

SEVERIDAD DEL SÍNDROME DEL AMARILLAMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) ASOCIADO AL VIRUS DE LA HOJA AMARILLA*

Severity of the yellowing syndrome in sugarcane (*Saccharum spp.*) associated to yellow leaf virus

Mariadaniela López¹, Williams Hidalgo¹ y Carlos Párraga²

RESUMEN

El diagnóstico visual del síndrome del amarillamiento de la caña de azúcar (YLS) asociado al virus del amarillamiento de la caña de azúcar (ScYLV) se dificulta debido a la errática aparición de los síntomas. Con el propósito de asistir en este diagnóstico, se propuso una escala de síntomas con 4 grados. La escala que abarca desde plantas sin síntomas hasta la presencia de síntomas severos, se elaboró mediante la caracterización y clasificación de 114 muestras provenientes de 82 variedades entre seis y nueve meses de edad, cultivadas en la región centroccidental de Venezuela. Los grados 2-3 de la escala asisten acertadamente en el diagnóstico del YLS asociado al ScYLV al compararse con los resultados obtenidos por diagnóstico serológico. Debido a la alta incidencia de plantas asintomáticas (Grado 0) es imperativo complementar el diagnóstico visual con otro método disponible. En los campos experimentales y bancos de germoplasmas es frecuente la presencia de cepas asintomáticas, lo que contrasta con lo observado en campos comerciales, donde condiciones de manejo particulares propician la aparición de síntomas en los materiales infectados.

Palabras clave: virus del amarillamiento de la caña de azúcar, estrés, diagnóstico, clave de severidad, serología.

ABSTRACT

The visual diagnosis of the sugarcane yellow leaf syndrome (YLS) associated to the sugarcane yellow leaf virus (ScYLV) is still a difficult task due to the erratic symptomatology of this disease. To assist in the diagnosis, a symptoms key with 4 grades was elaborated, and it is proposed as a tool for evaluating promising and commercial materials. The key was elaborated from 114 samples collected from 82 varieties between 6-9 months grown in the central western region of Venezuela. Grades 2-3 are associated to the presence of the ScYLV when they were compared to results obtained by serological diagnosis. On the other hand, grade 0 calls for another test in order to have an accurate diagnosis, this due to the high incidence of symptomless clones. This fact is especially true for experimental fields and germplasm banks, but in growing conditions in commercial fields where environment variables seem to stimulate the appearance of symptoms in infected clones.

Key words: Sugarcane yellow leaf virus, stress, diagnosis, severity key, serology

(*) Recibido: 24-07-2013

Aceptado: 03-02-2014

¹ Posgrados de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, UCLA, Cabudare 3023, La. Venezuela. mlopez@ucla.edu.ve; whidalgo@ucla.edu.ve

² Programa Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. eloycarlos@cantv.net

INTRODUCCIÓN

El síndrome del amarillamiento de la hoja de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es una de las enfermedades que afecta significativamente este cultivo dada su alta incidencia y amplia distribución en el mundo. La sintomatología inicial de este síndrome se caracteriza por un amarillamiento tenue a lo largo del envés de la nervadura central de la hoja, posteriormente el síntoma avanza hasta afectar parte de la lámina foliar o su totalidad en los casos muy severos.

Hasta ahora dos agentes etiológicos, han sido asociados a este síndrome, uno de ellos es el virus del amarillamiento de la caña de azúcar, género Polerovirus, Familia *Luteoviridae* (Scagliusi y Lockhart 2000), el otro agente etiológico asociado es el fitoplasma amarillador de la caña (Cronjé *et al.* 1998; Arocha *et al.* 1999). A pesar de estas evidencias, no se descartan otros factores bióticos y abióticos como desencadenantes de los síntomas asociados al síndrome (Scagliusi y Lockhart 2000; Rassaby *et al.* 2003) debido a la imposibilidad de asociar patógenos a muestras sintomáticas para YLS, aún con el uso de técnicas sensibles para el diagnóstico como serología o la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Aljanabi *et al.* 2001).

