

Estudio de la resistencia a la roya blanca (*Puccinia horiana* Henn.) de 18 variedades de crisantemo (*Dchrysanthemum morifolium* Ramat.) en dos localidades del Estado de México

TOMÁS H. NORMAN MONDRAGÓN,* ARMANDO GARCÍA FRÍAS,** FERNANDO R. SANDOVAL ROSALES,* LUIS MIGUEL VÁZQUEZ GARCÍA,* JESÚS G. AQUINO MARTÍNEZ,** MARÍA DEL CARMEN CORONA RODRÍGUEZ* Y ENRIQUE PEDRAL MARTÍNEZ**

Study of Resistance to Rust White of 18 Variety's Chrysanthemum in Two Localities of the State of Mexico

Abstract. *The White Rust of Chrysanthemum caused by the Puccinia Horiana Henn. is a disease so aggressive that it has given occasion to a number of international prohibitions and restrictions in all the countries where it exists, as in Mexico. These control measures have causes heavy economic losses among producers and distributors, and for that reason it is of crucial importance that control strategies including the generation of information concerning its degree of resistance are developed.*

In the present study the susceptibility and resistance of eighteen varieties of Chrysanthemum P. Horiana (sixteen varieties introduced from outside, and two regional varieties) in two contrasting localities in the State of Mexico was evaluated. One of the hypothesis to be proved was that at least one of the eighteen varieties under study was immune (totally resistant) and the conditions of growing (periodic irrigation) determined the intensity of the disease.

Introducción

Entre los problemas fitopatológicos de origen fungoso que afectan la parte aérea de las plantas de crisantemo, la roya blanca (*Puccinia horiana* P. Henn.) está considerada como una de las enfermedades más perjudiciales del cultivo, ya que puede ocasionar la

pérdida total de las siembras (Smits *et al.*, 1992). Originaria de China y Japón, donde fue observada en 1895, la enfermedad ha causado grandes daños económicos desde su detección hasta la actualidad en más de 27 países del mundo (Baker, 1967; Dickens, 1968; Firman, 1968). En México fue detectada durante 1993 (López, 1993). Debido a la agresividad del patógeno y a la gravedad del problema, en julio del mismo año se publicó en el *Diario Oficial de la Federación* un plan de prevención y control contra esta enfermedad en el territorio nacional. En octubre se localizó en cuatro municipios del Estado de México, donde afectaba a 150 hectáreas de 500 productores; las pérdidas se calculaban en cinco millones de nuevos pesos.

Actualmente, la roya blanca se presenta en la zona florícola del Estado de México en forma mucho más destructiva que la roya común (*Puccinia chrysanthemi*), debido a que *P. horiana* es capaz de infectar brotes tiernos y hojas, lo cual reduce el vigor de las plantas, la calidad de la flor y su valor comercial.

Un aspecto consecuente de la alta agresividad de la roya blanca es el establecimiento de vedas internacionales para aquellos países que la padecen, lo cual ocasiona grandes pérdidas económicas a productores y distribuidores. Esto es especialmente importante para la región florícola más productiva de nuestro país, que comprende los municipios de Villa

* Profesor-investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM.

** Investigador del Centro Experimental Hortoflorícola "El Islote", ICAMEX-SEDAGRO, Villa Guerrero, México.



Guerrero, Tenancingo y Coatepec Harinas, en el Estado de México (Mireles, 1994).

En México y en la mayoría de los países, el control de la roya blanca se ha realizado a través de intervención química (ver a Andrade y Martínez, 1994; Larraque y Gamboa, 1986; Mireles, 1994; Rolin *et al.*, 1982; Smits *et al.*, 1992; Yang *et al.*, 1992) o la destrucción del material infectado (Baker, 1967; Dickens, 1968; De Jong y Rademaker, 1986; Martin y Firman, 1970; Rademaker y de Jong, 1987); sin embargo, hay reportes de razas del patógeno que han venido a complicar este panorama (Dickens, 1968; Krebs, 1965). Por ello es indispensable generar información del grado de resistencia a la roya blanca de los materiales que se encuentran comercialmente en México y de aquellos otros con perspectivas a ser comerciales, así como de las etapas de patogénesis y su posible relación con la resistencia y sus componentes en la planta, para obtener un conocimiento más detallado de la enfermedad y lograr en consecuencia un manejo económica y ecológicamente sustentable. Al respecto, en el presente estudio se compara la resistencia de dieciocho variedades de crisantemo (dieciséis materiales de introducción y dos testigos regionales) a la roya blanca, y su comportamiento en dos localidades del Estado de México. Dos hipótesis guiaron la investigación: al menos una de las dieciocho variedades es inmune a *Puccinia horiana*, y las condiciones de manejo del cultivo (aplicación de riegos periódicos) determinan la intensidad de la enfermedad.

