

IDENTIFICACIÓN DE UNA VIROSIS QUE AFECTA AL MAÍZ EN VILLA DE CURA, ESTADO ARAGUA, VENEZUELA

Ángel Alfredo Mariño¹, Mario José Garrido¹, Orangel Borges² y Alex González³

Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, ¹Instituto de Botánica Agrícola e ²Instituto de Genética, Apartado 4579, Maracay 2101A, estado Aragua; ³Fundación para la Investigación Agrícola Danac, Apartado 182, San Javier, estado Yaracuy, Venezuela.

Parte del Trabajo de Grado presentado por el primer autor como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo, Mención Fitotecnia, en la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay.

Recibido: 28 de febrero de 2010.

Aceptado: 30 de mayo de 2010.

RESUMEN

Mariño, A. A., Garrido, M. J., Borges, O. y González, A. 2010. Identificación de una virosis que afecta al maíz en Villa de Cura, estado Aragua, Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 23:22-27.

En una parcela experimental de maíz (*Zea mays*) ubicada en Villa de Cura, estado Aragua, se observó una enfermedad aparentemente viral caracterizada por síntomas de mosaico severo y estrías cloróticas paralelas a las nervaduras en las plantas afectadas. La enfermedad fue transmitida mecánicamente a varios hospedantes diferenciales para su identificación. El virus infectó maíz (*Z. mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), pasto johnson (*Sorghum halepense*) y avena (*Avena sativa*), pero no infectó cebada (*Hordeum vulgare*), trigo (*Triticum aestivum*) ni caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). El virus fue transmitido de manera no persistente de sorgo a sorgo por los áfidos *Aulacorthum solani* y *Rhopalosiphum maidis* en una baja proporción y no se transmitió a través de las semillas de sorgo y maíz. La estabilidad en savia coincidió con la del grupo *Potyvirus*. El microscopio electrónico reveló partículas filamentosas flexuosas de 757 nm de longitud e inclusiones citoplasmáticas del tipo molinetes y rollos. Las pruebas de ELISA-indirecto evidenciaron que el virus presenta una estrecha afinidad con el potyvirus del mosaico del pasto johnson (*Johnsongrass mosaic potyvirus*, JGMV). Sobre la base de estos resultados el virus en estudio fue identificado como JGMV. Este es el primer reporte de este virus infectando al maíz en condiciones naturales en Venezuela. El áfido *A. solani* se cita por primera vez como vector del JGMV.

Palabras clave adicionales: epidemiología, JGMV, potyvirus.

ABSTRACT

Mariño, A. A., Garrido, M. J., Borges, O. and González, A. 2010. Identification of a viral disease that affects maize in Villa de Cura, Aragua State, Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 23:22-27.

In an experimental plot of maize (*Zea mays*) in Villa de Cura, Aragua State, an apparently viral disease was observed. Affected plants showed severe mosaic and chlorotic stripes symptoms. The disease was mechanically transmitted to some differential hosts for its identification. The virus infected maize (*Z. mays*), sorghum (*Sorghum bicolor*), johnsongrass (*Sorghum halepense*) and oats (*Avena sativa*), but it did not infect barley (*Hordeum vulgare*), wheat (*Triticum aestivum*) neither sugarcane (*Saccharum officinarum*). The virus was transmitted from sorghum to sorghum in a non-persistent manner by the aphids *Aulacorthum solani* and *Rhopalosiphum maidis* in a low proportion, but it was not transmitted through sorghum and maize seeds. The stability in sap agreed with that of the *Potyvirus* group. Electron microscopy revealed flexuous rods 757 nm long and pinwheel and scroll cytoplasmic inclusions. Indirect ELISA tests evidenced that the virus was serologically closely related to *Johnsongrass mosaic potyvirus* (JGMV). On the basis of these results, the virus under study was identified as JGMV. This is the first report of this virus infecting maize in natural conditions of infection in Venezuela. The aphid *A. solani* was cited for the first time as a vector of JGMV.

Additional key words: epidemiology, JGMV, potyvirus.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia *Poaceae* (*Gramineae*), y es uno de los principales cereales cultivados en todo el mundo (19). En Venezuela, figura entre los cereales de mayor importancia, y desde la época colonial ha sido el cultivo anual más ampliamente extendido, por ser la base energética de la alimentación en la mayor parte de la población y por su fácil adaptación a diversas condiciones de clima, suelos y pisos altitudinales (15). Este cultivo, aunque de reconocida adaptabilidad y resistencia, sufre frecuentemente de enfermedades causadas por diferentes patógenos, tales como bacterias, virus, hongos y fitoplasmas (24).