En materiales cultivados en la región centroccidental de Venezuela se comprobó, mediante un muestreo serológico realizado entre los años 2003-2004, la presencia generalizada del ScYLV asociado en un alto porcentaje al YLS (López *et al.* 2004), situación similar a la observada en muestreos masivos en siembras comerciales de caña de azúcar en las Islas de Hawaii (Schenk 1997), Florida (EEUU) (Comstock *et al.* 1998), Colombia (Victoria *et al.* 1999; Angel *et al.* 2001), Guatemala y Nicaragua (Comstock *et al.* 2000), Islas Mauricio (Aljanabi *et al.* 2001), Ecuador (Garcés *et al.* 2003) e India (Wisnathan y Balamuralikrishnan 2004).

A pesar de la importancia de la enfermedad, no existe una caracterización de los síntomas macroscópicos del síndrome asociados a la presencia del ScYLV (López *et al.* 2004), hecho que dificulta la selección de germoplasma en campo; por lo que se planteó describir y

caracterizar los síntomas macroscópicos en 82 variedades y evaluar su asociación a la presencia del ScYLV, con el propósito de proponer una escala de síntomas para YLS para mejorar la exactitud del diagnóstico visual en campo del síndrome asociado al virus.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntomas Macroscópicos

Se clasificaron los síntomas macroscópicos en muestras de hojas con cuello o lígula visible (hoja TVD, Top Visible Dewlap) recolectadas de 114 cepas de caña de azúcar de seis a nueve meses de edad provenientes de 82 variedades de caña de azúcar ubicadas en diferentes campos comerciales localizados en los estados Lara, Yaracuy y Portuguesa, las condiciones de biotemperatura para estas zonas están entre 22 y 29 °C con una precipitación media anual comprendida entre 250 y 1500 mm y se ubica entre 500 y 800 msnm. Las localidades muestreadas corresponden de acuerdo a sus características climáticas a las zonas de vida o formaciones vegetales de “monte espinoso”, “bosque muy seco tropical” y “bosque seco tropical”, respectivamente. Estos son ecosistemas altamente intervenidos debido a la actividad agrícola (Ewell y Madriz 1976). Adicionalmente se muestrearon materiales experimentales y bancos de germoplasma ubicados en el campo experimental de la Estación Local Yaritagua del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Yaracuy, municipio Peña del estado Yaracuy, Venezuela, localizada a una altitud de 325 msnm, con precipitación media anual de 953 mm y biotemperatura entre 30,6 y 20,3°C (García y Mogollón 1990).

Las muestras de hojas TVD se clasificaron de acuerdo a la sintomatología observada en el envés de la nervadura central. A cada síntoma se le asignó un número del 0 al 4 de acuerdo a la severidad. Los grados se describieron de la forma siguiente: (0) Ningún síntoma; (1) amarillamiento parcial en el envés, en forma de línea delgada sobre y en la misma dirección de la nervadura central; (2) coloración amarillo pálido del envés de casi toda la nervadura central; (3) coloración amarillo-naranja a lo largo de la nervadura central que abarca parte

de la lámina y (4) coloración amarillo-naranja que se extendió casi toda la lámina foliar. Adicionalmente, para asociar cada grado a la presencia del ScYLV cada muestra fue procesada por inmunopresión en membranas (TBIA) para la presencia del ScYLV (López *et al.* 2004) con antisuero policlonal contra el ScYLV (Scagliussi y Lockhart 2000).