I. Metodología

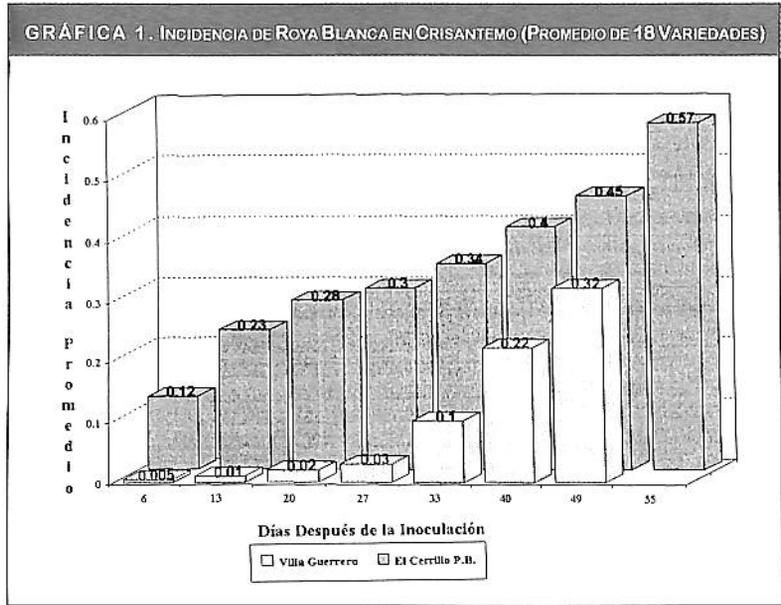
La investigación se realizó en un invernadero rústico del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM, ubicado en El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, Estado de México (localidad 1), y en el Centro Experimental Hortoflorícola "El Islote" del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (Icamex-Sedagro), ubicado en el municipio de Villa Guerrero (localidad 2). En ambos sitios se utilizó un diseño de bloques al azar con dieciocho tratamientos y tres repeticiones. Las variedades de crisantemo estudiadas se agruparon en cuatro tipos: a) tipo margarita: white marble (WMA), blue marble (BMA), florida marble (FMA), sassy marble (SMA), divinity (DIV) y dinara USPPP (DIN); b) tipo crisantemo (estándar): albatros (ALB), yellow albatros (YAL), snowdon USPPP (SNO), fred shoemith (FSH), snow cristal (SCR) y white indianapolis (IND, testigo regional); c) tipo polar: artic (ART), white polaris (WPO) y yellow polaris (YPO) y d) tipo spider: super white (SWH), yellow knight (YKN) y spider (SPI, testigo regional). Los testigos regionales se obtuvieron en la zona florícola de Villa Guerrero y los materiales de introducción fueron adquiridos en la Empresa Yoder Brothers, Inc. de México. Para conocer las características generales de los materiales utilizados véase la tabla 1. Las plantaciones se establecieron el pri-

