriormente confirmado como *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Davis *et al.*; Evtushenko *et al.*; Evtushenko *et al.*, 2000). Esta nueva clasificación es apoyada por Taher (2010) a partir del análisis filogenético molecular entre *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* y géneros relacionados.

Los síntomas, tanto externos como internos de la enfermedad raquitismo de los retoños, son inespecíficos, pues pueden estar enmascarados y originarse por varias causas (Silva, 2013). Para Garcés *et al.* (2013), las pérdidas del rendimiento agrícola se encuentran entre un 10 y 60 %, en dependencia de la resistencia de los cultivares, la cantidad de retoños cosechados sin reponer la cepa, las atenciones agronómicas efectuadas al cultivo, los estados de estrés, así como la utilización de material de propagación infectado y la no desinfección de los instrumentos de corte que facilitan su diseminación en las plantaciones cañeras.

La alta distribución, la ausencia de síntomas característicos, las dificultades para el aislamiento del organismo causal y el diagnóstico de campo, conllevan a que las evaluaciones de las afectaciones de los cultivares frente al raquitismo de los retoños resulten engorrosas y frecuentemente contradictorias (Funes *et al.*, 2012). Debido a las peculiaridades de este agente nocivo, las medidas para su manejo tienen que ser concebidas de forma integrada. Según Ponte *et al.* (2010), estas deben partir de la detección e información de la presencia del organismo causal y la puesta a punto de técnicas de diagnóstico que permitan determinar su incidencia y distribución en las plantaciones de caña de azúcar.

En el presente trabajo se llevó a cabo una revisión bibliográfica de la enfermedad raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) con el propósito de actualizar los resultados de la investigación. Esta información resulta de gran utilidad para investigadores, especialistas, técnicos y personal vinculado con el cultivo de la caña de azúcar.

Origen y distribución del raquitismo de los retoños

El raquitismo de los retoños se observó por primera vez en Australia, en el distrito de Mackay (Queensland), durante el verano de 1944-1945, al producirse, sin causa aparente, la pérdida del vigor del cultivar Q28, introducido en superficies cultivadas de caña de

azúcar y extendido con rapidez, debido a sus aceptables características agroproductivas. Por esta razón, al fenómeno observado se le denominó “mal de la Q28”, hasta 1950, cuando Steindl logró transmitir “el mal” a tallos sanos, al inocularlos con el jugo extraído de plantas afectadas. A partir de estas observaciones, se reconoció que el origen del “mal” era patológico, y se le llamó enfermedad raquitismo de los retoños de la caña de azúcar (Davis *et al.*, 1980).

La enfermedad está distribuida por más de setenta naciones productoras de caña de azúcar (Alvez *et al.*, 2016), entre estos, Vietnam (Dinh *et al.*, 2008), Argentina (Filippone *et al.*, 2010), Irán (Taher, 2010), Estados Unidos (Comstock y Gilbert, 2012), Ecuador (Garcés *et al.*, 2013), Brasil (Urashima y Marchetti, 2013), México (García, 2014) y Kenia (Mutonyi y Nyongesa, 2016).

Del mismo modo en Cuba se informó desde 1953 sobre el cultivar Q28, introducido desde Australia, en plantaciones del central Hormiguero (hoy Espartaco), provincia de Cienfuegos. A partir de esa fecha diferentes investigadores advirtieron su amplia diseminación en las superficies cañeras del país (China *et al.*, 2010; Delgado, 2014).

Sintomatología del raquitismo de los retoños

No existen síntomas externos específicos y confiables de la presencia del raquitismo de los retoños, por lo que pasa inadvertido. Estos varían considerablemente y dependen de las condiciones ecológicas, cultivar de caña de azúcar, número de cortes y edad de la plantación (Alvez *et al.*, 2016).

En este mismo sentido, Silva (2013) plantea que los síntomas, tanto externos como internos en las plantas de la enfermedad raquitismo de los retoños, son inespecíficos, pues pueden estar enmascarados y originarse por varias causas, aunque debido a la actividad patogénica del organismo causal del raquitismo de los retoños y su interacción fisiológica con la caña de azúcar, se pueden producir resinas, gomas y tilosas, conjuntamente con células bacterianas, que forman una sustancia gelatinosa, designada como fluido fibrovascular, dentro de los grandes vasos del xilema, en la base de los entrenudos y al nivel de la banda de cera (Iglesia, 2005).

En ese mismo sentido, Oropeza y Alonso (2016) señalan que el fluido fibrovascular origina puntos, comas y líneas cortas de color anaranjado-rojizo en la base

de los nudos de tallos, retraso del crecimiento, disminución del número de tallos por cepa y plantas con apariencia raquítica.

El síntoma interno de los tallos, aunque efímero, se puede detectar por la presencia de puntos con forma de cabezas de alfiler, comas y líneas cortas de color anaranjado-rojizo a rojizo-café en la base de los nudos de las plantas infectadas, que corresponden a las

bacterias dentro del tejido interno blando de la región (Fig. 1A y C). La decoloración no se extiende dentro de este a diferencia de otros agentes nocivos (Fontana *et al.*, 2014). En tallos jóvenes se puede observar, si se realiza un corte transversal, una decoloración anaranjado-rojiza, justo debajo del meristemo apical (Fig. 1B), aunque se presenta inmediatamente después del corte, ya que la misma es producida por la oxidación de los tejidos (Silva, 2013).

