

Efecto de Virus Fitopatógenos Sobre Características Agronómicas y Calidad del Ajo (*Allium sativum L.*), en el Estado de Guanajuato, México

Luis Pérez-Moreno, Dagoberto Santiago-Gómez, Esteban Rico-Jaramillo, Rafael Ramírez-Malagón y Briseida Mendoza-Celedón, Universidad de Guanajuato, Instituto de Ciencias Agrícolas, Apdo. Postal 311, Irapuato, Guanajuato, México CP 36500. Correspondencia: luispm@dulcinea.ugto.mx

(Recibido: Noviembre 29, 2007 Aceptado: Enero 15, 2008)

Pérez-Moreno, L., Santiago-Gómez, D., Rico-Jaramillo, E., Ramírez-Malagón, R. y Mendoza-Celedón, B. 2008. Efecto de virus fitopatógenos sobre características agronómicas y calidad del ajo (*Allium sativum L.*), en el estado de Guanajuato, México. Revista Mexicana de Fitopatología 26:40-48.

Resumen. El ajo (*Allium sativum*) es afectado por un complejo de diferentes virus. El objetivo de esta investigación fue identificar los virus en plantas de ajo de diez localidades y determinar su efecto sobre características agronómicas y calidad del ajo. Se seleccionaron bulbos de la variedad Taiwán, de plantas aparentemente sanas y plantas con síntomas virales. Se realizaron dos experimentos independientes: en el primero se determinó la altura, diámetro y peso de bulbo y número de bulbillos por bulbo. En el segundo se analizaron las mismas variables, más la sanidad, altura de planta, número de hojas por planta y la sintomatología de virosis. También se evaluó la frecuencia y concentración relativa de los virus *Leek yellow stripe virus* (LYSV), *Onion yellow dwarf virus* (OYDV), *Garlic common latent virus* (GarCLV) y *Shallot latent virus* (SLV), utilizando la técnica DAS-ELISA. Los cuatro virus estuvieron presentes en las localidades estudiadas; los potyvirus LYSV y OYDV con una frecuencia del 96.5 y 84.4%, respectivamente y los carlavirus GarCLV y SLV con una frecuencia del 87.5 y 81.0%, respectivamente. Los resultados muestran que el complejo viral presenta un efecto detriental sobre las características agronómicas y de calidad del ajo en las diez localidades del estudio.

Palabras clave adicionales: Mosaico del ajo, complejo viral, rendimiento, calidad.

Abstract. Garlic (*Allium sativum*) is affected by a complex of different viruses. The objective of this investigation was to identify viruses in garlic plants from ten locations and to determine their effect on agronomic characteristics and quality of garlic. Bulbs from the variety Taiwan were collected from apparently healthy plants and plants with virus symptoms. Two independent experiments were conducted. In the first, one height, diameter, bulb weight, and number of bulbils per

bulb were evaluated. In the second experiment, the same parameters were evaluated, but the overall plant health, plant height, number of leaves per plant, and virus symptoms were included. The frequency and relative concentration of *Leek yellow stripe virus* (LYSV), *Onion yellow dwarf virus* (OYDV), *Garlic common latent virus* (GarCLV), and *Shallot latent virus* (SLV) were also evaluated using the DAS-ELISA technique. The four viruses were present in all ten locations. The potyvirus LYSV and OYDV showed a frequency of 96.5 and 84.4%, respectively, while the carlaviruses GarCLV and SLV showed 87.5 and 81.0%, respectively. The results indicate that the viral complex present in garlic affects detrimentally the agronomic and quality characteristics of garlic in the ten localities where the study was conducted.

Additional keywords: Garlic mosaic, viral complex, yield, quality.

Por la importancia económica y social que el ajo (*Allium sativum L.*) representa para México y en especial para el estado de Guanajuato, es necesario prestar atención a los factores que ocasionan pérdidas a la producción, siendo uno de ellos las enfermedades, y entre éstas, las causadas por los virus. La producción de ajo en México se ha reducido debido a las infecciones virales, las cuales han presentado una incidencia elevada en lotes comerciales de la región del Bajío mexicano (Pérez *et al.*, 1997; 2006; 2007; Pérez y Rico, 2004; Ramírez-Malagón *et al.*, 2006). El cultivo de ajo es infectado por mezclas de virus que hacen compleja su identificación (Cadilhac *et al.*, 1976; Delecolle y Lot, 1981; Fajardo *et al.*, 2001). El complejo viral está integrado por más de ocho especies pertenecientes a los géneros Potyvirus, Carlavirus y Allexivirus, y producen una enfermedad denominada el mosaico del ajo (Cafrune *et al.*, 2005). El sistema de propagación vegetativo lleva a la acumulación de virus en las plantas de ajo, permitiendo su diseminación e induciendo pérdidas del rendimiento (Davis, 1995). Los potyvirus, virus enanismo amarillo de la cebolla (*Onion yellow dwarf virus*: OYDV) y virus rayado amarillo del puerro (*Leek yellow stripe virus*: LYSV), y varias especies de allexivirus son los