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS VARIEDADES DE CRISANTEMO UTILIZADAS EN LAS DOS LOCALIDADES

VARIEDAD	TIPO DE CRISANTEMO	CRECIMIENTO ¹	PROD. DE ESQUEJES	DÍAS A FLORACIÓN	COLOR DE LA FLOR	DIÁMETRO DE LA FLOR (CM)
SPIDER (SPI)	SPIDER	MEDIANO	0.00 ²	100	BLANCO	16.6
SUPER WHITE (SWH)	SPIDER	LENTO	6.66	150	BLANCO MARFIL	0.0 ³
WHITE POLARIS (WPO)	POLAR	RÁPIDO	14.01	90	BLANCO	9.5
YELLOW POLARIS (YPO)	POLAR	RÁPIDO	15.77	85	AMARILLO	9.7
ARTIC (ART)	CRISANTEMO	LENTO	7.19	140	BLANCO MARFIL	11.0
DIVINITY (DIV)	MARGARITA	LENTO	8.08	110	BLANCO	4.3
DINARA USPPP (DIN)	MARGARITA	MEDIANO	7.13	130	ROJO	5.5
WHITE MARBLE (WMA)	MARGARITA	MEDIANO	10.10	110	BLANCA	6.3
WHITE INDIANAPOLIS(IND)	CRISANTEMO	MEDIANO	0.00 ²	110	BLANCO	15.4
SASSY MARBLE (SMA)	MARGARITA	MEDIANO	8.50	110	ROSA CORAL	7.5
BLUE MARBLE (BMA)	MARGARITA	MEDIANO	12.48	120	ROSA PROFUNDO	8.5
FLORIDA MARBLE(FMA)	MARGARITA	MEDIANO	9.04	120	AMARILLA	7.6
SNOW CRISTAL (SCR)	POLAR	MEDIANO	9.19	95	BLANCO	7.0
SNOWDON USPPP (SNO)	CRISANTEMO	RÁPIDO	19.31	85	BLANCO	8.0
YELLOW KNIGHT (YKN)	SPIDER	RÁPIDO	12.90	90	AMARILLO	13.5
FRED SHOESMITH (FSH)	CRISANTEMO	MEDIANO	10.02	126	BLANCO	10.3
ALBATROS(ALB)	CRISANTEMO	LENTO	3.31	130	BLANCA	13.2
YELLOW ALBATROS (YAL)	CRISANTEMO	MEDIANO	10.00	115	AMARILLO	11.3

1. CRECIMIENTO COMO PLANTA MADRE.
2. LAS VARIEDADES INDIANAPOLIS (IND) Y SPIDER (SPI) (TESTIGOS REGIONALES) NO SE EVALUARON COMO PLANTA MADRE.
3. DE LA VARIEDAD SUPER WHITE (SWH) NO SE EVALUÓ DIÁMETRO DE FLOR.
FUENTE: COMUNICACIÓN DE ICAMEX-SEDAGRO, 1995.

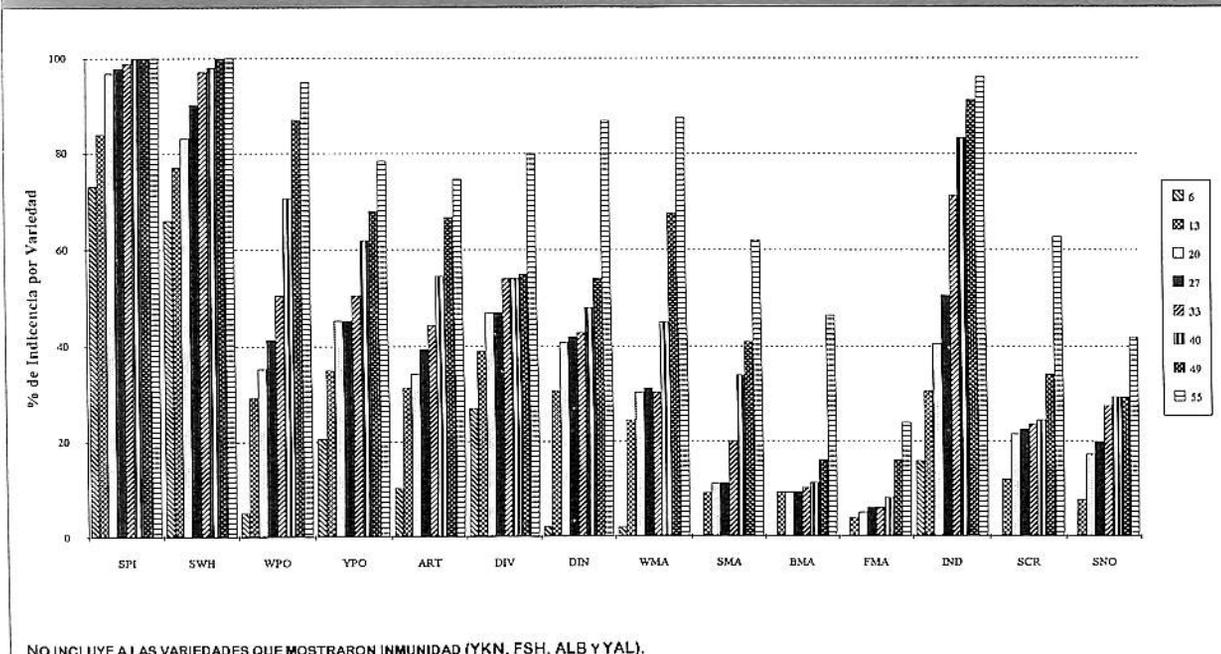
mero de marzo de 1995 y la parcela experimental estuvo compuesta por treinta y tres plantas de cada variedad (0.81 m²). Cincuenta y nueve días después se inocularon por aspersión 10⁴ propágulos (teliosporas) de *P. horiana* (Zandvoort *et al.*, 1968), obtenidos de plantas enfermas de crisantemo colectadas en Villa Guerrero, México. En la localidad 1 se regó por aspersión nocturna de 12 horas cada quince días durante tres meses a partir de la fecha de inoculación -28 de marzo de 1995-, para favorecer el desarrollo de la enfermedad. Ahí se registraron tres lecturas diarias de temperatura y humedad relativa (8:00, 13:00 y 18:00 hrs) antes y hasta 10 días después de esa fecha. En la localidad 2 se regó manualmente cada vez que lo requirió el cultivo. Se determinó el porcentaje de incidencia de la enfermedad durante ocho y siete semanas respectivamente (55 y 49 días), contando y marcando las plantas afectadas por variedad y repetición (bloque). Los resultados obtenidos en cada localidad se procesaron aplicando un análisis de varianza para el modelo utilizado y se hicieron pruebas de comparación múltiple de contrastes ortogonales para detectar diferencias entre las variedades de introducción y los testigos regionales. asimismo, se hizo el ANOVA