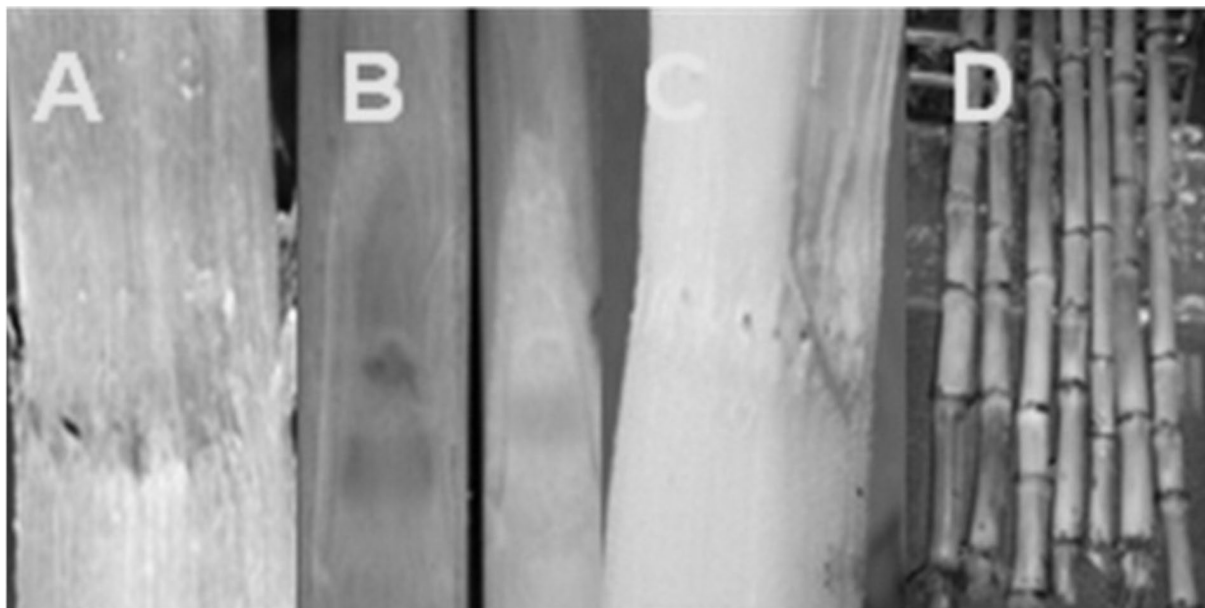


Figura 1. Síntomas causados por el agente causal del raquitismo de los retoños. A: puntos, comas y líneas cortas de color anaranjado-rojizo a rojizo café en la base de los entrenudos; B: decoloración anaranjado-rojiza debajo del meristemo apical; C: puntos anaranjados en forma de cabezas de alfiler; D: reducción de la altura de los tallos, diámetro y acortamiento de los entrenudos.

Los retoños son más afectados por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, la cual reduce la brotación y la producción. En algunos cultivares de caña de azúcar, al realizar un corte transversal de los entrenudos basales, se observa una coloración rojiza de los haces vasculares del xilema (Ipiales, 2010).

Las plantas infectadas, debido al taponamiento de los vasos del xilema, sufren retraso en el crecimiento, los tallos son más cortos y delgados, se acortan los entrenudos (Fig. 1D) y su número por cepa tiende a disminuir; finalmente estas toman una apariencia raquítica (Santana *et al.*, 2014). En infecciones severas, Yasem (2011) observó enanismo, adelgazamiento progresivo de los tallos de las cepas en los sucesivos cortes y caída de la producción.

Otros síntomas incluyen el amarillamiento pálido del follaje. En cultivares de caña de azúcar altamente susceptibles ocurre marchitamiento, necrosis en el ápice y márgenes de la hoja, reducción del sistema radical e incluso la muerte de tallos individuales. El crecimiento del cañaveral en general es más lento (García *et al.*, 2016).

Principales métodos de diagnóstico de la bacteria *L. xyli*

Se afrontan serias dificultades en el diagnóstico visual del raquitismo de los retoños, basado en la sintomatología inespecífica que desarrolla en las plantas de caña de azúcar, lo cual puede en ocasiones enmascarar los efectos de la bacteria en las mismas (Contreras *et al.*, 2008). Debido a que estos no son suficientes para su

identificación, es necesario el empleo de métodos de diagnósticos seguros y precisos.

Durante más de treinta años el agente causal del raquitismo de los retoños fue considerado como un virus, debido a las dificultades para su aislamiento en medio de cultivo artificial por su naturaleza fastidiosa, pobre desarrollo en condiciones de laboratorio y lenta multiplicación en el hospedante (Comstock y Gilbert, 2012).

La técnica de preparación de los medios de cultivo para su crecimiento es compleja, por lo cual no es aconsejable emplear el aislamiento del organismo causal para diagnósticos masivos del raquitismo de los retoños en plantaciones comerciales, aunque Taher (2010) obtuvo un cultivo puro por medio de la presión, con una pinza, de un pedazo de tejido del tallo de caña de azúcar y posteriormente la cultivó en medio caña de azúcar modificado (M-SC), el cual resultó apropiado para el crecimiento de la bacteria.

El empleo de la microscopía electrónica permitió asociar el agente causal del raquitismo de los retoños a una bacteria y facilitó la descripción sus características morfológicas diferenciales, mientras que la microscopía de contraste de fases detecta y cuantifica las células bacterianas directamente en extractos vegetales (Brumbley *et al.*, 2006). Sin embargo, esta técnica no es muy práctica para el análisis de un gran número de muestras porque la concentración bacteriana difiere entre los cultivares y no son detectadas a bajas concentraciones (Davis y Bailey, 2000). Además, el tiempo que se consume para su ejecución es elevado y posee baja sensibilidad y especificidad (Iglesia *et al.*, 2007b).

Los métodos serológicos permiten solucionar la problemática anterior y son empleados para diagnósticos masivos. Los más utilizados son Inmuno Impresión Directa de Tejidos TBIA (*Tissue-Blot Enzyme Immunoassay*) y Ensayo Inmunoenzimático de Ligamiento Evaporativo (EB-EIA), que es una variante de la té-

cnica Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) (García *et al.*, 2016).