Análisis Estadístico

El análisis se realizó con el software estadístico Statistix 8.0, con pruebas binomiales en cada grado de la escala para muestras pequeñas, para verificar equilibrio de las proporciones de plantas sanas y enfermas según la prueba serológica y la escala propuesta, basados en el supuesto de que las proporciones de plantas sanas y enfermas entre la escala y la prueba serológica deberían ser iguales ($P=Q=1/2$), y pruebas de contingencia para relacionar la severidad con la procedencia (campo experimental y banco de germoplasma) del material.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas macroscópicos

En general los síntomas observados en la nervadura de las muestras se distribuyeron en todos los grados propuestos en la escala; sin embargo, los mayores porcentajes se determinaron en el grado 0 y en los grados 2-3 (Tabla 1). Estos resultados coinciden con lo señalado en diferentes latitudes donde solo ocasionalmente se observaban síntomas muy severos (Schenk 1997; Scagliussi y Lockhart 2000; Comstock y Miller 2003; Rassaby *et al.* 2003; Gonçalves *et al.* 2005; Lehrer y Komor 2008). Al asociar los resultados de los síntomas visibles con los obtenidos por TBIA (Tabla 1), en

muestras foliares con grado 0 (sin síntomas) no se puede asegurar la ausencia del agente etiológico, dado que 76,6% de las muestras en este grado resultaron serológicamente positivas al ScYLV ($P=0,76$). Por tanto, existe el riesgo evidente de presencia del virus que debe ser considerado en la evaluación de materiales en etapas de mejoramiento o para ser liberados, y que necesariamente debe ser complementado con otro método de diagnóstico (Aljanabi *et al.* 2001; Ángel *et al.* 2001; Wisnathan y Balamuralikrishnan 2004). Así mismo, en las muestras clasificadas en grado 1, este síntoma no pudo atribuirse a la presencia del agente etiológico, puesto que ninguna resultó serológicamente positiva. Con respecto a las muestras clasificadas grado 2 y 3, se pudo asegurar que correspondían al síntoma característico del YLS asociado serológicamente al ScYLV ($P\leq 0,05$). Por tanto, los grados 2 y 3 propuestos representan una herramienta práctica para discriminar materiales susceptibles a esta enfermedad.

Al analizar los grados de severidad de acuerdo a la procedencia geográfica de las muestras, se comprobó dependencia significativa entre la severidad del síntoma y la procedencia (Tabla 2) (χ^2 : 38,98 y $P=0,0001$). Resultados similares fueron obtenidos en muestreos masivos llevados a cabo por otros investigadores (Aljanabi *et al.* 2001; Schenk *et al.* 2001; Wisnathan y Balamuralikrishnan 2004). Esto confirma que la sola presencia del agente etiológico no es la única condición necesaria para la expresión de los síntomas. Ciertas condiciones de manejo intensivo del cultivo contribuyen a generar factores internos y externos que pudieran actuar como desencadenantes de los síntomas característicos del YLS.

Tabla 1. Frecuencia de grados de severidad del síndrome del amarillamiento de la caña de azúcar en *Sacharum spp.* y presencia del virus del amarillamiento de la caña de azúcar detectado por inmunopresión en membranas.

YLS ScYLV	Grado 0		Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 4		Totales
	V+	V-	V+	V-	V+	V-	V+	V-	V+	V-	
Sub-totales	49	15	0	6	16	0	24	0	4	0	114
% serológico para ScYLV	76,56	23,44	0	100	100	0	100	0	100	0	100
Total en el grado	64		6		16		24		4		114
% en el grado	56,1		5,3		14		21,1		3,5		100
Probabilidad	>0,05		<0,05		<0,05		<0,05		No concluyente		

Tabla 2. Síntomas asociados al síndrome de la caña de azúcar de acuerdo a su severidad en muestras provenientes de campos comerciales (Cc), banco de germoplasma (Bg) y materiales experimentales (Me).

Procedencia de la muestra	Grados de Severidad de síntomas asociados al síndrome del amarillamiento de la caña de azúcar					Total de muestras
	0	1	2	3	4	
Cc	18	1	-	13	4	36
Bg	36	-	9	6	-	51
Me	10	5	7	5	-	27
Total	64	6	16	24	4	114

(χ^2 : 38,98 y P=0,0001).