De todas las enfermedades que afectan al maíz las de origen viral revisten gran importancia debido a las pérdidas económicas que ocasionan en cultivares susceptibles y en la mayoría de los casos no son eficaces las medidas de control químico y por lo general no se dispone de materiales resistentes a todos los virus y sus razas (7,18,20). En el ámbito mundial el maíz ha sido infectado por más de 50

virus o razas virales que le causan enfermedades. Sin embargo, algunos de ellos sólo lo han infectado bajo condiciones experimentales (19).

Las investigaciones realizadas en Venezuela han permitido identificar en este cultivo cinco virus afectándolo en condiciones naturales: virus del mosaico del maíz o "enanismo rayado" (*Maize mosaic nucleorhabdovirus*, MMV) (16,23), virus del mosaico de la caña de azúcar (*Sugarcane mosaic potyvirus*, SCMV) (4,27), virus del estriado del maíz u "hoja blanca" (*Maize stripe tenuivirus*, MStpV) (20,34), virus del rayado fino del maíz (*Maize rayado fino marafivirus*, MRFV)(21) y virus del mosaico enanizante del maíz (*Maize dwarf mosaic potyvirus*, MDMV) (10,28). De estos virus sólo se transmiten por inoculación mecánica el SCMV y el MDMV (19).

En una parcela experimental de maíz orientada al mejoramiento genético, ubicada en la localidad de Villa de Cura, municipio Zamora, estado Aragua, se observaron numerosas plantas de algunas líneas mostrando síntomas de mosaico severo y estrías cloróticas, característico de una infección viral (Fig. 1A). Un aislamiento tomado de una de



Fig. 1. Síntomas inducidos por el virus en estudio en maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), avena (*Avena sativa*) y pasto johnson (*Sorghum halepense*). A) Mosaico y estrías cloróticas en un cultivar experimental de maíz infectado en condiciones de campo. B) Mosaico y necrosis sistémica en sorgo cv OKY8, C) Mosaico en sorgo cv Río, D) Mosaico suave en avena cv Garland, E) Mosaico y estrías cloróticas en pasto johnson y F) Mosaico en maíz cv Platino-100, inoculados mecánicamente.

las plantas afectadas fue inoculado mecánicamente en varios hospedantes diferenciales, y se observó en ellos síntomas distintos a los causados por las razas de los virus que infectan al maíz en Venezuela y que son transmitidos mecánicamente. Sobre la base de lo antes expuesto, se consideró de interés realizar esta investigación cuyo objetivo fue identificar el virus o raza viral presente en esa localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento viral. Se obtuvo mediante inoculación mecánica a partir de follaje de plantas de maíz con síntomas de mosaico cultivadas en una parcela experimental dedicada al mejoramiento genético, ubicada en la localidad de Villa de Cura, municipio Zamora, estado Aragua. Este aislamiento fue inoculado mecánicamente sobre algunas especies de plantas pertenecientes a varias familias botánicas, con la finalidad de conocer su rango de hospedantes (Cuadro 1). Asimismo, seleccionar aquellos hospedantes susceptibles para multiplicar y mantener al virus y realizar posteriormente los bioensayos tendientes a su identificación. Para fines de este trabajo, este aislamiento se denominará “virus en estudio” y será denotado con las siglas VEE.

Siembra y mantenimiento de plantas. Las semillas de las especies utilizadas se sembraron en macetas plásticas de 460 ml de capacidad que contenían una mezcla de tierra negra y arena (sustrato) en proporción de 3:1, v/v, respectivamente, esterilizada previamente mediante calor húmedo. Los cultivares de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] y maíz utilizados fueron sembrados directamente en el sustrato a razón de cinco a seis semillas/maceta. Para el caso de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se plantaron dos esquejes con una yema viable c/u en bolsas de polietileno de 4 Kg de capacidad con el sustrato ya mencionado.

Todas las plantas utilizadas en los bioensayos fueron trasladadas a un invernadero, libre de insectos y bajo condiciones de temperatura y humedad parcialmente controladas (25-30 °C; 67-80 % hr), con una luminosidad promedio de 28.000-30.000 lux. Se regaban diariamente y se fertilizaban a intervalos de 15 d con una solución de un fertilizante comercial NPK (15-15-15) a razón de 8 g/L, con el fin de mantener las plantas en un estado nutricional adecuado. Adicionalmente, se hicieron aplicaciones de insecticidas (Corsario y Pirimor 50) de forma preventiva cada 15 d.