El uso de iniciadores derivados de la región intergénica 16S-23S del RNAr (ITS) permitió el desarrollo de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (RPC), la cual resulta de gran utilidad para el diagnóstico específico, la identificación y la clasificación taxonómica de procariontes, teniendo en cuenta que se encuentra entre dos sitios generalmente conservados. En tal sentido se demostró su potencialidad para el diagnóstico específico del agente causal del raquitismo de los retoños, al evidenciar la no existencia de secuencias homólogas en otras especies bacterianas que afectan el cultivo de la caña de azúcar (Carvalho *et al.*, 2010; Yan *et al.*, 2010).

También se emplea la Reacción en Cadena de la Polimerasa en tiempo real con éxito en el diagnóstico del patógeno. Esta técnica es muy específica y sensible, pero muy costosa para el muestreo a gran escala (Monteiro, 2013).

En Cuba, las primeras observaciones al microscopio electrónico fueron realizadas por Pérez (1985), y posteriormente China *et al.* (2010) emplearon la microscopía de contraste de fases para el diagnóstico masivo del raquitismo de los retoños en la caña de azúcar. Iglesia (2005) e Iglesia *et al.* (2007; 2011) realizaron aislamientos en medios de cultivo y pruebas bioquímicas, así como la amplificación *in vitro* de secuencias específicas del agente causal del raquitismo de los retoños por reacción en cadena de la polimerasa anidada y tradicional, hasta identificar la cepa obtenida como *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (*Lxx-1*).

Delgado (2014) empleó la técnica serológica Inmuno Impresión Directa de Tejidos para la detección de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en la caña de azúcar (*Fig. 2*) y demostró la efectividad para utilizarla eficientemente en los diagnósticos del raquitismo de los retoños (*Fig. 2*). Con la misma determinó la incidencia y distribución de la enfermedad en las plantaciones cañeras (*Figs. 3 y 4*).



Figura 2. Desarrollo de la técnica de diagnóstico serológico Inmuno Impresión Directa de Tejidos en la caña de azúcar.

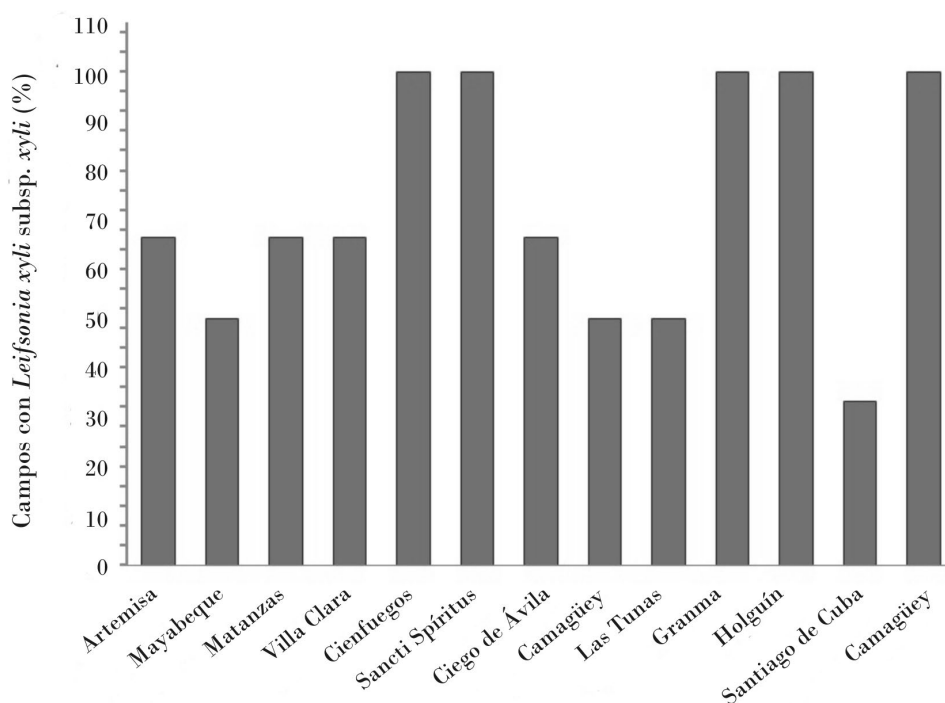


Figura 3. Presencia de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en las plantaciones de caña de azúcar muestreadas en Empresas Azucareras de Cuba.

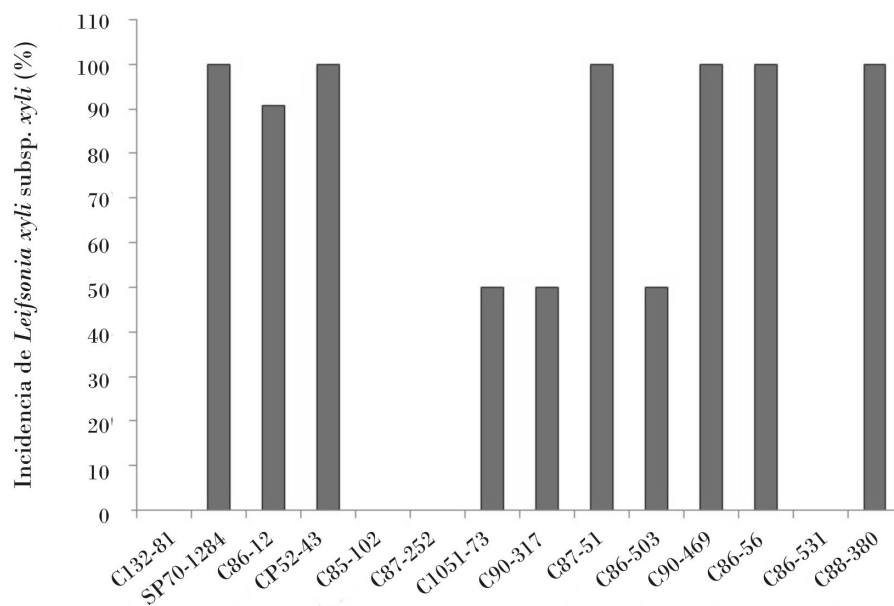


Figura 4. Incidencia de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en cultivares de caña de azúcar en plantaciones seleccionadas de Cuba.