Los campos comerciales son de mayor extensión que los campos experimentales o bancos de germoplasma. Se ha estimado que por cada unidad de área de semillero o campo experimental se establecen alrededor de mil unidades de área de campo comercial. Aunque el manejo de ambas extensiones es similar, los campos experimentales y bancos de germoplasma solamente se establecen en institutos de investigación o en fincas élites seleccionadas (Victoria y Calderón 1995). En este tipo de campos el manejo de la caña de azúcar es continuamente supervisado y se establece un estricto control sanitario. En contraste, en los campos comerciales las plantas deben enfrentarse con diversas situaciones que pudieran constituir factores desencadenantes de los síntomas del YLS.

Dos de los factores abióticos más importantes asociados el manejo del cultivo que pudieran relacionarse con la aparición del YLS son el estrés hídrico y las deficiencias nutricionales (Schenk *et al.* 2001). El estrés hídrico está estrechamente vinculado con el manejo del riego debido a que la disponibilidad de agua para los cultivos de caña ha disminuido como consecuencia de cambios en la cantidad y frecuencia de las lluvias. En condiciones de normales de campo, la humedad del suelo es variable y puede disminuir hasta niveles intermedios entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, a pesar de esto, es común observar que generalmente el cañicultor programa los riegos de manera empírica y casi siempre sin tener en cuenta la relación suelo-agua-planta. Esta situación conlleva el riesgo de aplicar excesivo riego o someter el cultivo a períodos de déficit de agua, lo que puede generar condiciones de estrés (Torres 1995).

Así mismo, algunas deficiencias nutricionales, especialmente nitrógeno, son

consecuencia de la compactación del suelo en los primeros 80 cm, como resultante de las labores de cosecha mecanizada en los campos comerciales (Usaborisut y Niyamapa 2010). Esta actividad ha desplazado ampliamente la cosecha manual en los últimos años. La compactación del suelo afecta el proceso de nitrificación, lo que disminuye el aporte del nitrógeno por la materia orgánica (Alakuku y Elonen 1995).

CONCLUSIONES

Por la alta incidencia de plantas asintomáticas, el diagnóstico del virus del amarillamiento de la caña de azúcar en campo representa una seria dificultad; sin embargo, una vez desarrollado el síntoma característico del amarillamiento de la caña de azúcar existe alta probabilidad ($P \leq 0,05$) de que esté asociado a la presencia del virus. Por tanto, los grados propuestos (2-3) representan una herramienta de utilidad práctica para discriminar materiales, y se propone su uso como clave de severidad de síntomas del YLS asociado al ScYLV. A pesar de esta herramienta, la dificultad persiste, sobretodo en campos experimentales y bancos de germoplasma. En estos casos, por la alta incidencia de plantas asintomáticas, al momento de la evaluación pudieran obviarse cepas infectadas que posteriormente al enfrentar otras condiciones de estrés serían afectadas por el YLS. Se mantiene entonces la recomendación, de asistirse en los grados 0 y 1 con otro método de diagnóstico disponible para el ScYLV.

REFERENCIAS

Alakuku, L. and Elonen P. 1995. Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops. *Soil Till. Res.* 37: 141-152.