Inoculación mecánica. El VEE fue inoculado mecánicamente siguiendo la metodología comúnmente utilizada en laboratorios de virus de plantas (17,35). Se utilizó como fuente de inóculo plantas de sorgo cv Río infectadas con el virus. Después de la inoculación, a las plantas se les lavaron las hojas y se dejaron en el laboratorio a 20-25°C y 63-78% hr por 18-24 h. Posteriormente, fueron colocadas en el invernadero, bajo las condiciones descritas en la sección siembra y mantenimiento de plantas.

Hospedantes diferenciales. Se utilizó un grupo de hospedantes propuestos por Gingery y Gordon (14) para identificar los principales virus que son transmitidos mecánicamente a maíz (Cuadro 2). También se utilizó el grupo de cultivares de sorgo propuesto por Tosic *et al.* (33) para diferenciar las razas de los potyvirus SCMV, MDMV, mosaico del sorgo (*Sorghum mosaic potyvirus*, SrMV) y mosaico del pasto johnson (*Johnsongrass mosaic potyvirus*, JGMV) (Cuadro 3). Del mismo modo se utilizaron los cultivares de caña de azúcar CP-31588 y CP-31294, los cuales son de gran utilidad en la identificación de razas del SCMV (1,31), y un grupo de plantas indicadoras de virus utilizadas rutinariamente en laboratorios de virología vegetal (3,35) (Cuadro 1). Estos hospedantes fueron evaluados cuatro veces en diferentes épocas del año 2008 (marzo, mayo, julio y agosto). Las semillas de estas especies fueron suministradas por F. Miller (Texas A & M University, Texas, USA), D. T. Gordon y R. Louie (USDA, Ohio Agricultural Research and

Cuadro 1. Reacción de algunas plantas indicadoras inoculadas mecánicamente con el virus en estudio ⁽¹⁾.

Especie	Familia	Síntomas
<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	Sin síntomas
<i>Chenopodium amaranticolor</i> Coste & Reyn.	Chenopodiaceae	Sin síntomas
<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.	Chenopodiaceae	Sin síntomas
<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	Sin síntomas
<i>Gomphrena globosa</i> L.	Amaranthaceae	Sin síntomas
<i>Nicotiana glutinosa</i> L.	Solanaceae	Sin síntomas
<i>Nicotiana tabacum</i> L. cv Burley	Solanaceae	Sin síntomas
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv Tacarigua	Fabaceae	Sin síntomas
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	Sin síntomas
<i>Saccharum officinarum</i> L. cv CP 31294	Poaceae	Sin síntomas
<i>S. officinarum</i> cv CP 31588	Poaceae	Sin síntomas
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench cv BTx-3197	Poaceae	Mosaico
<i>S. bicolor</i> cv QL-11	Poaceae	Sin síntomas
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae	Mosaico
<i>Sorghum verticilliflorum</i> (Steud.) Stapf	Poaceae	Mosaico
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. cv Tuy	Fabaceae	Sin síntomas
<i>Zea mays</i> L. cv Ohio-28	Poaceae	Mosaico

⁽¹⁾La última evaluación se realizó a los 30 d después de la inoculación mecánica.

Development Center, Wooster, Ohio, USA) y A. Ordosgoitti (INIA-CENIAP, Maracay).

Transmisión por áfidos. Se utilizaron individuos adultos ápteros de las especies *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) (áfido verde de la papa) y *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (áfido verde del maíz), provenientes de crías sanas, y se siguió la metodología empleada por Garrido y Cermeli (8); estas pruebas fueron repetidas en cuatro oportunidades. Como fuente de inóculo se utilizó plantas sorgo cv Río de 20 d de edad infectadas con el VEE. A los insectos se les permitió el período de acceso a la inoculación en plantas de maíz dulce cv Ohio-28 y sorgo cv OKY-8. Después de la inoculación los insectos fueron eliminados con un insecticida comercial y las plantas fueron llevadas a un invernadero bajo las condiciones descritas anteriormente.

Estabilidad en savia. Las propiedades físicas del jugo crudo se determinaron de acuerdo a la metodología comúnmente utilizada en los laboratorios de Virología Vegetal (35). Estas pruebas fueron repetidas cuatro veces en diferentes períodos del año (marzo, mayo, julio y agosto de 2008). Se utilizaron 20 plantas de sorgo cv Río como indicadoras para cada tratamiento. La savia infectiva para

estas pruebas provenía de plantas de sorgo cv Río de 25 d de edad infectadas con el VEE.