Esta técnica ya había sido empleada por Iglesia *et al.* (2007) para relacionar sus resultados con la funcionalidad de los vasos del xilema y la presencia de la bacteria en los cultivares C111-79, C323-68, My5514, C120-78 y CP31-294.

Resulta oportuno destacar que Funes *et al.* (2012) y Garcés (2013) utilizaron Inmuno Impresión Directa de Tejidos en la detección de la bacteria causante del raquitismo de los retoños en Argentina y Ecuador, respectivamente, lo cual les permitió actualizar su distribución.

Afectaciones económicas del raquitismo de los retoños

El raquitismo de los retoños causa disminución de las producciones que pueden superar el 50 % en cultivares susceptibles, aunque los niveles de reducción de peso de la caña de azúcar por unidad de superficie por daños de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en algunas zonas son variables y dependen del cultivar, edades de corte, diferentes situaciones de estrés ambiental y presencia de otros agentes nocivos en la caña de azúcar (Alvez *et al.*, 2016).

En Pakistán, donde existe más de un millón de hectáreas dedicadas a este cultivo, ocasiona grandes pérdidas por lo que los rendimientos no sobrepasan las 50 t caña • ha⁻¹ (Hussnain *et al.*, 2011).

Fontana *et al.* (2014) afirman que en Argentina el efecto del raquitismo de los retoños en la producción depende de la incidencia de la bacteria, la susceptibilidad y tolerancia de los cultivares de caña de azúcar, condiciones de humedad en el suelo y su fertilidad. La reducción de los rendimientos agrícolas es mayor a medida que se incrementa el número de cosechas de las plantaciones, la cual se puede relacionar de manera significativa con un incremento en la incidencia del patógeno.

En Australia, las pérdidas en la producción ocasionadas por este patógeno varían entre el 10 y 15 % en caña planta, y del 20 al 25 % en socas. En condiciones de estrés por sequía, las pérdidas pueden ser mayores (Brumbley *et al.*, 2006), mientras que en Colombia se

encontró que esta bacteria puede reducir la producción entre el 65 y 70% en el cultivar de caña de azúcar EPC 33-833 (Monteiro, 2013).

En Cuba existe reducción del rendimiento agrícola del 30 % como promedio en planta y retoño (Pérez, 1985). Sin embargo, muchas veces las pérdidas que informa la literatura son obtenidas en parcelas experimentales y no siempre se cuenta con elementos suficientes para valorar las afectaciones directamente en la producción (Rufin, 2011; Pérez *et al.*, 2013).

Características de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*

En 1970 algunos investigadores observaron, con la ayuda del microscopio electrónico, un pequeño organismo semejante a una bacteria o riketsia, ligeramente curvo, con tamaño aproximado de 0,2 a 0,3 µm x 4,0 a 6,0 µm, y la presencia de un mesosoma característico, consistentemente asociado al jugo extraído de las plantas infectadas con *L. xyli* y no al de las no infectadas (Fig. 5) (Gillaspie *et al.*, 1973).

La pared celular del organismo causal del raquitismo de los retoños le permite fijar el colorante violeta cristal (Gram positivo). La bacteria es corineforme, fastidiosa y limitada a los vasos del xilema, crece lentamente sobre el medio de cultivo caña de azúcar (SC). Es inmóvil, aeróbica facultativa, forma falsas cadenas cortas, generalmente rectas y pueden presentar abultamientos en el centro y en los extremos, así como forma de “v” y septos intercelulares (Iglesia, 2005).