- Aljanabi, S., Parmessur, Y., Moutia, Y., Saumtally, S. and Dookun, A. 2001. Further evidence of the association of a phytoplasma and a virus with yellow leaf syndrome in sugarcane. *Plant Pathol.* 50: 628-636.
- Angel, J., Angel, F. y Victoria, J. 2001. Diagnóstico molecular de razas del virus del síndrome de la hoja amarilla en caña de azúcar (ScYLV) en Colombia. *Fitopatol Colombia* 25:19-22.
- Arocha, Y., Gonzalez, L., Peralta, E. and Jones, P. 1999. First report of virus and phytoplasma pathogens associated with yellow leaf syndrome of sugarcane in Cuba. *Plant Dis.* 83: 1177.3
- Comstock, J. and Miller, J. 2003. Incidence and spread of sugarcane yellow leaf virus in sugarcane clones in the CP- cultivar development program canal point. *Journal Amer. Soc. Sugarcane Technologists.* 23: 71-78.
- Comstock, J., Irely, M., Lockhart, B. and Wang, Z. 1998. Incidence of yellow leaf syndrome in CP cultivars based on polymerase chain reaction and serological techniques. *Sugar Cane* 4:21-24.
- Comstock, J., Peña, M., Vega, J., Fors, A. and Lockhart, B. 2000. Report of Sugarcane Yellow Leaf Virus (SCYLV) in Ecuador, Guatemala and Nicaragua. *Plant Dis.* 86:74.
- Cronjé, C., Tymon, A., Jones, P. and Bailey, R. 1998. Association of a phytoplasma with a yellow leaf syndrome of sugarcane in Africa. *Ann Applied Biol.* 133: 177-186.
- Ewell, J. y Madriz, A. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. 265 pp.
- Garcés, O., Valladares, C. y Quiridumbay, G. 2003. Diagnóstico del síndrome de la hoja amarilla, el raquitismo y la escaldadura en caña de azúcar en Ecuador. *Memorias del VI Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar, Calí, Colombia (Resumen).*
- García, R. y Mogollón I. 1990. Boletín Meteorológico Anual de la Estación Experimental Yaracuy. Yaritagua, Venezuela. 88 p.
- Gonçalves, M., Vega, J., Oliveira, J. and Gomes, M. 2005. *Sugarcane yellow leaf virus* infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. *Fitopatol Brasileira* 30:10-16.
- Lehrer, A. and Komor, E. 2008. Symptom expression of yellow disease in sugarcane cultivar with different degrees of infection of sugarcane yellow leaf virus. *Plant Pathol.* 55:178-185.
- López, M., Hidalgo, W., Párraga, C., Briceño, R. y Simosa, N. 2004. Presencia del virus del amarillamiento de la caña de azúcar (ScYLV) y del síndrome de la caña (YLS) en la región centroccidental de Venezuela. *Fitopatol. Ven.* 17: 43-48.
- Rassaby, L., Girard, J., Letourmy, P., Chaume, J., Irely, M., Lockhart, B., Kodja, H. and Rott, P. 2003. Impact of Sugarcane yellow leaf virus on sugarcane yield and juicy quality in Reunion Island. *European J. Plant Pathol.* 109: 459-466.
- Scagliussi, S., and Lockhart, B. 2000. Transmission, characterization, and serology of a luteovirus associated with yellow leaf syndrome of sugarcane. *Phytopathol.* 90:120-124.
- Schenk, S. 1997. Advances in controls of yellow leaf syndrome. *Pathology Report* 67. Hawaii Agriculture Research Center. Hawaii Agriculture Research Center p 1-4.
- Schenk, S., Lehrer, A., and Wu K. 2001. Yellow leaf syndrome. *Pathol. Report* 68:1-5.

Torres, J. 1995. Riegos. *In* Cassalet, C., Torres, J., e Isaac, C. eds. 1995. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA, Cali, Colombia pp. 193-210.

Usaborisut, P. and Niyamapa, P. 2010. Effects of machine induced soil compaction on growth and yield of sugarcane. *Amer. J. Agric. Biol. Sc.* 5:269-273.

Victoria, J. y Calderón, H. 1995. Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades. *In* Cassalet, C., Torres, J., e Isaac, C. eds. El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia. CENICAÑA, Cali, Colombia pp. 115-129.

Victoria, J, Guzmán, M., Cuervo, E y Lockhart, B.1999. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia. CENICAÑA No. 7.

Wisnathan, R. and Balamuralikrishnan, M. 2004. Detection of yellow leaf virus, the causal agent of yellow leaf syndrome by DAS-ELISA. *Arch. Phytopathol. Plant Protect.* 37: 123-129.