patógenos virales más extendidos en los cultivos del género *Allium* a nivel mundial. Los virus OYDV y LYSV de la familia Potyviridae son los más comunes y probablemente los más dañinos al follaje de ajo y por consiguiente los que más afectan el rendimiento y la calidad de los bulbos (Dovas *et al.*, 2001). Messiaen *et al.* (1981) reportaron reducciones del rendimiento de ajo por efecto de las infecciones virales del 25 al 50% dependiendo del cultivar sembrado. Lot *et al.* (1998) compararon los rendimientos de ajo libre de los virus OYDV y LYSV contra material de propagación comercial, y observaron que la infección simultánea de ambos virus causa reducciones significativas en peso y desarrollo del bulbo, estimando una pérdida del rendimiento debido a la infección de los virus de aproximadamente un 50%. Las plantas de ajo infectadas por virus pueden reducir más del 45% el número de bulbillos por bulbo, comparado con los producidos por las plantas sanas (Havranek, 1974). Cuando las plantas de ajo son infectadas por el LYSV, el virus impide una buena emergencia de plántulas, reduce la altura y el número de hojas de las plantas, lo cual se traduce en reducción del rendimiento (Lunello *et al.*, 1999). Cafrune *et al.* (2005), evaluaron el efecto de inocular dos Allexivirus comparado con ajo sano y ajo comercial que contenía el complejo viral de campo, sobre componentes del rendimiento y calidad de los cultivares de ajo Morado-INTA y Blanco IFFIVE; encontraron que el Allexivirus GarMBFV produjo siempre bulbos menores que el tratamiento sano, con reducciones del 14 al 32% en peso y del 6 al 11% en calibre. Este virus redujo el número de bulbillos por bulbo más en ajo Blanco que en Morado, detectándose en este último una disminución del 18 al 22%. Perotto *et al.* (2005a), evaluaron el efecto del complejo viral del ajo sobre el número y peso de bulbillos, peso y calibre de los bulbos, en ajo sano y enfermo de los cultivares Blanco IFFIVE y Morado-INTA, detectando que los virus causaron efectos deletéreos. En el cultivar Blanco IFFIVE el peso se redujo entre 57 al 61% y el número de bulbillos de 20 al 48%; sin embargo, en el cultivar Morado-INTA la disminución fue menor, el peso se redujo entre 0 al 36% y el número de bulbillos de 9 al 33%. Perotto *et al.* (2005b) evaluaron el efecto de un Allexivirus serológicamente relacionado al *Garlic virus D* en suma al de otros virus (Potyvirus y Carlavirus) que recontaminaron el cultivo de ajo bajo condiciones de campo, detectando diferencias significativas respecto a las plantas que estuvieron originalmente libres de virus, encontrando 12% de reducción en el peso, 7% en el calibre de los bulbos y 40% en el número de bulbillos por bulbo. La reducción en el rendimiento de ajo causado por la mezcla de virus es alta; sin embargo, la contribución al daño total de cada uno de los virus individuales de la mezcla no se ha investigado todavía en México, salvo en el caso del grupo Potyvirus (OYDV y LYSV) (Pérez y Rico, 2004; Ramírez-Malagón *et al.*, 2006). El presente trabajo tuvo como objetivos: a) determinar el efecto del complejo viral sobre algunas características agronómicas y de calidad del ajo, durante los ciclos otoño-invierno 2004-2005 y 2005-2006, en el estado de Guanajuato, México; y b)

identificar los virus presentes en el cultivo del ajo durante el ciclo otoño-invierno 2005-2006, en follaje de plantas originadas de bulbos aparentemente sanos (asintomáticos) y aparentemente enfermos con distintos síntomas de probable origen viral, de diferentes zonas productoras del estado de Guanajuato, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Primer ciclo de cultivo. Material genético. Se seleccionaron cinco plantas de la variedad Taiwán con follaje aparentemente sano (asintomático) y cinco aparentemente enfermas con distintos síntomas presuntivos de una virosis, por ejemplo: enchinamiento y/o enrollamiento, mosaico, deformación de hojas, amarillamiento y ampollamiento, bandeados y enanismo, en cada una de 10 localidades de municipios del estado de Guanajuato: "Monte Cristo 2, Los Rodríguez", de San Miguel de Allende y "Tabla 1, El Ramillete", "Tabla 2, El Ramillete" y "Tabla 3, El Ramillete", de San Luis de La Paz, en la zona norte, "Santa Teresa Tabla 3, Valtierrilla" y "Santa Teresa Tabla 4, Valtierrilla", de Salamanca y "Pozo Alto 1, El Pato", "Pozo Alto 2, El Pato", "Laurel 1, El Pato", "Bodegas, El Pato", de Villagrán. Los bulbos de dichas plantas se produjeron en el ciclo otoño-invierno 2004-2005 y se cosecharon en marzo de 2005. Los bulbos cosechados se colocaron en bolsas de papel y se mantuvieron almacenados a temperatura ambiente de laboratorio hasta el momento de su siembra. Se analizaron las variables: a) altura, b) diámetro, c) peso y d) número de bulbillos por bulbo; se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial, con cinco repeticiones. El factor A correspondió a las localidades de procedencia de los bulbos, con 10 niveles; el factor B se relacionó con la condición de sanidad de la planta de la que provenía el bulbo, el cual tuvo dos niveles: a) bulbos de plantas aparentemente sanas (asintomáticas) y b) bulbos de plantas aparentemente enfermas con distintos síntomas de probable origen viral; lo anterior dio un total de 20 tratamientos. La comparación múltiple de medias se hizo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Segundo ciclo de cultivo. La siembra del experimento se realizó el 3 de octubre de 2005 en el Campo Agrícola Experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato (ICA-UG), en Irapuato, Guanajuato, México. Los bulbillos de cada uno de los 50 bulbos seleccionados por su aparente sanidad y los 50 bulbos seleccionados por su sintomatología de posible enfermedad viral, se sembraron en surcos individuales de 1.5 m de largo y 0.75 m de ancho. Se analizaron las variables: a) altura de planta en cm; b) número de hojas por planta; c) sintomatología de virosis, medido con una escala de 1 a 5, donde: 1 = plantas sin ningún síntoma de virosis; 2 = plantas con ligeros síntomas de virosis; 3 = plantas con síntomas regulares de virosis; 4 = plantas con síntomas fuertes de virosis y 5 = plantas con síntomas intensos de virosis; d) altura de bulbo en cm; e) diámetro de bulbo en cm; f) peso de bulbo en gramos; y g) número de bulbillos por bulbo. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial, con cinco repeticiones. La

comparación múltiple de medias se hizo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). También se evaluó la presencia y concentración de los virus estudiados que fueron: los potyvirus, Virus enanismo amarillo de la cebolla (OYDV) y Virus rayado amarillo del puerro (LYSV), y los carlavirus, virus latente del shallot (*Shallot latent virus*: SLV) y virus latente común del ajo (*Garlic common latent virus*: GarCLV), se utilizó la técnica de ELISA para detectar la concentración en cada muestra.