con la prueba de Tukey al 0.05 para comparar días después de inoculación (fechas) y para detectar diferencias entre variedades.

Por otra parte, se realizó un análisis de bloques completos al azar con arreglo bifactorial para comparar el comportamiento de las variedades estudiadas en las dos localidades, así como la interacción variedad por localidad.

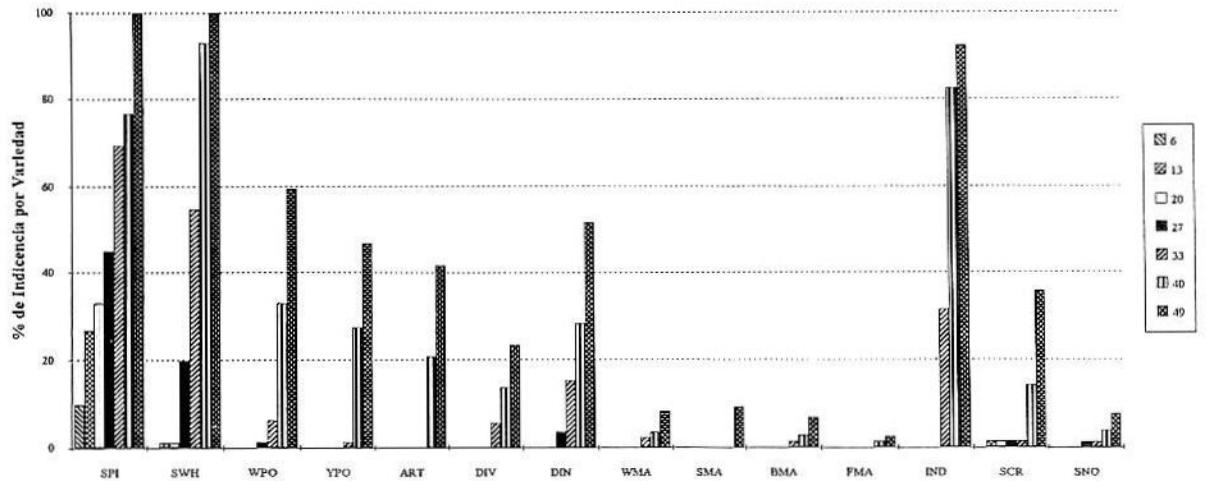
GRÁFICA 2. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ROYA BLANCA POR VARIEDAD DURANTE 55 DÍAS DESPUÉS DE INOCULACIÓN. EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, MÉXICO, 1995



NO INCLUYE A LAS VARIEDADES QUE MOSTRARON INMUNIDAD (YKN, FSH, ALB Y YAL).