Transmisión a través de la semilla. Plantas jóvenes de maíz cv Ohio-28 y de sorgo cv Río, infectadas con el VEE en estado de 2-3 hojas, con síntomas característicos de esta virosis, fueron mantenidas para su crecimiento y desarrollo en condiciones parcialmente controladas y protegidas contra insectos. Una vez madura las semillas, fueron cosechadas y colocadas a secar al aire libre durante 15 d. Después de este acondicionamiento, las semillas se sembraron en bandejas plásticas de 30 cm de largo x 20 cm de ancho que contenían una capa de sustrato de 12-15 cm de espesor, con el fin de determinar si las plantas provenientes del material sembrado desarrollaban síntomas de la enfermedad. Las evaluaciones se efectuaron hasta a los 30 d después de la emergencia (9).

Microscopía electrónica. Para los preparados de enjuague (*dipping*) se colocaron pequeñas secciones de tejido foliar de sorgo cv Río infectado con el VEE en una gota de agua destilada. Una muestra de esa gota se colocó sobre una

Cuadro 2. Reacción de los hospedantes diferenciales propuestos por Gingery y Gordon (14) a la inoculación mecánica con el virus en estudio ⁽¹⁾.

Huésped	Síntomas
Maíz (<i>Zea mays</i> L.) cv Ohio-28	Mosaico
Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) cv Monon	Sin síntoma
Pasto johnson [<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.]	Mosaico
Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) cv Pennrad	Sin síntomas
Avena (<i>Avena sativa</i> L.) cv Garland	Mosaico suave
Sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] cv Atlas	Mosaico
Sorgo [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] cv Río	Mosaico

⁽¹⁾La última evaluación se realizó a los 30 d después de la inoculación mecánica.

Cuadro 3. Reacción de algunos de los cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor*) diferenciales propuestos por Tosic *et al.* (33) a la inoculación mecánica con el virus en estudio ⁽¹⁾.

Cultivar	Síntomas
Atlas	Mosaico
Río	Mosaico
BTX-398	Mosaico
NM-31	Mosaico
SA-8735	Mosaico
OKY8	Mosaico, necrosis sistémica
TX-2786	Mosaico
TX-430	Mosaico

⁽¹⁾La última evaluación se realizó a los 30 d después de la inoculación mecánica.

rejilla del microscopio electrónico, previamente cubierta con colodión y reforzada con una capa de carbón evaporado. Una vez seca, se coloreó por tinción negativa con ácido fosfotungstico al 2% neutralizado a pH 7,0 y se observó al microscopio electrónico (12).

Para observar los efectos citopatológicos, muestras de hojas jóvenes de sorgo cv Río, de 20 días de edad, sistémicamente infectadas con el VEE, fueron cortadas en pequeñas secciones de 2x2 mm y tratadas de acuerdo a Garrido *et al* (12). El material fue cortado con un ultramicrotomo Sorvall, modelo MT-2, con cuchilla de diamante; los cortes fueron coloreados con acetato de uranilo y citrato de plomo, y luego observados en un microscopio electrónico. Muestras de hojas jóvenes de sorgo del mismo cultivar y de la misma edad fueron tratadas de la misma manera para establecer comparaciones.

ELISA-indirecto. Para esta prueba se siguió la metodología propuesta por Lommel *et al.* (22), con algunas modificaciones: No se agregó carbonato, azida de sodio, polivinilpirrolidona ni suero-albumina bovina. Se utilizó un antisuero policlonal contra el JGMV, el cual fue suministrado por D. D. Shukla (CSIRO, Division of Biomolecular Engineering, Melbourne, Australia). Como control positivo se utilizó un aislamiento del JGMV, previamente reportado en Venezuela infectando sorgo (11), el cual fue suministrado por M. J. Garrido (UCV, Fac. Agronomía, Maracay). Los valores de absorbancia se midieron en un lector de placas de microtitulación, marca Labsystems, modelo Multiskan EX. Se consideró una muestra positiva cuando presentaba una absorbancia de al menos dos veces superior al control sano.

RESULTADOS

Reacción de los hospedantes diferenciales. La reacción de los hospedantes diferenciales inoculados con el VEE se presenta en los Cuadros 1, 2 y 3.

La sintomatología manifestada por las diferentes especies fue similar en las cuatro repeticiones en las cuales se realizó el experimento. De los hospedantes propuestos por Gingery y Gordon (14) solo fueron infectados por el VEE el maíz cv Ohio-28, los cultivares de sorgo Atlas y Río, el pasto johnson y la avena (Fig. 1); el VEE no infectó a la cebada ni al trigo (Cuadro 2). Por otra parte, el VEE infectó todos los cultivares de sorgo diferenciales señalados por Tosic *et al.* (33) utilizados en esta investigación (Cuadro 3). En el caso de los cultivares de maíz y sorgo que resultaron susceptibles, los síntomas sistémicos aparecieron a los 5-8 d después de la inoculación. El VEE no infectó al grupo de plantas herbáceas indicadoras de virus usadas rutinariamente en laboratorios de virología vegetal ni a los cultivares de caña de azúcar CP 31294 y CP 31588 (Cuadro 1).