Fechas de evaluación y colectas. La detección viral se realizó en tres fechas de muestreo de follaje, que se llevaron a cabo el 3 de diciembre de 2005, 7 de febrero y 22 de marzo de 2006, respectivamente. Se colectó una hoja de cada una de cinco plantas de la parcela experimental, éstas pudieron ser plantas de ajo con síntomas presuntivos de una virosis, por ejemplo: enchinamiento y/o enrollamiento, mosaico, deformación de hojas, amarillamiento y ampollamiento, bandeado y enanismo o también, hojas de plantas de ajo aparentemente sanas (asintomáticas). El número de muestras totales colectadas fue de 100 por cada uno de los tres muestreos realizados. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico y se mantuvieron en congelación (-20°C) hasta el momento de su procesamiento.

Procesamiento de las muestras. Se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del ICA-UG. Para la detección de los virus se utilizó la técnica de inmunoabsorción enzimática denominada sándwich de doble anticuerpo (DAS), para desarrollarse en dos días (Clarck y Adams, 1977; Cruz y Frías, 1997). Se utilizaron los anticuerpos para las proteínas de cubierta: GarCLV (Virus latente común del ajo), LYSV, OYDV y SLV. Para los virus GarCLV, LYSV y OYDV se utilizaron anticuerpos conjugados con la enzima fosfatasa alcalina, mientras que para el SLV, la enzima estaba conjugada con la enzima peroxidasa. Los antisueros (Agdia Inc.), se mantuvieron en condiciones de refrigeración (4°C) o a temperatura ambiente de acuerdo a lo que recomienda el fabricante, hasta el momento de efectuar las pruebas. Como testigo positivo se usó el control del método (method control) y el testigo negativo

(negative control, extract of onion leaves) ambos de Agdia Inc., se mantuvieron en condiciones de refrigeración (4°C) hasta el momento de efectuar las pruebas. La lectura de absorbancia (concentración del virus) se realizó en el espectrofotómetro BIO-RAD Modelo 3550-UV, a una longitud de onda de 405 nm para los anticuerpos de GarCLV, LYSV y OYDV con la enzima conjugada de fosfatasa alcalina, y 630 nm para el virus SLV con peroxidasa.

Evaluación de resultados y determinación del límite de detección. Se obtuvieron lecturas por duplicado de cada muestra, y el valor medio de cada par fue el asignado. El valor del testigo sano se obtuvo con el promedio de los dos valores promedio de lectura de absorbancia del testigo sano (negativo), que se obtuvieron para cada virus en las diferentes muestras analizadas. Como criterio para determinar el límite de detección, se utilizó el valor duplicado de la desviación estándar (S), del testigo sano. Todo valor por arriba de este límite de detección se consideró positivo.

RESULTADOS

Primer ciclo de cultivo. Se observaron diferencias altamente significativas para localidades de procedencia de los bulbos y para condición de sanidad, y no significancia para la interacción de localidades por condición, con coeficientes de variación de 10.8, 11.8, 31.0 y 26.7% en las variables altura, diámetro, peso y número de bulbillos por bulbo, respectivamente; lo anterior significa que tanto las localidades de procedencia evaluadas como las condiciones de sanidad probadas, propiciaron diferentes alturas, diámetros, pesos y números de bulbillos por bulbo. El Cuadro 1 muestra que los bulbos de las localidades de "Pozo Alto 1, El Pato" y "Monte Cristo 2, Los Rodríguez", fueron los que mostraron los mayores valores en las variables evaluadas, comparado con "Santa Teresa Tabla 3, Valtierrilla" y "Tabla 1, El Ramillete". La condición de planta sana (asintomática) propició los mejores resultados (Cuadro 2).

Segundo año de trabajo. Frecuencia de la ocurrencia de LYSV,

Cuadro 1. Características de rendimiento y calidad de bulbos de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán cosechados en diez localidades del estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2004-2005.

No.	Localidad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	No. de bulbillos
7	Monte Cristo 2	7.60 a ^z	6.60 a	90.83 ab	11.84 bc
1	Pozo Alto 1, El Pato	7.59 a	6.30 a	84.74 ab	10.00 c
3	Laurel 1, El Pato	7.48 ab	6.63 a	94.71 a	12.20 bc
4	Bodegas, El Pato	7.40 ab	6.57 a	94.67 a	17.10 a
2	Pozo Alto 2, El Pato	7.05 ab	6.20 a	82.33 ab	13.00 abc
9	El Ramillete Tabla 2	7.04 ab	5.91 a	59.54 b	9.50 c
6	Santa Teresa Tabla 4	6.97 ab	5.93 a	72.05 ab	11.10 bc
10	El Ramillete Tabla 3	6.77 ab	5.66 a	65.92 ab	15.77 ab
5	Santa Teresa Tabla 3	6.79 ab	5.64 a	60.04 b	8.80 c
8	El Ramillete Tabla 1	6.37 b	5.73 a	61.70 ab	12.49 abc

^zValores con la misma letra en cada columna no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Características de rendimiento y calidad de bulbos de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán de dos condiciones de sanidad de planta en campo, cosechados en el estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2004-2005.