DÍAS	SPI	SWH	WPO	YPO	ART	DIV	DIN	WMA	SMA	BMA	FMA	IND	SCR	SNO
6	73.12	66	5.0	20.62	10.1	27	2.04	1.96	0	0	0	15.84	0	0
13	83.87	77	29.29	35.05	31.31	39	30.61	24.51	9	9.09	4	30.69	11.76	7.62
20	96.77	83	35.35	45.36	34.34	47	40.82	30.39	11	9.09	5	40.59	21.57	17.14
27	97.85	90	41.41	45.36	39.39	47	41.84	31.37	11	9.09	6	50.5	22.55	20
33	98.92	97	50.51	50.52	44.44	54	42.86	30.39	20	10.1	6	71.29	23.53	27.62
40	100	98	70.71	61.86	54.55	54	47.96	45.1	34	11.11	8	83.17	24.51	29.52
49	100	100	86.87	68.04	66.67	55	54	67.65	41	16.16	16	91.09	34.31	29.52
55	100	100	94.95	78.35	74.75	80	86.73	87.25	62	46.46	24	96.04	62.75	41.9

GRÁFICA 3. PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ROYA BLANCA POR VARIEDAD DURANTE 49 DÍAS DESPUÉS DE INOCULACIÓN. VILLA GUERRERO, MÉXICO, 1995



NO INCLUYE A LAS VARIEDADES QUE MOSTRARON INMUNIDAD (YKN, FSH, ALB Y YAL).

Días	SPI	SWH	WPO	YPO	ART	DIV	DIN	WMA	SMA	BMA	FMA	IND	SCR	SNO
6	9.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	28.8	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0
20	32.9	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4	0
27	45.1	19.8	1.3	0	0	0	3.5	0	0	0	0	0	1.4	1.3
33	69.5	54.7	6.3	1.3	0	5.5	15.3	2.4	0	1.4	0	31.4	1.4	1.3
40	76.8	93	32.9	27.3	20.8	13.7	28.2	3.6	0	2.8	1.3	82.4	14.3	3.8
49	100	100	59.5	46.8	41.6	23.3	51.8	8.3	9.3	6.9	2.5	92.2	35.7	7.6

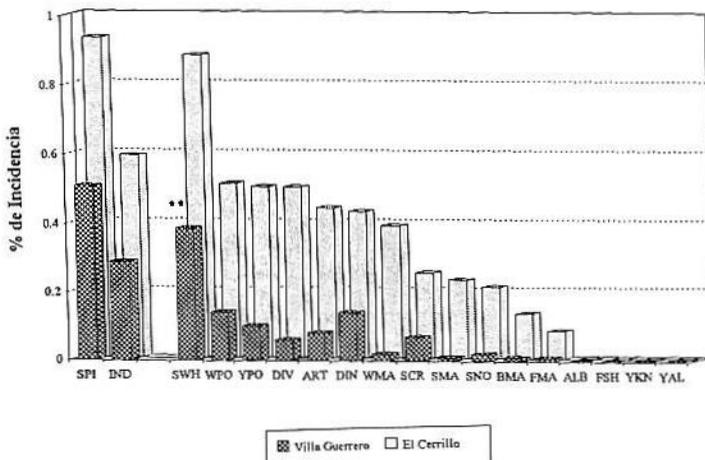
II. Resultados y discusión

La gráfica 1 muestra el desarrollo gradual de la enfermedad (% de incidencia) en la localidad 1 y en la localidad 2. Las diferencias encontradas durante los 55 y 49 días después de haberse inoculado con *P.*

horiana (ocho y siete semanas de muestreo, respectivamente), pueden atribuirse a la acción conjunta de tres factores: los riegos, que favorecieron las condiciones de temperatura y humedad relativa para el desarrollo de la enfermedad, la respuesta diferencial de los materiales (genotipos) a la roya blanca y el estado fitosanitario inicial de estos, especialmente de los materiales regionales (SPI e IND). Los riegos quincenales por aspersión en El Cerrillo Piedras Blancas, fueron particularmente determinantes en el desarrollo más intenso de la enfermedad, como lo demuestran los porcentajes promedio de incidencia, que fueron más altos a los observados en la localidad 2.