Transmisión por áfidos. *A. solani* y *R. maidis* transmitieron al VEE de sorgo a sorgo, de manera no persistente, en la proporción 1/10 y 2/10, respectivamente. Las plantas que resultaron infectadas mostraron síntomas de mosaico y necrosis severa, iguales a los exhibidos por las plantas inoculadas mecánicamente con el VEE.

Estabilidad en savia. El VEE presentó un punto de inactivación térmica entre 55 y 60 °C, un punto final de dilución entre 10⁻³ y 10⁻⁴ y una longevidad *in vitro* de 48 a 72 h

72 h a 26 - 30 °C. En las cuatro ocasiones en las que se repitieron estas pruebas se obtuvieron los mismos valores.

Transmisión a través de la semilla. Fueron evaluadas 457 plantas de maíz cv Ohio-28 y 1036 plantas de sorgo cv Río. Ninguna de estas plantas presentó síntomas característicos de infección viral. Es decir, el virus no se transmitió a través de la semilla de estas poáceas.

Microscopía electrónica. Las preparaciones de enjuague realizadas a partir de tejidos de plantas de sorgo infectadas mecánicamente con el VEE revelaron la presencia de partículas virales en forma de filamentos flexuosos con un tamaño que oscilaba entre 750 y 765 nm, con un promedio de 757 nm. En los cortes ultrafinos de tejido foliar de sorgo infectado con el virus se observó en el citoplasma celular la presencia de partículas virales e inclusiones cilíndricas del tipo molinete y tubular o en forma de rollo (Fig. 2). En los cortes de tejido de sorgo sano no se observaron las estructuras antes mencionadas.

ELISA-indirecto. Al utilizar la dilución 1:500 del antisuero contra el JGMV el control sano presentó un valor promedio de absorbancia de 0,079 nm y el control enfermo mostró un valor promedio de 0,306 nm. El VEE exhibió un valor promedio de 0,249 nm de absorbancia, superando un poco más de tres veces el valor del control sano y mostrando un valor cercano al control positivo. Con la dilución 1:2000 del antisuero el control sano presentó un valor promedio de absorbancia de 0,029 nm y el control enfermo un valor promedio de 0,123 nm. El VEE tuvo una lectura promedio de 0,090 nm de absorbancia, triplicando el valor promedio del control sano.

DISCUSIÓN

La sintomatología inducida por el VEE en los hospedantes diferenciales evidencia que se trata de un virus con un rango de hospedantes limitado a miembros de la familia *Poaceae*, ya que al maíz, al sorgo, a la avena, al pasto johnson y al falso johnson. Sin embargo, no infectó a la caña de azúcar ni a la paja peluda, así como tampoco a otras especies de dicotiledóneas utilizadas (Cuadros 1, 2 y 3).

Considerando la transmisión mecánica como carácter para diferenciar los distintos virus que infectan al maíz, se puede descartar los siguientes: MMV (16,23), MStpV (20,34), MRFV (21), virus del enanismo clorótico del maíz (*Maize chlorotic dwarf waikavirus*, MCDV) (6,13), virus del mosaico enanizante del sorgo (*Sorghum stunt mosaic nucleorhabdovirus*, SSMV) (26), virus del estriado amarillo del maíz (*Maize yellow stripe tenuivirus*, MYSV) (2) y el virus del rayado del maíz (*Maize streak mastrevirus*, MSV) (3,5), ya que no se transmiten mecánicamente y el VEE si se transmitió de esta manera.

De acuerdo a la consideración anterior, el agente causal de la enfermedad en estudio podría tratarse de alguno de los siguientes virus, que si son transmitidos mecánicamente e infectan al maíz: SCMV, MDMV, SrMV, JGMV (33), virus del bandeado amarillo del sorgo (*Sorghum yellow banding virus*, SYBV) (12), virus del mosaico del Zea (*Zea mosaic virus*, ZeMV) (29), virus de la enfermedad de Fiji (*Fiji disease fiji virus*, FDV), virus del mosaico del pepino (*Cucumber mosaic cucumovirus*, CMV), virus del mosaico estriado de la cebada (*Barley stripe mosaic hordeivirus*, BSMV), virus