No.	Condición de sanidad de planta en campo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	No. de bulbillos
2	Sana (asintomática)	7.38 a ^z	6.52 a	90.10 a	12.84 a
1	Enferma	6.82 b	5.71 b	63.20 b	11.52 b

^zValores con la misma letra en cada columna no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

GarCLV, SLV y OYDV. A partir del análisis presuntivo reportado, se confirmó que los cuatro virus están presentes en el follaje de las plantas originadas de los bulbos provenientes de los municipios de Villagrán, San Miguel de Allende, San Luis de la Paz y Salamanca, Guanajuato (Figs. 1 y 2 y Cuadro 3). Los virus detectados en orden de frecuencia como promedios del primero, segundo y tercer muestreo fueron los potyvirus LYSV y OYDV con 90.0 y 78.3%, respectivamente; seguido de los carlavirus GarCLV y SLV con un 81.0% y 75.3%, respectivamente (Figs. 1 y 2 y Cuadro 3). Efectos sobre las características agronómicas. Se observaron diferencias altamente significativas para localidades de procedencia de los bulbos y para condición de sanidad y no significancia para la interacción de localidades por condición, con coeficientes de variación de 11.5, 6.6, 43.7, 8.9, 9.7, 27.5, 20.8% en las variables altura de planta, número de hojas, sintomatología de virosis, altura, diámetro, peso y número de bulbillos por bulbo, respectivamente; lo anterior significa que el material genético de ajo el cual provenía de alguna de las diez localidades evaluadas, así como la condición de sanidad que presentaba dicho material genético, propició que se produjeran diferentes alturas, diámetros, pesos y números de bulbillos por bulbo. Los Cuadros 4 y 6 muestran que las plantas de ajo originadas en las localidades de “Pozo

Alto 1, El Pato” y “Santa Teresa Tabla 3” fue en donde se tuvo menos efecto de los virus sobre las variables altura de planta, número de hojas, sintomatología de virosis, altura,

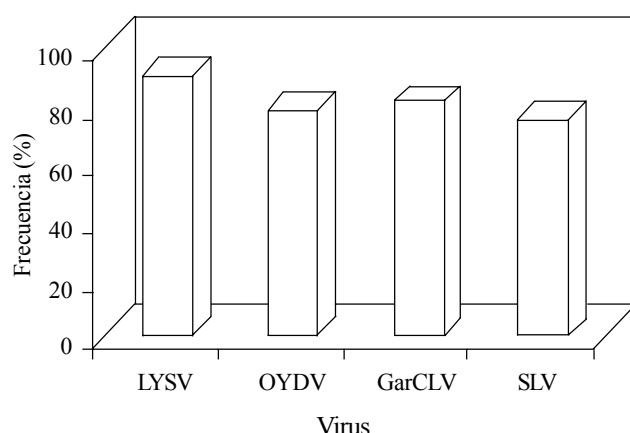


Fig. 1. Frecuencia de los virus LYSV (Virus del rayado amarillo del puerro), OYDV (Virus del enanismo amarillo de la cebolla), GarCLV (Virus latente común del ajo) y SLV (Virus latente del shallot) en follaje de plantas de ajo (*Allium sativum*), en Irapuato, Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

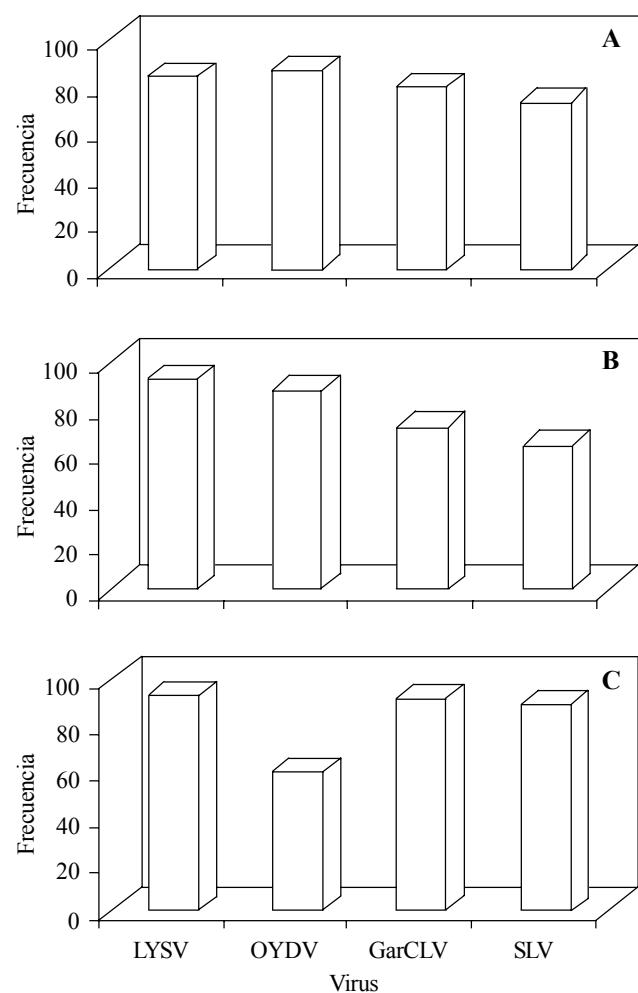


Fig. 2. Frecuencia de los virus LYSV (Virus del rayado amarillo del puerro), GarCLV (Virus latente común del ajo), SLV (Virus latente del shallot) y OYDV (Virus del enanismo amarillo de la cebolla) en follaje de plantas de ajo (*Allium sativum*) por medio de ELISA, detectados en el primer muestreo (A, 3 de diciembre del 2005), segundo (B, 7 de febrero del 2006), y tercer muestreo (C, 22 de marzo del 2006), durante el ciclo de cultivo en el municipio de Irapuato, Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