El análisis de incidencia por variedad en cada localidad (gráficas 2 y 3), permitió distinguir cuatro grupos atendiendo a su grado de susceptibilidad o resistencia a la roya blanca: en el primero se incluyen las variedades SPI y SWH, que mostraron hasta 100% de incidencia a causa de su alta susceptibilidad (altamente susceptibles), le siguen YKN, FSH, ALB y YAL (no incluidas en las gráficas) que integran el grupo de genotipos que no presentaron síntomas de la enfermedad (inmunes o completamente resistentes). En un tercer grupo quedaron incluidas las variedades WPO, YPO, ART, DIV, DIN, WMA e IND, y caracterizadas por un desarrollo gradualmente más lento de la enfermedad y consideradas

GRÁFICA 4. INCIDENCIA PROMEDIO DE ROYA BLANCA EN CRISANTEMO. COMPARACION ENTRE TESTIGOS REGIONALES VS. VARIEDAD DE INTRODUCCIÓN, CONTRASTES ORTOGONALES (0.05)



** INDICA DIFERENCIA ALTAMENTE SIGNIFICATIVA.

TEST. REG.	VARIEDADES DE INTRODUCCIÓN																	
	SPI	IND	SWH	WPO	YPO	DIV	ART	DIN	WMA	SCR	SMA	SNO	BMA	FMA	ALB	FSH	YKN	YAL
0.93	0.59	0.88	0.51	0.5	0.5	0.44	0.43	0.39	0.25	0.23	0.21	0.13	0.08	0	0	0	0	0
0.51	0.29	0.39	0.14	0.1	0.08	0.08	0.14	0.02	0.07	0.01	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0

susceptibles; SMA, BMA, FMA, SCR y SNO, que se clasificaron como resistentes.

Sin embargo, en la localidad 2, las variedades SCR, DIV y WMA mostraron un comportamiento aparentemente diferente al registrado en la localidad 1, debido quizás a la brevedad de los periodos favorables de temperatura y humedad relativa para el desarrollo de la enfermedad y no sólo a su respuesta genotípica *per se* (gráfica 3).

Por otra parte, al comparar los testigos regionales con las variedades de introducción como grupos (gráfica 4), se encontró que en ambas localidades los primeros se comportaron mucho más sensibles a la presencia de *P. horiana*. SWH fue el genotipo más susceptible del grupo de las variedades de introducción, mientras que ALB, FSH, YKN y YAL fueron los más resistentes. El resto presentó distintos grados de resistencia, o bien, de susceptibilidad, si se consideran los valores promedio de incidencia registrados (tercer y cuarto grupos del párrafo anterior).

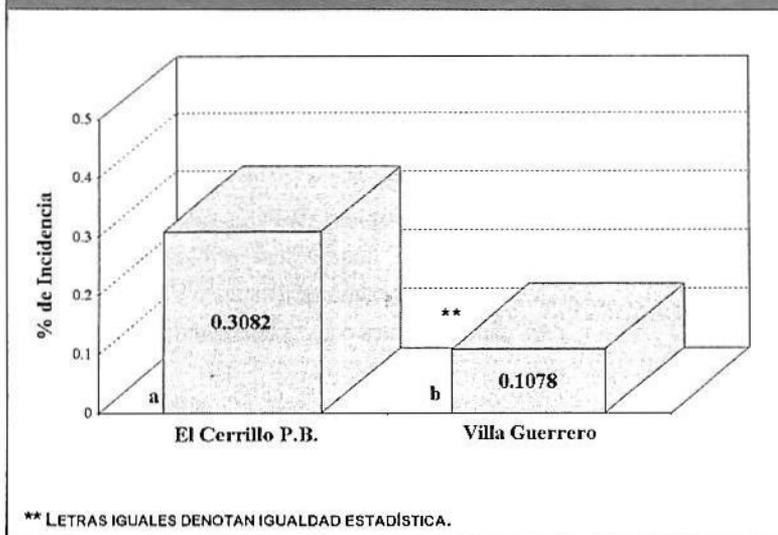
Con relación a la interacción variedad por localidad, el ANOVA resultó altamente significativo, debido a la diferencia en el porcentaje promedio de incidencia de las dieciocho variedades en cada localidad (gráfica 5).