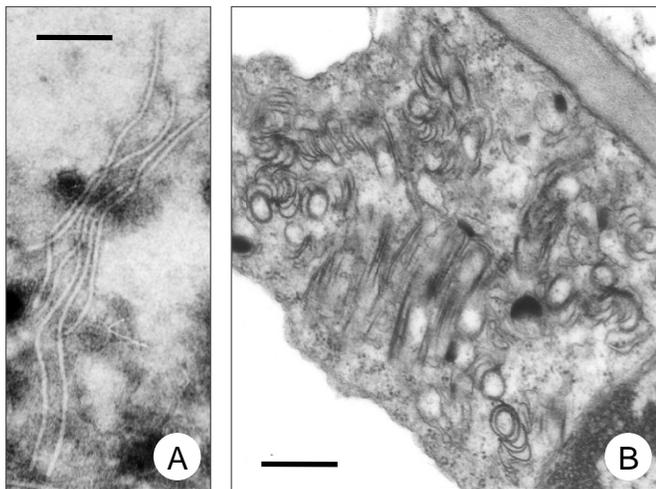


Fig. 2. Microfotografías electrónicas de las partículas virales y las inclusiones citoplasmáticas inducidas por el virus en estudio. A) Filamentos flexuosos en un preparado de enjuague (barra = 100 nm); B) Inclusiones cilíndricas de tipo molinete y tubular o rollo (barra = 400 nm).

del mosaico del bromo (*Brome mosaic bromovirus*, BMV), virus del mosaico del pasto guinea (*Guinea grass mosaic potyvirus*, GGMV), virus del mosaico del panicum (*Panicum mosaic panicovirus*, PMV), virus del moteado clorótico del maíz (*Maize chlorotic mottle machlomovirus*, MCMV), virus del mosaico estriado del trigo (*Wheat streak mosaic tritimovirus*, WSMV), virus del arrosamiento del maní (*Peanut clump pecluvirus*, PCV) y virus del mosaico del pasto setaria (*Foxtail mosaic potexvirus*, FMV) (19).

El tipo de partícula del VEE, típico de los *Potyvirus*, permite descartar a los virus siguientes, mencionados previamente como posibles causantes de la enfermedad viral en estudio: SYBV, FDV, CMV, BMV, PMV y MCMV (isométricos), PCV y BSMV (bastones rígidos) y FMV (filamento flexuoso, 500 nm) (5,19). Después de aplicar este criterio quedarían como posibles agentes causales los potyvirus SCMV, MDMV, SrMV, JGMV, ZeMV y GGMV, y el tritimovirus WSMV (19). Sin embargo, el GGMV presenta una partícula mucho más larga (825 nm) que el VEE, y para algunos investigadores (19) éste es considerado una raza del JGMV. Los tipos de inclusiones citoplasmáticas inducidas por el VEE son características del JGMV (30).

La reacción de los cultivares propuestos por Gingery y Gordon (14) y Tasic *et al.* (33) para diferenciar a los principales virus que afectan al sorgo y al maíz, y que son transmitidos mecánicamente, permitió determinar que el VEE corresponde a un aislamiento del JGMV, quedando descartados los otros virus por lo siguiente: SCMV, SrMV y WSMV no infectan al pasto johnson (*S. halepense*), mientras que el VEE si lo infecta. Es importante destacar que el VEE indujo en sorgo cv OKY8 y en la avena síntomas típicos del JGMV (Fig. 1B y 1D), los cuales permiten separar a este virus del MDMV y del resto de los potyvirus que infectan al maíz, al sorgo y a la caña de azúcar (33). Por otra parte, el ZeMV no infecta a la avena (29) y el GGMV no ha sido reportado infectando sorgo en condiciones naturales, mientras que el JGMV si (19).

Los cultivares de caña de azúcar CP 31294 y CP 31588, utilizados rutinariamente para identificar razas del SCMV(1,31), no manifestaron síntomas al ser inoculados

con el VEE, lo que permite excluir como agente causal de la enfermedad al SCMV, previamente descartado por los otros hospedantes diferenciales. Sin embargo, la raza MB de este virus tampoco infecta a los cultivares mencionados ni al pasto johnson (31), mientras que el VEE si infectó a esta maleza.

Los valores de absorbancia en la prueba de ELISA mostraron una estrecha relación del VEE con el control positivo, lo cual evidencia que se trata de un aislamiento del JGMV.

La estabilidad en savia y la incapacidad de transmitirse a través de la semilla de sorgo y maíz coinciden con lo señalado en otras investigaciones para el JGMV y otros potyvirus que infectan al maíz y al sorgo (19,30). *A. solani* y *R. maidis* transmitieron de manera no persistente al VEE. Esta forma de transmisión es característica del JGMV, y juega un papel importante en la diseminación de este virus en condiciones naturales (19,30). Estos resultados avalan las conclusiones derivadas de la prueba serológica (ELISA) y de los hospedantes diferenciales.