Cuadro 3. Detección de virus por ELISA en muestras de tejido foliar de 100 materiales de ajo (*Allium sativum*) var. Taiwán, originados de bulbos aparentemente sanos (asintomáticos) y aparentemente enfermos, de los municipios de Villagrán (VIL), Salamanca (SAL), San Miguel de Allende (SMA) y San Luis de la Paz (SLP), Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

Primer muestreo						
OB ^w	NB ^x	GarCLV	SLV	LYSV	OYDV	FM ^y
VIL	40	85 ^z	67.5	77.5	97.5	03/12/05
SAL	20	90	85	100	75	03/12/05
SMA	10	50	80	90	90	03/12/05
SLP	30	73.3	70	80	80	03/12/05
Segundo muestreo						
OB ^w	NB	GarCLV	SLV	LYSV	OYDV	FM
VIL	40	100	87.5	100	92.5	07/02/06
SAL	20	100	90	100	90	07/02/06
SMA	10	40	40	90	90	07/02/06
SLP	30	26.6	23.3	80	80	07/02/06
Tercer muestreo						
OB ^w	NB	GarCLV	SLV	LYSV	OYDV	FM
VIL	40	97.5	97.5	100	90	22/03/06
SAL	20	100	95	100	50	22/03/06
SMA	10	90	80	90	50	22/03/06
SLP	30	80	76.6	80	30	22/03/06

^wOB = Origen de los bulbos.

^xNB = Número bulbos sembrados.

^yFM = Fecha de muestreo.

^zPorcentaje de plantas con virus. GarCLV = Virus latente común del ajo; SLV = Virus latente del shallot; LYSV = Virus del rayado amarillo del puerro; OYDV = Virus del enanismo amarillo de la cebolla.

diámetro y peso de bulbo, comparado con “El Ramillete Tabla 1” y “El Ramillete Tabla 3”. La condición de planta sana (asintomática) propició los mejores resultados (Cuadros 5 y 7).

DISCUSIÓN

El sistema de propagación vegetativa del ajo mantiene de una generación a otra sistemas bióticos, especialmente lleva a la acumulación de virus en las plantas, permitiendo su

diseminación e induciendo pérdidas del rendimiento durante ciclos de cultivo sucesivos (Davis, 1995). Los resultados obtenidos muestran que en las siembras comerciales de ajo del estado de Guanajuato, México, se presentan infecciones complejas de virus. Otros estudios reportan resultados similares como los de Fajardo *et al.* (2001) y Conci *et al.* (2002) para siembras comerciales de ajo de Brasil y Argentina, respectivamente. En relación a los cuatro virus estudiados, éstos están presentes en la mayoría de las plantas

Cuadro 4. Altura de planta, número de hojas y calificación de sintomatología de virosis en plantas de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán del estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

No.	Localidad	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Sintomatología de virosis
7	Monte Cristo 2	57.78 abc ^z	11.42 bcd	1.60 ab
1	Pozo Alto 1, El Pato	63.70 a	11.48 bcd	1.50 b
3	Laurel 1, El Pato	62.58 ab	11.82 abc	1.80 ab
4	Bodegas, El Pato	56.26 abc	11.21 bcd	2.10 ab
2	Pozo Alto 2, El Pato	57.84 abc	10.86 d	1.60 b
9	El Ramillete Tabla 2	54.33 bc	12.14 abc	2.17 ab
6	Santa Teresa Tabla 4	60.07 ab	12.40 a	2.10 ab
10	El Ramillete T3	54.17 bc	11.10 cd	2.17 ab
5	Santa Teresa T3	60.01 ab	12.18 ab	1.70 ab
8	El Ramillete T1	50.10 c	11.13 cd	2.50 a

^zValores con la misma letra en cada columna no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 5. Altura de planta, número de hojas y calificación de sintomatología de virosis en plantas de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán de dos condiciones de sanidad de planta, cosechados en el estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

No.	Condición de sanidad de planta en campo	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Sintomatología de virosis
2	Sana (asintomática)	59.86 a ^z	11.69	1.27 a
1	Enferma	55.50 b	11.49	2.58 b

^zValores con la misma letra en cada columna, no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Cuadro 6. Características de rendimiento y calidad de bulbos de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán del estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

No.	Localidad	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	No. promedio de bulbillos
7	Monte Cristo 2	5.11 abc ^z	6.18 ab	75.12 ab	16.03
1	Pozo Alto 1, El Pato	5.46 a	6.33 ab	90.30 a	18.71
3	Laurel 1, El Pato	5.26 ab	6.20 ab	78.79 ab	17.68
4	Bodegas, El Pato	5.09 abc	5.92 ab	77.55 ab	16.90
2	Pozo Alto 2, El Pato	5.03 abc	5.96 ab	75.49 ab	16.79
9	El Ramillete Tabla 2	5.11 abc	6.08 ab	68.42 ab	17.25
6	Santa Teresa Tabla 4	5.23 abc	6.14 ab	76.82 ab	19.35
10	El Ramillete T3	4.62 c	5.52 b	54.89 b	14.99
5	Santa Teresa T3	5.42 a	6.57 a	91.62 a	16.61
8	El Ramillete T1	4.80 bc	5.72 ab	58.90 b	16.07

^zValores con la misma letra en cada columna no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

muestreadas, observando su presencia en el material genético de ajo de las diez localidades incluidas en el estudio. Por otra parte, las plantas infectadas presentan sintomatologías similares, tales como: enchinamiento, mosaico, deformación de hojas, amarillamiento y achaparramiento, lo cual imposibilita asociar una sintomatología específica con alguno de los virus en particular por la sola observación óptica, y no se puede determinar con precisión que virus están presentes al estar frente al síntoma. Es decir, un solo virus o un complejo viral pueden ocasionar una sintomatología similar, aún cuando existan diferencias relacionadas con el estado fisiológico del cultivo, la relación virus-cultivar y la temperatura del ambiente (Fig. 3). Por otra parte, Peña-Iglesias y Ayuso (1982), habían reportado que muchas veces los síntomas virales no son visibles y que un gran número de agricultores ven reducción del tamaño del bulbo sin saber a qué atribuirlo aunque se presume la presencia de virus. Esa determinación sólo es posible con el uso de técnicas inmunológicas como se hizo en el presente estudio o con el uso de técnicas de RT-PCR.