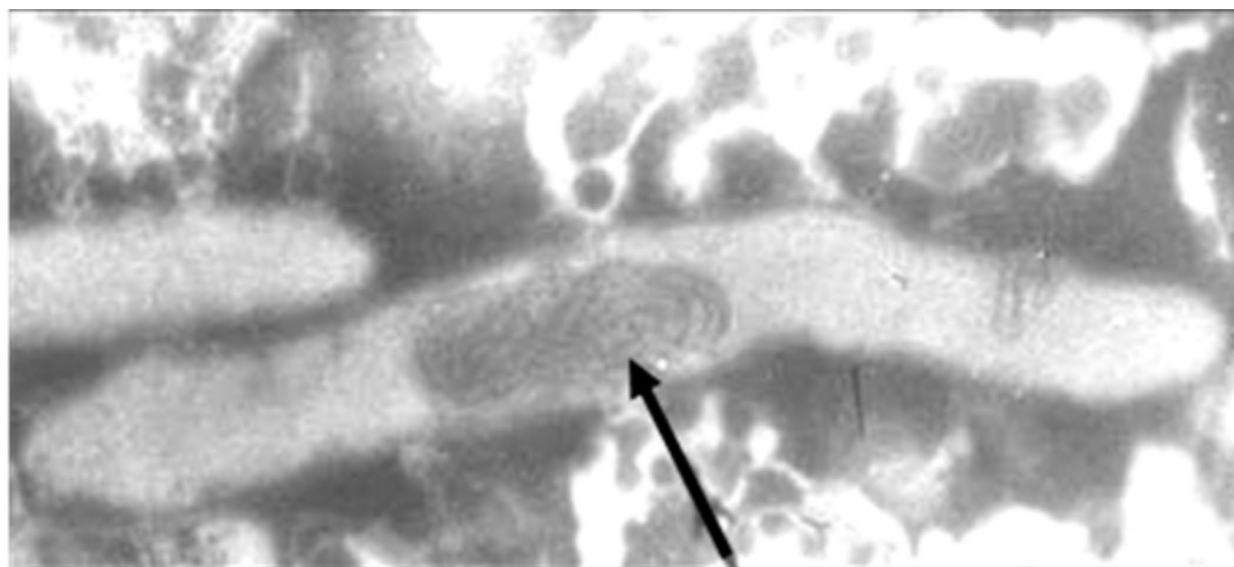


Figura 5. Mesosoma de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (tomado de Pérez, 1985).

Leifsonia xyli subsp. *xyli* tiene como temperaturas de crecimiento: mínima, 15 °C; media, 28 °C; y máxima, 31 °C (Gillaspie y Teakle, 1989). Es sensible a la kanamicina, estreptomycin, eritromicina, cloranfenicol, tetraciclina y penicilina, cuando se aplican 50 µg • ml⁻¹, pero no es sensible al actidione. Puede usar glucosa, dextrina, fructosa, maltosa y manitol; a partir de estos azúcares produce ácidos. Crece en pH desde 5,5 hasta 9,0. El porcentaje de guanina más citocina oscila entre 66 y 73 mol. Este organismo no reduce los nitratos a nitritos, no usa el malato y no hidroliza el almidón (Evtushenko *et al.*, 2000). Posee reacción positiva a la catalasa y negativa para oxidasa, no produce ácido rápido, no usa la esculina, caseína, lipasa, oxidasa, ureasa y no forma esporas (Taher, 2010).

Sus colonias son pequeñas, convexas, circulares, de márgenes enteros, no pigmentadas, transparentes, que gradualmente cambian hacia el color blanco; su diámetro varía entre 0,1 y 0,3 mm (Iglesia *et al.*, 2007b).

Según Johnson y Tyagi (2010), esta bacteria tiene un gen codificante de una proteína de la familia de las desaturasas de ácidos grasos y que podría redirigir la ruta de biosíntesis de los carotenoides a la biosíntesis de ácido abscísico (ABA) en la bacteria. Este es una hormona vegetal implicada en la inhibición del crecimiento de los tejidos vegetales. De este modo su producción y secreción puede estar contribuyendo al fenotipo de raquitismo que se observa en las plantas infectadas. El genoma de *L. xyli* fue el primero de una actinobacteria en ser secuenciado, caracterizado por una elevada presencia de pseudogenes y por su reducido tamaño; esto último seguramente se debe a su restringido nicho ecológico, el xilema de la caña de azúcar (Fontana *et al.*, 2014).

Transmisión de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*

El patógeno puede sobrevivir por largos períodos de tiempo en restos de cosecha y raíces viejas, por lo que pasa a los propágulos desde el suelo, las raíces y restos de rizomas a través del agua de una plantación de caña de azúcar que estuvo infectada antes de ser demolida, si no fueron realizadas, adecuadamente, las labores de preparación de suelo y no existió un período de tres a seis meses entre la demolición y el establecimiento del nuevo cañaveral (Rodríguez *et al.*, 2007). También puede ser transmitido por los ratones, el ganado vacuno y equino.

Peña (2007) plantea que esta bacteria infecta, en mayor o menor grado, a todos los cultivares de caña

de azúcar y es difícil obtener cultivares resistentes a la misma. No existen productos químicos para su control, y por esta razón es muy importante la sanidad de la semilla como principal medida de manejo.

En estudios realizados por Monteiro (2013) sobre la diseminación de la bacteria causante del raquitismo de los retoños, encontraron que esta presenta fundamentalmente dos sistemas de propagación: empleo de semilla agámica de caña de azúcar infectada para la plantación de nuevos lotes comerciales y el uso de las herramientas de corte (machetes) contaminados con el patógeno producto a que puede subsistir hasta 18 días en los instrumentos de troceado, y es una vía de transmisión efectiva dentro y entre surcos de la poacea. Esto hace que la frecuencia de tallos infectados se incremente, puesto que las nuevas cepas constituyen fuente de inóculo para las vecinas, lo que aumenta la dispersión en las plantaciones a través del incremento del número de cosechas.

Para García *et al.* (2016), tanto la propagación como la intensidad del raquitismo de los retoños aumentan en relación con el número de cortes de la caña de azúcar, aunque el mismo puede ser más o menos rápido, en función de la sanidad del material de plantación, atenciones agronómicas y condiciones ambientales. Esta última está más ligada al cultivar, pero también responde en gran medida a la edad de la planta.

Epidemiología del raquitismo de los retoños

China *et al.* (2007b) plantean que el organismo causal del raquitismo de los retoños mantiene estrecha adaptación a los tejidos del xilema, elevado grado de parasitismo y alta eficiencia de propagación mecánica. Una vez en el interior del tallo, la bacteria invade la planta de caña de azúcar de forma sistémica a través del xilema, aunque se encuentra en mayores proporciones en los tejidos más viejos (Martínez *et al.*, 2007).

La bacteria se ha encontrado infectando solo caña de azúcar y no se conocen insectos vectores, aunque numerosas especies de malezas y plantas de interés económico, por ser miembros de la misma familia (Poaceae), pueden llegar a ser hospederos de este patógeno; entre ellas se logró infectar mediante inoculación artificial diferentes cultivares de hierba de elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) y maíz (*Zea mays* Linnaeus) (China *et al.*, 2007a).