Sobre la base de los criterios antes expuestos (transmisión mecánica, hospedantes diferenciales, microscopía electrónica, estabilidad en savia, ELISA y transmisión por vectores y por semilla) se concluye que la sintomatología observada en maíz en la parcela experimental ubicada en la localidad de Villa de Cura, estado Aragua, es producida por un aislamiento del JGMV. Este constituye el primer reporte de esta virosis infectando al maíz en condiciones naturales en Venezuela. No obstante, el JGMV ya había sido señalado en 1993 infectando sorgo en el país (11). Este virus fue identificado originalmente en sorgo y maíz como razas del MDMV y SCMV (19,30). Sin embargo, en la actualidad constituye un virus filogenéticamente distinto del resto de los potyvirus que infectan maíz, sorgo y caña de azúcar (32). Por otra parte, *A. solani* se cita por primera vez como vector del JGMV, ya que en la literatura consultada no se encontró ningún reporte referible a este áfido como vector de este virus. *R. maidis* ha sido señalado por varios investigadores como vector de este potyvirus (30).

El haber identificado un nuevo virus afectando al maíz en el país planteó la necesidad de evaluar algunos cultivares comerciales y experimentales que se siembran actualmente. Fueron evaluados 16 cultivares y ubicados en un solo grupo que, de acuerdo a Kuhn y Smith (18), corresponde a la categoría de resistentes (25).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a las personas e instituciones siguientes: D.D. Shukla (CSIRO, Melbourne, Australia) por el suministro del antisuero contra el JGMV; E. Marys (IVIC-CMBC, Caracas) y A. Schmitd (INIA-CENIAP, Maracay) por el suministro de algunos reactivos para los inmunoensayos; M.L. Izaguirre (IVIC-CMBC, Caracas) por su ayuda en la microscopía electrónica y M. Cermeli (INIA-CENIAP, Maracay) por la identificación de los áfidos. Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, por la subvención de esta investigación mediante el proyecto N° PI-01-7335-2008/1.