De manera general, los porcentajes de muestras seropositivas fueron mayores en el primer y tercer muestreo y menores en el segundo. Lo anterior no significa que los virus hayan desaparecido de las plantas en el segundo muestreo, sino que posiblemente se haya reducido el título viral y por lo tanto la prueba de ELISA resultó negativa. Resultados similares han sido reportados por Koch y Salomon (1994) quienes observaron cambios en las concentraciones de OYDV a través del tiempo al analizar plantas obtenidas de meristemos. Asimismo, Conci *et al.* (2002) reportaron cambios en las concentraciones de LYSV en plantas de ajo en diferentes estadios de desarrollo del cultivo. Lo anterior demuestra la importancia de acotar diferentes tiempos de lectura viral para tener resultados confiables y reducir la posibilidad de diagnosticar plantas enfermas como sanas. En el presente trabajo se encontró que los potyvirus OYDV y LYSV fueron los más conspicuos en las diferentes materiales evaluados, con porcentajes de infección de 78.3 y 90.0, respectivamente. Esto concuerda con los porcentajes de potyvirus reportados

Cuadro 7. Características de rendimiento y calidad de bulbos de ajo (*Allium sativum*) de la variedad Taiwán de dos condiciones de sanidad de planta, del estado de Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

No.	Condición de sanidad de planta en campo	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)	No. promedio de bulbillos
2	Sana (asintomática)	5.29 a ^z	6.30 a	83.35 a	16.74
1	Enferma	4.93 b	5.82 b	66.23 b	17.33

^zValores con la misma letra en cada columna no difieren en la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

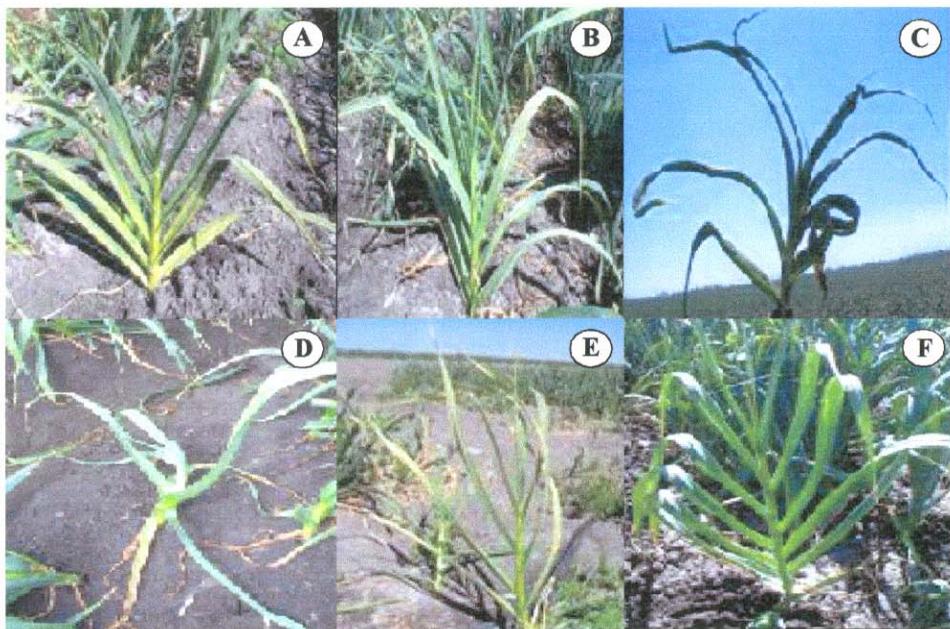


Fig. 3. Variación de sintomatología de plantas de ajo (*Allium sativum*), infectadas por los virus LYSV, OYDV, GarCLV y SLV (A: enanismo y deformación de hojas; B: amarillamiento; C: Mosaico; D: Ampollamiento; E: Rayado; F: Enrollamiento), en Irapuato, Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

por Alvarado-Rodríguez (1999) y por Pérez *et al.* (2007), quienes encontraron que 64 y 62% de las plantas muestradas estaban infectadas por potyvirus, respectivamente. Los resultados obtenidos también muestran que la presencia del complejo viral afectó negativamente las características agronómicas, ya que en una planta de ajo infectada por virus se afecta el tamaño, peso y altura de sus bulbos. Se reportan resultados similares en otros estudios, como en los de Messiaen *et al.* (1981), para las siembras comerciales de Francia y por Cafrene *et al.* (2005), Lunello *et al.* (1999), Perotto *et al.* (2005a), Perotto *et al.* (2005b) para las siembras comerciales de Argentina. Muchos productores de ajo seleccionan los bulbillos más grandes para la siembra con lo cual obtienen bulbos más grandes; el tamaño de diente de una determinada planta es afectado por su posición en el bulbo, por las condiciones ambientales, la fertilidad del suelo y por el daño de otros factores bióticos. La selección de bulbos más grandes y por lo tanto bulbillos más grandes dentro de un campo comercial de ajo, dirige indirectamente a la selección de plantas en las cuales la concentración de los virus es reducida (Fig. 4). Esta práctica se traduce en un incremento en el costo de la semilla de ajo y por ende en los costos de producción. La eliminación de la mayor parte de las plantas que contienen alta concentración de los virus se traduce en incrementos en el rendimiento, debido principalmente a un incremento de más del 50% del tamaño de los bulbos y de los bulbillos, debido a un daño menor y un incremento en vigor de las plantas libres de virus (Fig. 4) (Lot *et al.*, 1998; Oh *et al.*, 1994; Verbeek *et al.*, 1995; Walkey, 1990; Walkey y Antill, 1989). La disminución en diámetro,

altura, y peso de bulbo en las plantas con síntomas demuestra el efecto de los virus sobre el rendimiento y la calidad, estos