Este resultado confirma que el desarrollo de la enfermedad depende en gran medida de las condiciones ambientales (efecto de la localidad y manejo del cultivo). Por otro lado, el análisis comparativo de cada variedad en los dos sitios corrobora la clasificación de los materiales estudiados en los cuatro grupos propuestos por su grado de susceptibilidad o resistencia a la roya blanca (gráfica 6), no obstante que puede diferir de otras clasificaciones como las de Martin y Firman (1970), De Jong y Rademaker (1986) y Rademaker y De Jong (1987).

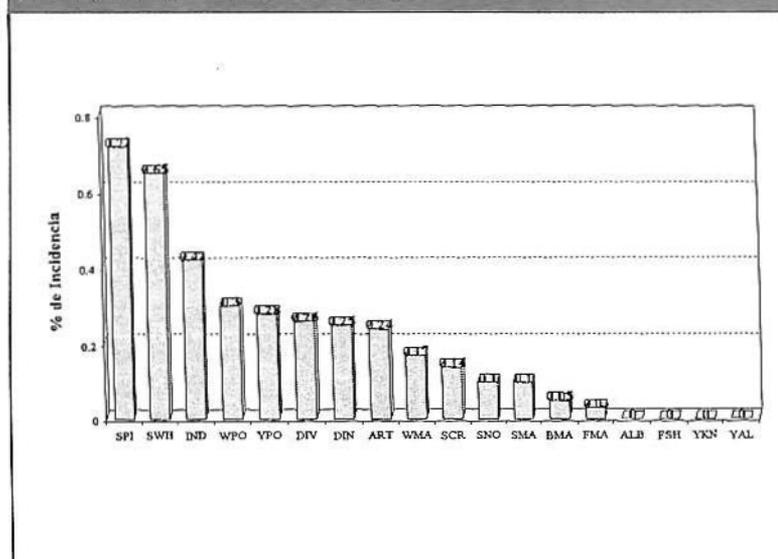
Inclusive la clasificación de cada variedad puede diferir o no de lo reportado por otros autores. Así, por ejemplo, la susceptibilidad de la variedad IND se confirma por Martin y Firman (1970) y la inmunidad de FSH por Baker (1967) y Dickens (1968), no así para ART y DIV, que se comportaron como susceptibles, a diferencia de Martin y Firman (1970) que los encontraron resistentes.

Estas y otras diferencias pueden deberse a variaciones genéticas del patógeno que logran romper la resistencia o inmunidad originalmente observada en algunos genotipos. Los resultados obtenidos en esta investigación conjunta validan los supuestos hipotéticos planteados al principio, al detectar la presencia de inmunidad en al menos una de las variedades estudiadas y al encontrar un desarrollo más intenso de

GRÁFICA 5. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ROYA BLANCA EN LAS LOCALIDADES: EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS Y VILLA GUERRERO, MÉXICO, 1995 (PROMEDIO DE 18 VARIEDADES) TUKEY (0.05)



GRÁFICA 6. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE INCIDENCIA DE ROYA BLANCA POR VARIEDAD EN LAS LOCALIDADES: EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS Y VILLA GUERRERO, MÉXICO (PROMEDIO DE LAS DOS LOCALIDADES)



la enfermedad en el lugar donde se aplicaron riegos periódicos (localidad 1).

Conclusiones

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se llevó a cabo este trabajo permiten concluir lo siguiente:

1. La presencia de roya blanca en las variedades de crisantemo estudiadas se debió al potencial de inóculo de *Puccinia horiana*, a las condiciones de temperatura y humedad relativa y al grado de susceptibilidad que presentó cada variedad.
2. Los riegos quincenales por aspersión en la localidad 1 fueron particularmente determinantes en el desarrollo más intenso de la enfermedad, al obser-

vase los valores más altos de incidencia entre las variedades estudiadas.