En ese mismo sentido, Rufin (2011) señala que el nivel de incidencia del raquitismo de los retoños y los

porcentajes de colonización de los vasos del xilema de las plantas de caña de azúcar infectadas están directamente relacionados, entre otros elementos, con la susceptibilidad de los cultivares, ya que la presencia de individuos que soporten altas poblaciones de bacterias, sin afectarse los rendimientos, puede contribuir a la diseminación rápida de la bacteria.

También las condiciones de estrés, particularmente por déficit hídrico y nutricional, pueden facilitar el desarrollo de la bacteria y reducción progresiva de la producción, así como condiciones de anegamiento prolongado, provocan predisposición de la planta y facilitan el desarrollo del raquitismo de los retoños (Garcés, 2013).

Manejo integrado del raquitismo de los retoños

Debido a las considerables pérdidas que provoca en la caña de azúcar, el raquitismo de los retoños y lo difícil que se hace la obtención de cultivares resistentes al mismo, su manejo está dirigido hacia el empleo de la hidrotermoterapia a la semilla agámica (Santana *et al.*, 2014), método que ha demostrado una buena eficacia cuando se aplica con el rigor necesario (Lemma *et al.*, 2015).

Con referencia a lo anterior, García (2014) plantea que la hidrotermoterapia reduce la incidencia, pero no erradica el organismo causal del raquitismo de los retoños, por lo que aseguran que el uso de cultivares de caña de azúcar resistentes ofrece las mayores posibilidades de manejo del patógeno. Sin embargo, el éxito de cualquier programa de manejo y control de agentes nocivos depende de un correcto sistema de detección e identificación a través de técnicas de diagnóstico sensibles, rápidas y altamente específicas.

La desinfección de todos los instrumentos de corte que se emplean en la plantación, atenciones agronómicas y cosecha debe ser una práctica de rutina dentro de los esquemas de manejo en cada lote cañero (Kazeem *et al.*, 2015). Por otra parte, resulta importante considerar un descanso del terreno entre la demolición y el establecimiento de la nueva plantación, que como mínimo debería ser de tres meses. (Fontana *et al.*, 2014).

Así mismo, la capacitación de los productores es un aspecto muy importante en la aplicación de medidas de manejo que permitan reducir los niveles de incidencia y severidad del raquitismo de los retoños. Esta tarea se ha llevado a cabo en países como Irán (Thaher, 2010), Argentina (Funes *et al.*, 2012) y Cuba (INICA, 2013) mediante las técnicas de extensión agrícola.

Por otra parte, en los programas de mejoramiento de la caña de azúcar de Australia como en Florida, se estableció una metodología de inoculación y de evaluación de resistencia al raquitismo, usando la técnica de Inmuno Impresión Directa de Tejidos, para evaluar la colonización vascular por la bacteria (Comstock y Gilbert, 2012). También Garcés *et al.* (2013), en Ecuador, esta técnica le permitió identificar clones resistentes al raquitismo en estados avanzados de selección del programa de mejoramiento del Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE).

China *et al.* (2012), al hacer la caracterización fitopatológica del germoplasma de la caña de azúcar en Cuba por microscopía de contraste de fases, detectó que el 19 % de los individuos evaluados no presentaron la bacteria. También Delgado (2014), al estudiar cinco categorías genéticas de las formas e híbridos en diferentes estados generacionales de esta colección (formas originales del género *Saccharu*, F₁ interespecíficos del género *Saccharum*, F₂ interespecíficos del género *Saccharum*, cruzas regresivas BC₁ interespecíficas y otros híbridos) por Inmuno Impresión Directa de Tejidos, informó que la presencia de la bacteria no superó el 35 % de los individuos evaluados en ninguna de las categorías genéticas, por lo que se puede recomendar su utilización para implementar líneas de mejora ante esta bacteria en el programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba.

CONCLUSIONES

- El raquitismo de los retoños desde su aparición en Australia se ha dispersado con gran rapidez por los países cañeros del mundo, causando pérdidas que superan el 50 % de la producción en dependencia del grado de susceptibilidad de los cultivares.
- Debido a la inespecificidad de los síntomas del raquitismo de los retoños, se deben utilizar técnicas de diagnósticos de laboratorio para su detección.
- La principal vía para la diseminación de la bacteria en la caña de azúcar es el material utilizado para la propagación, por lo que se debe realizar el tratamiento hidrotérmico a la semilla agámica y desinfección de los instrumentos de corte utilizados en las plantaciones cañeras.

REFERENCIAS

Alvez B.; M. Oropeza; G. Alonso. 2016. *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, patógeno de la caña de azúcar en Venezuela agente causal del raquitismo