Plantas asintomáticas (aparentemente sanas)



Plantas con síntomas de virosis (enfermas)

Fig. 4. Comparación de sintomatología entre plantas de ajo (*Allium sativum*) aparentemente sanas (asintomáticas) y plantas con sintomatología de virosis infectadas por los virus LYSV, OYDV, GarCLV y SLV, en Irapuato, Guanajuato, México, durante el ciclo Otoño-Invierno 2005-2006.

resultados son similares a los reportados por otros autores (Canavelli *et al.*, 1998; Conci, 1997; Lot *et al.*, 1998; Walkley y Antill, 1989). Las ventajas de usar semilla de ajo sana en comparación con el uso de semilla infectada por virus quedaron demostradas en los experimentos realizados en este estudio. La calidad y el rendimiento de los materiales de ajo sanos (asintomáticos) fueron más altos en términos de altura, diámetro, peso y número de bulbillos por bulbo (Fig. 4). El efecto de los virus sobre las plantas induce bajos rendimientos, lo que se traduce en pérdidas para el productor, ya que actúan en los tejidos de las plantas afectando las hojas mediante la producción de mosaico, enrollamiento de hojas, amarillamiento, enanismo, franjas amarillas en hojas, reducción en altura y número de hojas de las plantas de ajo (Fig. 3). Por otra parte, la evaluación de las variables: altura de planta, número de hojas y sintomatología de virosis, mostró respuestas significativas en las localidades de "El Ramillete Tabla 1" y "El Ramillete Tabla 3" (Cuadro 4), pudiendo constatar que las plantas enfermas dan lugar a resultados pobres (Cuadro 5), asimismo, para las variables evaluadas en bulbos (altura, diámetro, peso y número de bulbillos, se pueden observar respuestas no significativas en las localidades de "Pozo Alto 1, El Pato" y "Santa Teresa Tabla 3" (Cuadros 6 y 7), esto puede ser debido a la época en que se realizó cada muestreo, al origen de la semilla botánica del cultivar sembrado por los diferentes productores, a la región del estado de Guanajuato donde se siembra el ajo o a la concentración de estos virus que están teniendo las plantas; se observa que un bulbo enfermo es afectado en su altura, diámetro, peso y en el número de bulbillos, lo que lo lleva a obtener una calidad deficiente. Con base en los resultados encontrados es imprescindible conocer algunos aspectos relacionados con la sintomatología y con la epidemiología de los virus en las zonas productoras de ajo del estado y del país, tales como su distribución, su forma de diseminación, rango de hospedantes, transmisión por semilla, prácticas de cultivo, y conocer su efecto en el rendimiento, para poder establecer las medidas de control que sean necesarias.

CONCLUSIONES

Se detectó la presencia en diferentes proporciones, de los virus GarCLV, SLV, LYSV y OYDV. La concentración de los cuatro virus en el follaje de ajo fue diferente de acuerdo a la época en que se realizó cada muestreo. En algunas de las plantas que no mostraban síntomas aparentes de virosis, se detectaron algunos de los virus estudiados. Una misma sintomatología puede ser causada por uno o más virus en las plantas enfermas de ajo. Se observó el impacto en el rendimiento y calidad de los bulbos, de los cuatro virus estudiados. Los daños causados por los virus en las plantas repercuten en el rendimiento y calidad del ajo, mismo que se traduce en pérdidas económicas para el productor. Se sugiere sembrar semilla sana cada ciclo de producción, lo cual se puede lograr mediante el cultivo de meristemos y la termoterapia, o bien, seleccionando como material de siembra

las plantas que no presenten sintomatología de virosis al momento de la cosecha.

Agradecimientos. Se agradece el financiamiento parcial para la realización del proyecto, a la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad de Guanajuato (Convocatoria 2004, Apoyo a la Investigación) y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (Convenio No. 06-16-K117-23).

LITERATURACITADA

- Alvarado-Rodríguez, M. 1999. Obtención de plantas de *Allium sativum* libres de patógenos. IV Simposio Internacional; V Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible. Fundación Michoacán Produce. Morelia, Michoacán, México. 220 p.
- Cafrune, E.E., Perotto, M.C. y Conci, V.C. 2005. Efecto de dos Allexivirus en el rendimiento de ajo. En: Libro de Resúmenes del XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología y III Taller de la Asociación Argentina de Fitopatología. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Resumen, p. 561.
- Cadilhac, B., Quiot, J.B., Marrou, J., et Leroux, J.P. 1976. Mise en evidence au microscope electronique de deux virus différents infectants l'ail (*Allium sativum* L.) et l'échalote (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum*). Annals de Phytopathologie 8:65-72.
- Canavelli, A., None, S. y Conci, V.C. 1998. Incidencia de las virosis en el cultivo de ajo Rosado Paraguayo. Fitopatología Brasileira 23:354-358.
- Clark, M.F., and Adams, A.N. 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. Journal of General Virology 34:475-483.
- Conci, V.C. 1997. Virus y fitoplasmas de ajo. pp. 267-291. En: J.L. Burba (ed.). 50 Temas Sobre Producción de Ajo. Vol. 3. EEA-INTA. La Consulta, Mendoza, Argentina. 311 p.
- Conci, V.C., Lunello, P., and Buraschi, D. 2002. Variations of *Leek yellow stripe virus* concentration in garlic and its incidence in Argentina. Plant Disease 86:1085-1088.
- Cruz, F.M. y Frías, T.G.A. 1997. Guía ilustrada de la Prueba de Inmunoabsorción con Enzimas Ligadas para la Detección de Fitopatógenos. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Subsecretaría de Agricultura y Ganadería, Comisión Nacional de Sanidad Agropecuaria, Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia de Diagnóstico Fitosanitario. México, D.F. 23 p.
- Davis, R.M. 1995. Diseases caused by virus and mycoplasmalike organisms. pp. 40-42. In: H.F. Schwartz and S.K. Mohan (eds.). Compendium of Onion and Garlic Diseases. APS Press. St. Paul. Mn, USA. 54 p.
- Delecolle, B., et Lot, H. 1981. Viroses de l'ail: 1.- Mise en évidence et essais de caractérisation par immunoélectromicroscopie d'un complexe de trois virus chez différentes populations d'ail attaquées de mosaïque. Agronomie 1:763-770.
- Dovas, C., Hatziloukas, E., Salomon, R., Barg, E., Shibolet, E.