LITERATURA CITADA

2. Ammar, E. V., Gingery, R. E., Gordon, D. T., and Abul-Ata, A. E. 1990. Tubular helical structures and fines filaments associated with the leafhopper-borne maize yellow stripe virus. *Phytopathology* 80:303-308.
3. Brunt, A. A., Crabtree, K., Dallwitz, M. J., Gibbs, A. J., and Watson, L. 1996. *Viruses of plant*. CAB International, Oxon, UK. 1484 p.
4. D'Lima, C. M. and Garrido, M. J. 1995. First report of sugarcane mosaic virus strain MB in Venezuela. *Plant Dis.* 79:121.
5. Damsteegt, V. D. 1981. Exotic virus and viruslike disease of maize. *In* Virus and viruslike disease of maize in the United States. D. T. Gordon, J. K. Knoke and G. E. Scott (eds.). Southern Cooperative Series Bulletin 247. pp. 110-123.
6. Frederiksen, R. A. 1986. Compendium of sorghum diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, EE.UU. 82 p.
7. Garrido, M. J. 2007. Contribución al conocimiento de los virus que infectan poáceas y musáceas en Venezuela. Trabajo de Ascenso. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 107 pp.
8. Garrido, M. J. y Cermeli, M. 1994. Transmisión del virus del mosaico enanizante del maíz raza venezolana por dos especies de áfidos. *Bol. Entomol. Venez. N.S.* 9(1): 123-124.
9. Garrido, M. J. y Cuello de Uzcátegui, R. 2000. Primer reporte de la raza D del virus del mosaico de la caña de azúcar infectando caña de azúcar en Venezuela. *Fitopatología* 35(1): 59-65.
10. Garrido, M. J. y Trujillo, G. E. 1988. Identificación de una nueva raza del virus del mosaico enanizante del maíz (MDMV) en Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 1:73-81.
11. Garrido, M. J. and Trujillo, G. E. 1993. Occurrence of johnsongrass mosaic virus on sorghum in Venezuela. *Plant Dis.* 77: 847.
12. Garrido, M. J., Trujillo G. E. y Cuello de Uzcátegui, R. 2000. Ocurrencia del virus del bandeo amarillo del sorgo en Venezuela. *Interciencia* 25: 321-327.
13. Gingery, R. E., Bradfaute, O. E., Gordon, D.T., and Nault, L. R. 1978. Maize chlorotic dwarf virus. *Descriptions of plant viruses* N° 194. Commonw. Mycol. Inst., AAB. Kew, Surrey, England. 4 p.
14. Gingery, R. E. and Gordon, D. T. 1981. Assays for viruses and micoplasmas infecting maize. *In* Virus and viruslike diseases of maize in the United States. D.T. Gordon, J.K. Knoke, and G.E. Scott (eds), Ohio, EE.UU. Southern Cooperative Series Bulletin 247. pp 19-24.
15. González, C. 2000. Distribución geográfica y producción nacional. Estadísticas sobre la producción de maíz. *In* H. Fontana y C. González (eds.). Maíz en Venezuela. Fundación Polar, Caracas, Venezuela. pp. 51-59.
16. Herold, F. 1972. Maize mosaic virus. *Descriptions of plant viruses* No. 94. Commonw. Mycol. Inst., AAB. Kew, Surrey, England. 4 pp.
17. Hull, R. 2002. *Matthew's Plant Virology*. 4th ed. New York, Elsevier-Academic Press. pp. 533-546.
18. Kuhn, C. W. and Smith, T. H. 1977. Effectiveness of a disease index system in evaluating corn for resistance to maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology* 67:288-291.
19. Lapiere, H. and Signoret, P. A. 2004. *Viruses and virus diseases of Poaceae (Gramineae)*. Paris, INRA-Editions. 857 pp.
20. Lastra, R. y Trujillo, G. E. 1977. Enfermedades del maíz en Venezuela causadas por virus y micoplasmas. *Agronomía Trop.* 25: 441-455.21.
21. Lastra, R. y Cuello de Uzcátegui, R. 1980. El virus rayado fino del maíz en Venezuela. *Turrialba* 30: 405-408.
22. Lommel, S. A., McCain, A. H., and Morris, T. J. 1982. Evaluation of indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Phytopathology* 72: 1018-1022.
23. Malaguti, G. 1963. El enanismo rayado del maíz en Venezuela. *Agronomía Trop.* 12: 175-193.
24. Malaguti, G. 2000. Enfermedades del maíz en Venezuela. *In* H. Fontana y C. González (eds.). Maíz en Venezuela. Fundación Polar, Caracas, Venezuela. pp. 363-405.
25. Mariño, A. A., Garrido, M. J. y Ascanio, A. 2009. Reacción de cultivares de maíz al potyvirus del mosaico del pasto johnson. *Fitopatol. Venez.* 22: 35-36.
26. Mayhew, D. E. and Folck, R. A. 1981. Sorghum stunt mosaic. *Plant Dis.* 65:84-86.
27. Ordogoitti, A. y Malaguti, G. 1969. El mosaico de la caña de azúcar en siembras comerciales de maíz y sorgo. *Agronomía Trop.* 19: 189-196.
28. Rangel, E. A., Garrido, M. J. y Trujillo, G. E. 1995. Identificación de dos aislamientos del virus del mosaico enanizante del maíz raza A y estudio de su rango de huéspedes. *Fitopatol. Venez.* 8: 2-6.
29. Seifers, D. L., Salomon, R., Marie-Jeanne, V., Alliot, B., Signoret, P., Haber, S., Loboda, A., Ens, W., She, Y.-M. and Standing, K.G. 2000. Characterization of a novel potyvirus isolated from maize in Israel. *Phytopathology* 90:505-513.
30. Shukla, D. D. and Teakle, D. S. 1989. Johnson grass mosaic virus. *Descriptions of plant viruses* N° 340. Assoc. Appl. Biol. Wellesbourne, Warwick, UK. 5 pp.
31. Teakle, D. S., Shukla, D. D., and Ford, R. E. 1989. Sugarcane mosaic virus. *Descriptions of plant viruses* N° 342. Assoc. Appl. Biol. Wellesbourne, Warwick, UK. 5 pp.
32. Tóbiás, I., Bakardjieva, N. and Palkovics, L. 2007. Comparison of hungarian and bulgarian Isolates of maize dwarf mosaic virus. *Cereal Research Communications* 35(4): 1643-1651.
33. Tomic, M., Ford, R. E., Shukla, D. D., and Jilka, J. 1990. Differentiation of sugarcane maize dwarf, Johnsongrass, and sorghum mosaic viruses based on reactions of oat and some sorghum cultivars. *Plant Dis.* 74:549-522.
34. Trujillo, G. E., Acosta, J. M., and Piñero, A. 1974. A new corn virus disease found in Venezuela. *Plant Dis. Repr.* 58: 122-126.
35. Walkey, D. G. 1985. *Applied Plant Virology*. New York, John Wiley and Sons. 329 pp.