3. El análisis individual de la incidencia de roya blanca en cada localidad permitió distinguir cuatro grupos de variedades por su grado de susceptibilidad o resistencia a la enfermedad: altamente susceptibles, susceptibles, resistentes e inmunes.

4. Las variedades SPI y SWH se clasificaron como altamente susceptibles; WPO, YPO, ART, DIV, DIN, WMA e IND, como susceptibles; SMA, BMA, FMA, SCR y SNO como resistentes y YKN, FSH, ALB y YAL como inmunes o completamente resistentes.

5. El grupo de los testigos regionales (SPI e IND) fue en promedio mucho más susceptible a la roya blanca que las variedades de introducción en ambas localidades.

6. SWH fue el genotipo más susceptible del grupo de las variedades de introducción, inclusive más aun que IND.

7. Los resultados del análisis de la interacción variedad por localidad fueron confirmatorios del desarrollo más intenso de la enfermedad en la localidad I y de la clasificación propuesta para las variedades estudiadas. ◆

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, M. y Martínez, V. (1994). *Reporte técnico del efecto del Q-2000 en el control de Puccinia horiana en crisantemo (Chrysanthemum morifolium)*. Reporte Técnico. Centro de Bioingeniería. ITESM, Campus Querétaro.
- Baker, J. (1967). "Chrysanthemum White Rust in England and Wales. 1963-66", en *Pl. Path.* Núm. 16, pp. 162-166.
- Dickens, W. (1968). "The resistance of various cultivars and species of chrysanthemum to white rust (*Puccinia horiana* Henn.)", en *Pl. Path.* Núm. 17, pp. 19-22.
- De Jong, J. y Rademaker, W. (1986). "The reaction of *Chrysanthemum* cultivars to *Puccinia horiana* and the inheritance of resistance", en *Euphytica*. Núm. 35, pp. 945-52.
- Firman, I. y Martin, P. (1968). "White rust of chrysanthemums", en *Ann. Appl. Biol.* Núm. 62, pp. 429-42.
- Krebs, K. (1965). "Chrysanthemum white rust can be controlled", en *Gb + Gw*. Núm. 85, pp. 69-73.
- Larraque, O. y Gamboa, B. (1986). "Control químico de la roya blanca del crisantemo", en *Revista de la Facultad de Agronomía*. Núm. 61/62. U. Nacional de la Plata. Argentina. pp. 191-93.
- López, G. (1993). "Roya blanca del crisantemo", en *Ciencias Agrícolas Informa*. Núm. 2. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM. Toluca. pp. 5-8.
- Martin, P. y Firman, I. (1970). "Resistance of Chrysanthemum Cultivars to White Rust (*Puccinia horiana*)", en *Pl. Path.* Núm. 19, pp. 180-84.
- Mireles, C. (1994). *Evaluación del control químico de la roya blanca (Puccinia horiana Henn.) en Crisantemo (Chrysanthemum morifolium Ramat) var. Spider, en Villa Guerrero, Estado de México*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, UAEM.
- Rademaker, W. y De Jong, J. (1987). "Types of resistance to *Puccinia horiana* in chrysanthemum", en *Acta Horticulturae*. Núm. 197, pp. 85-88.
- Rolin, P.; Pitta, G.; Cardoso, R. y Oliveira, D. (1982). "Controle químico da ferrugem branca (*Puccinia horiana* P. Henn.) do crisantemo (*Chrysanthemum* spp.)", en *Biologico*. Núm. 48, pp. 311-17.
- SARH (1993). "Plan de prevención contra la roya blanca del crisantemo", en *Diario Oficial de la Federación*, 22 de julio. Estados Unidos Mexicanos.
- Smits, B.; Rinaldi, R. y Noguera, R. (1992). "Roya blanca del crisantemo en Venezuela", en *Rev. de Fitopatología*. Núm. 27. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. Departamento de Botánica. pp. 90-93.
- Yang, H.; Kao, C. y Leu, I. (1992). "The ecology and control of white rust occurred on chrysanthemum", en *Plant Protection Bulletin*. Núm. 34. Taipei. pp. 125-38.
- Zandvoort, R.; Groenewegen, C. y Zadoks, J. (1968). "Methods for the inoculation of *Chrysanthemum morifolium* with *Puccinia horiana*", en *Neth J. Pl. Path.* Núm. 74, pp. 174-76.