- Y.M., and Katis, N. 2001. Incidence of viruses infecting *Allium* spp. in Greece. European Journal of Plant Pathology 107:677-684.
- Fajardo, T.V.M., Nishijima, M., Buso, J., Torres, A.C., Ávila, A.C., and Resende, R.O. 2001. Garlic viral complex: Identification of potyviruses and carlavirus en Central Brazil. Fitopatología Brasileira 26:619-626.
- Havranek, P. 1974. The effect of virus disease on the yield of common garlic. Ochrana Rostlin 8:291-298.
- Koch, M., and Salomon, R. 1994. Serological detection of *onion yellow dwarf virus* in garlic. Plant Disease 78:785-788.
- Lot, H., Chevelon, V., Souche, S., and Dellecolle, B. 1998. Effects of *onion yellow dwarf virus* and *leek yellow stripe virus* on symptomatology and yield loss of three French garlic cultivars. Plant Disease 82:1381-1385.
- Lunello, P., Nome, S. y Conci, V. 1999. Resultados preliminares sobre el efecto del *Leek Yellow Stripe Virus* (LYSV) en el cultivo de ajo. Memorias del XXVI Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología y X Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen, p. 226.
- Messiaen, C.M., Youcef-Benkada, M., et Beyries, A. 1981. Rendement potentiel et tolerance aux virus chez l'ail (*Allium sativum* L.). Agronomie 1:759-762.
- Oh, D.G., Suh, H.D., Kim, K.T., and Lee, J.W. 1994. Field performance of meristem-tip-culture derived seed garlic. Acta Horticulturae 358:281-284.
- Peña-Iglesias, A., and Ayuso, P. 1982. Characterization of spanish garlic viruses and their elimination by *in vitro* shoot apex culture. Acta Horticulturae 127:183-193.
- Pérez, M.L., Ramírez, M.R. y Salinas, G.J.G 1997. Métodos de obtención de plantas de ajo (*Allium sativum* L.) libres de virus (grupo potyvirus) en México. Libro de Resúmenes del IX Congreso Latinoamericano de Fitopatología. Montevideo, Uruguay. Resumen, p. 198.
- Pérez, M.L. y Rico, J.E. 2004. Identificación de Virus Fitopatógenos en Cultivos Hortícolas de Importancia Económica en el Estado de Guanajuato, México. Editorial de la Universidad de Guanajuato. 1a Edición. Guanajuato, Guanajuato, México. 143 p.
- Pérez-Moreno, L., Córdova-Rosales, Z.V., Barboza-Corona, E., Ramírez-Malagón, R., Ruiz-Castro, S., and Silva-Rosales, L. 2006. First Report of *Leek yellow stripe virus* in garlic in the State of Guanajuato, Mexico. Plant Disease 90:1458.
- Pérez, M.L., Córdova, R.Z.V., Rico, J.E., Ramírez, M.R., Barboza, C.E., Zúñiga, Z.J., Ruiz, C.S. y Silva, R.L. 2007. Identificación de virus fitopatógenos en ajo (*Allium sativum* L.), en el estado de Guanajuato, México. Revista Mexicana de Fitopatología 25:11-17.
- Perotto, M.C., Cafrune, E.E., Avila, G.Y. y Conci, V.C. 2005a. Efecto de virus de ajo sobre componentes de rendimiento y calidad. Libro de Resúmenes del XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología y III Taller de la Asociación Argentina de Fitopatología. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Resumen, p. 571.
- Perotto, M.C., Quiroga, M.P., Torrico, A.K., Cafrune, E.E., Quevedo, V.Y. y Conci, V.C. 2005b. Resultados preliminares sobre caracterización de un Allexivirus detectado en ajo y efectos en los rendimientos. Libro de Resúmenes del XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología y III Taller de la Asociación Argentina de Fitopatología. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Resumen, p. 572.
- Ramírez-Malagón, R., Pérez-Moreno, L., Borodanenko, A., Salinas-González, J.G., and Ochoa-Alejo, N. 2006. Differential organ infection studies, potyvirus elimination, and field performance of virus-free garlic plants produced by tissue culture. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 86:103-110.
- Verbeek, M., Van Dijk, P.M., and Van Well, A. 1995. Efficiency of eradication of four viruses from garlic (*Allium sativum*) by meristem tip culture. European Journal of Plant Pathology 101:231-239.
- Walkey, D.G.A. 1990. Virus Diseases. pp. 191-212. In: H.D. Rabinowitch and J.L. Brewster (eds.). Onion and Allied Crops. Vol II. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 320 p.
- Walkey, D.G.A., and Antill, D.N. 1989. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Horticultural Science 64:53-60.