- de los retoños de la caña de azúcar. España. Editorial Académica Española, 120 p.
- Brumbley, S.; L. Petrasovits; S. Hermann; A. Young; B. Croft. 2006. Recent advances in the molecular biology of *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*: causal organism of ratoon stunting disease. *Australian Plant Pathology*. 35 (6): 681-689, diciembre.
- Carvalho, G.; F. Olivera; A. Ramos. 2010. Developmet of a quantitative real-time PCR protocol for the analysis of early colonization of sugarcane plantlets with *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. *Phitopathology*. Vol. 100 (6): 56-64, diciembre.
- China A.; A. China H.; J. Días; F. Hernández. 2007a. Hospedantes de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba: Características y estrategia de manejo. *Cuba & Caña* (CU). 56-62, diciembre.
- China, A.; G. Pérez; A. China H.; L. Cabrera; R. Cruz; J. Pérez; Y. Pérez. 2012. Caracterización fitopatológica del germoplasma de la caña de azúcar en Cuba. *ATAC* (CU). 24-29, diciembre.
- China, A.; G. Pérez; L. Cabrera; J. Pérez; J. Pérez; S. Vidal. 2010. Comportamiento del germoplasma de la caña de azúcar ante el raquitismo de los retoños en Cuba. Publicina. La Habana. 5 p.
- China, A.; M. Pérez; E. Peralta; M. Matos 2007b. Raquitismo de los retoños de la caña de azúcar: medio siglo de investigaciones en Cuba. *Cuba & Caña* (CU). 24-29, diciembre.
- Comstock, J.; R. Gilbert. 2012. Sugarcane Ratoon Stunting Disease. University of Florida SS-AGR-202. *Agricultural Sciences*. (16): 120-125, diciembre.
- Contreras, N.; O. Jiménez; M. Bonilla; H. Nass. 2008. Identificación y caracterización de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* como patógeno de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la región centro occidental de Venezuela. *Bioagro*. 20 (2): 111-118, diciembre.
- Davis, M.; A. Gillaspie; R. Harris; R. Lawson. 1980. Ratoon stunting disease of sugar cane: Isolation of the causal bacterium. *Science*. (10): 1365-1367, diciembre.
- Davis, M.; R. Bailey. 2000. Ratoon stunting. In: Rott, P.; R. Bailey; J. Comstock; J. Croft; A. Saumtally (Eds.), a guide to sugar cane diseases. CIRAD. Montpellier. pp. 49-54.
- Delgado, J. 2014. Inmuno impresión directa de tejidos para el diagnóstico masivo de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Mayabeque. 72 h. Tesis (en opción al título académico de Máster en Sanidad Vegetal) –Universidad Agraria de La Habana.
- Digonzelli, P.; J. Giardina; J. Fernández; S. Casen; M. Tonatto; M. Leggio; E. Romero; L. Alonso. 2012. La termoterapia una alternativa para la obtención de caña de semilla saneada EEAOC. Tucuman, Argentina. EEAOC. 15 p.
- Dinh, H.; B. Cauh; L. Dinh; N. Duc. 2008. Determinación del estado del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar (RSD) en el sudeste de Vietnam. *Cuba & Caña* (CU). 60-65, abril.
- Evtushenko, L.; L. Dorofeeva; S. Subbotin; J. Cole; J. Tiejde. 2000. *Leifsonia poae* gen. nov., sp. nov., isolated from nematode galls on *Poa annua*, and reclassification of *Corynebacterium aquaticum* Leifson, 1962 as *Leifsonia aquatica* (ex *Leifson* 1962) gen. nov., nom. Rev., comb. nov. and *Clavibacter xyli* Davis et al., 1984 with two subspecies as *Leifsonia xyli* (Davis et al., 1984) gen. nov., comb. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbial.* (50): 371-380, diciembre.
- Filippone, M.; M. Perera; M. Salgado; M. García; G. Vellicce; A. Castagnaro. 2010. Diagnóstico molecular de enfermedades sistémicas de la caña de azúcar en la Argentina: ajuste metodológico y aplicaciones. *Revista Industria y Agricultura de Tucumán*. 87 (2): 01-11, diciembre.
- Fontana, P.; V. Di; R. Sopena. 2014. Raquitismo de las socas en caña de azúcar: servicio de diagnóstico para los productores. Buenos Aires. INTA Famaillá. 15 p.
- Funes, C.; R. Bertani; I. Cazón; C. Kairuz; V. González; L. Ploper. 2012. Estado sanitario de lotes comerciales de caña de azúcar destinados a la obtención de caña semilla durante el periodo 2008–2011 en Tucumán, R. Argentina. EEAOC. *Avance Agroindustrial. Argentina*. 33 (1): 8-12, diciembre.
- Garcés, F.; F. Fiallos; J. Mendoza; E. Silva; R. Castillo; M. Valdez; I. Viteri. 2013. Manejo preventivo del raquitismo de los retoños de la soca (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) y la hoja amarilla (*Sugarcane yellow leaf virus, SCYLV*) de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.). III Congreso AETA, 18 al 20 de septiembre del 2013. Guayaquil-Ecuador.
- García, H. 2014. Diagnóstico de *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco, México. Tabasco. Tabasco. 79 h. Tesis (en opción al grado científico de Máster en Ciencias, especialista en Producción Agroalimentaria en el Trópico) – Colegio de Postgraduados México.
- García, H.; C. García; S. García; A. Valdez; H. Silva; W. Ovalle. 2016. Inmunodetección de la bacteria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en clones comerciales de caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco, México. *Agroproductividad*. 9 (3): 3-9, marzo.
- Gillaspie, A.; D. Teakle. 1989. Ratoon stunting disease. En: Ricaud, Diseases of sugarcane. Elsevier. Amsterdam. pp. 58-80.
- Gillaspie, A.; M. Davis; J. Worley. 1973. Diagnosis of ratoon stunting disease based on the presence of a specific microorganism. *Plant Disease Report*. (57): 981-990, diciembre.
- Hussnain, S.; S. Afghani; M. Haq; J. Comstock; S. Mughal; A. Shahzad; K. Hussain; K. Nawaz; Y. Pan; P. Jackson; A. Batool; A. Irfan. 2011. First report of ratoon stunt of sugarcane caused by *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* in Pakistan. *Plant Disease* (95): 1581, diciembre.
- Iglesia, A. 2005. Estudio del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. 98 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas) –Universidad Agraria de La Habana.
- Iglesia, A.; E. Lilia; D. Martín; E. Álvarez; J. Milian; M. Matos. 2007a. Relación de la funcionalidad de los vasos del xilema y la presencia de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. *Protección Vegetal* (CU). 22 (1): 89-96, abril.
- Iglesia, A.; M. Díaz; M. Ramos. 2011. Validación de técnicas para el diagnóstico del raquitismo en los retoños de la caña de azúcar en Cuba. *ATAC* (CU): 18-23, diciembre.
- Iglesia, A.; R. González; D. Martín; M. Díaz; E. Álvarez. 2007b. Aislamiento e identificación morfológica, bioquímica y molecular de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en Cuba. *Protección Vegetal* (CU). 22 (1): 29-33, abril.
- INICA, 2013. Metodologías del sistema de extensión agraria para la caña de azúcar. La Habana. INICA. 139 p.
- INICA, 2016. XXIII reunión nacional de variedades, semilla y sanidad vegetal. La Habana. *Cuba & Caña* (CU). 48 p (suplemento especial).
- Ipiales, M. 2010. Raquitismo de la soca. Técnico en Agroindustria. Colombia, noviembre 23: 18 p.
- Johnson, S.; A. Tyagi. 2010. Effect of ratoon stunting disease (RSD) on sugarcane yield in Fiji. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences* 28 (1): 69-73, diciembre.
- Kazeem, S.; B. Ikotun; O. Awosusi; A. Wintola; A. Wada. Status of ratoon stunting disease of sugarcane (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) in Nigeria. *Trop Plant Pathol*. 2015. Vol. 40: 350-354.
- Lemma, A.; A. Tafesse; A. Tekle. Status of ratoon stunting disease (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) in the initial seed cane and seed cane fields of Wonji Sugar factory. *Global Science Research Journals*. 2015. Vol. 3 (2): 213-217.
- Martínez, E.; G. Barrios; L. Rovesti; R. Santos. 2007. Manejo integrado de plagas. Manual práctico. España. Grup Bou, Tarragona. 526 p.
- Monteiro, M. 2013. Termoterapia asociada al cultivo de tejidos para la obtención de plantas de caña de azúcar de la variedad SP80-3280 libres de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. Piracicaba. 76 h. Tesis (en opción al grado científico de máster en Agronomía), Universidad Sao Paulo.

- Mutonyi, J.; H. Nyongesa. Incidence and prevalence of ratoon stunting disease (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, Evtushenko) in the mummies sugar cane growing zone Kenya. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* (IOSR-JAVS). Vol. 9 (11) Ver. II: 28-31.
- Oropeza, M.; G. Alonso. *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, patógeno de la caña de azúcar en Venezuela: agente causal del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar. Madrid. Editorial Académica Española. 2016. 120 p.
- Peña, M. 2007. Implementación de un servicio fitosanitario en la agricultura cañera de la provincia de Guantánamo. Granma. 97 h. Tesis (en opción al grado de Máster en Ciencias Agrícolas) –Universidad de Granma.
- Pérez, J.; J. Montalbán; Y. Figueredo; M. Matos; I. Abrantes; G. Barroso; G. Delgado. 1998. Evaluación del sistema tradicional de producción de semilla empleado en Cuba para el control de enfermedades de la caña de azúcar. Informe Final. CITMA-INICA. La Habana, Cuba. 73 p.
- Pérez, J. 1985. El raquitismo de los retoños (RSD) de la caña de azúcar en Cuba. La Habana. 126 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas) INICA-ACC.
- Pérez, H.; I. Santana; I. Rodríguez. 2013. Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar. La Habana, Cuba. 290 p.
- Pérez, Y.; S. Rodríguez. 2007. Respuesta del tratamiento hidrotérmico sobre la enfermedad raquitismo de los retoños en caña de azúcar. *Cuba & Caña* (CU). 38-40, diciembre.
- Piñón, D. 2001. Hacia una fitoprotección ecológica de plagas en el SEFIT. En: Curso de actualización en temáticas de sanidad vegetal (SEFIT). INICA. La Habana, Cuba. 84 p.
- Ponte, E.; S. Silveira; J. Barros; R. Moreira. 2010. Incidencia de *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* en áreas de producción de caña de azúcar en Espíritus Santo, sur de Bahia y oeste de Minas Gerais. *Summa Phytopathologica*. Vol. 36 (4): 313-321, diciembre.
- Ramallo, J. 2001. Aplicación de la hidrotermoterapia para la obtención de caña semilla de sanidad controlada. *Avance Agroindustrial*. (22): 16-18, diciembre.
- Rodríguez, E.; A. China; I. Alfonso; R. Acevedo; F. Barroso; O. Aday; M. Rodríguez; B. Bendig. 2007. Enfermedades y plagas de la caña de azúcar. PDVSA Agrícola-INICA. Barinas. 30 p.
- Rufin, Y. 2011. Raquitismo de los retoños de la caña de azúcar: resistencia varietal y comparación de métodos de evaluación. La Habana. 58 h. Tesis (en opción al título académico de Máster en Sanidad Vegetal) –Universidad Agraria de La Habana.
- Santana, I.; M. González; R. Crespo; S. Guillen. 2014. Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar. La Habana. INICA. 302 p.
- Silva, H. 2013. Enfermedades bacterianas asociadas a caña de azúcar. México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. Vol. (31) (Suplemento): 63-64, diciembre.
- Taher, K. 2010. Bases metodológicas para el manejo integrado del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Irán. Santa Clara. 107 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas) –Universidad Central de las Villas.
- Urashima, A.; L. Marchetti. Incidence and Severity of *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* Infection of sugarcane in Sao Paulo State, Brazil. *Journal of Phytopathology*. 2013. Vol. 161: 478-484.
- Yan, M.; W. Huang; Z. Deng. 2010. Application of PCR based disease detection methods in sugarcane. *Agricultural Sciences*. (12): 123-129, mayo.
- Yasem, M. 2011. Enfermedades causadas por bacterias. FAZ-UNT. Tucumán, Argentina. 49 p.