

INCIDENCIA DE *Trialeurodes vaporariorum* West. (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) Y SU RELACIÓN CON EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES EN HÍBRIDOS DE GERBERA

Santa Mayra Alcantar-Acosta¹, Azucena Rivera-Colín², Martha Elena Mora-Herrera¹, Sotero Aguilar-Medel¹ y Jaime Mejía-Carranza¹✉

¹Centro Universitario UAEM Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. Km 1.5 Carr. Tenancingo-Villa Guerrero, Tenancingo, Estado de México. C. P. 52400.

²Servicios Integrales de Horticultura Ornamental S.A. de C.V. Carretera libre Toluca-Ixtapan de la Sal km 64, los Arroyos, Villa Guerrero, Estado de México, México

✉ Autor de correspondencia: jmejiac@uaemex.mx

RESUMEN. La gerbera (*Gerbera x hybrida*) es uno de los cultivos florícolas más importantes de México y el desarrollo de nuevas variedades y su caracterización son indispensables para su identificación y potencial registro. El objetivo de esta investigación fue evaluar híbridos mexicanos de gerbera desarrollados en la región florícola del sur del Estado de México en la incidencia mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae) y su relación con el contenido de fenoles totales. Siete híbridos mexicanos y dos variedades comerciales fueron evaluados en etapas tempranas de desarrollo para número de insectos (NI) (adultos y ninfas) por cm² y contenido de fenoles totales (FT) por el método Folin-Ciocalteu bajo un diseño de bloques al azar. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre híbridos para incidencia de adultos, pero no para ninfas. El contenido de FT entre los híbridos de gerbera fue estadísticamente significativo ($P \leq 0.01$) con diferencias de más del 30 % entre valores extremos. Ambas variables, NI y FT se correlacionaron negativamente en 60 %. Los resultados mostraron preferencias distintas entre adultos y ninfas en los diferentes híbridos evaluados y las diferencias en concentración de fenoles pudieran representar una ventaja ecológica para aquellos con mayor concentración.

Palabras clave: *Gerbera x hybrida*, antioxidantes, fenoles totales, mosca blanca.

Incidence of *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae) and its relationship to the content of total phenols in gerbera hybrids

ABSTRACT. Gerbera (*Gerbera x hybrida*) is one of the most important flower crops from Mexico and the development of new varieties and their characterization are necessary for its identification and potential registration. The objective of this research was to evaluate mexican gerbera hybrids, developed in the floricultural region of the South State of Mexico, in the whitefly incidence (*Trialeurodes vaporariorum* (1856 Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) and its relationship to the content of total phenols. Seven mexican hybrids and two commercial varieties were evaluated in early stages of development for number of insects (NI) (adults and nymphs) by cm² and total phenols content (FT) by the Folin-Ciocalteu method under a randomized block design. The results showed highly significant differences ($P \leq 0.01$) between hybrids for incidence of adults, but not for nymphs. FT content between gerbera hybrids was statistically significant ($P \leq 0.01$) with more than 30 % differences between extreme values. Both variables, NI and FT were negatively correlated in 60 %. The results showed different preferences for the evaluated plant hybrids between adults and nymphs and the differences in phenols concentration could represent an ecological advantage for those with the greatest concentration.

Keyword: *Gerbera x hybrida*, antioxidants, total phenols, whitefly.

INTRODUCCIÓN

Las rutas metabólicas de las plantas son sensibles a los factores de estrés biótico y abiótico tales como alta intensidad de luz, calor, sequía y enfermedades y plagas entre otros, los cuales incrementan los radicales libres entre tres y diez veces provocando daños irreversibles e incluso muerte celular. Para contrarrestar dichos efectos, la planta tiene mecanismos antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos; el primero, incluye a enzimas como superóxido dismutasa, catalasa,

glutación peroxidasa y glutación reductasa; mientras que el mecanismo no enzimático está representado por productos del metabolismo primario con moléculas de bajo peso molecular como los tocoferoles, glutación y ácido ascórbico (Mitler, 2002) y también por productos del metabolismo secundario como los compuestos fenólicos, los cuales además de funcionar como agentes antioxidantes su acumulación puede ser tóxica para algunas plagas (Bennett y Wallsgrave, 1994; Mitchell-olds y Pedersen, 1998). Uno de los efectos fisiológicos más relevantes de los fenoles es la astringencia, basada en su capacidad de formar complejos con proteínas y mucopolisacáridos. Por lo tanto, una planta que acumula fenoles en sus hojas produce un efecto desagradable en el herbívoro predador. Así, una población de herbívoros puede ejercer una presión selectiva hacia los vegetales de su entorno, según sugiere la teoría actual de la coevolución animal-vegetal (Maestro-Durán, *et al.*, 1993). Por ejemplo, Sierra *et al.* (2014) mencionan que la presencia de ciertos metabolitos secundarios en las plantas causa que los insectos, como la mosca blanca tengan preferencia por ciertas plantas y repelencia por otras debido a variaciones en compuestos como cumarinas, terpenos y esteroides. Adicionalmente, los mecanismos de defensa de las plantas pueden ser clasificados en dos categorías: constitutivos e inducidos (Mithöfer y Boland 2012). La defensa constitutiva siempre está presente, independientemente de la presencia o ausencia de un daño, muchas respuestas son constitutivas, tales como compuestos tóxicos que son sintetizados y almacenados en ciertos tejidos vegetales. En contraste, las defensas inducidas solo son activadas cuando es necesario. Por ejemplo después del ataque de un herbívoro (Mithöfer y Maffei, 2016). Casi todas las reacciones inducidas implican reacciones químicas de defensa. En esta situación las plantas tienen que reconocer la presencia de su atacante e inducir una cascada de señales como respuesta (Mithöfer y Maffei, 2016). Por ejemplo, dentro de los mecanismos de defensa inducidos en maíz, se ha estudiado la acumulación de metabolitos tóxicos, repelentes o inhibidores nutricionales como respuesta directa al ataque de una plaga, así como la atracción de enemigos naturales o la comunicación planta-planta como respuestas indirectas (Barros-Ríos *et al.*, 2011). Particularmente en especies vegetales de importancia comercial como las especies florícolas, la presencia de compuestos como los fenólicos representan una oportunidad para el agricultor al tener la posibilidad de identificar variantes que limiten la incidencia de insectos y en consecuencia disminuyan el uso de pesticidas y costos de producción. En la región florícola del sur de Estado de México, la gerbera ocupa el cuarto lugar en importancia económica y el desarrollo de nuevos materiales a partir de hibridación intraespecífica representa una disminución en los costos de adquisición de material vegetal, el cual históricamente ha sido de importación. No obstante, el desarrollo de nuevas variedades requiere caracterización a diferentes niveles de sus atributos que garanticen por una parte su identificación y registro y por la otra identificación de caracteres sobresalientes para programas de mejoramiento, tal como la resistencia a la mosca blanca, *T. vaporariorum*, identificada como el principal problema fitosanitario de dicha especie en la región. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la incidencia de *T. vaporariorum* y su relación con el contenido fenoles totales de nueve genotipos de gerbera (*Gerbera x hybrida*), siete de ellos desarrollados en la región florícola del sur del Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODO

La investigación se hizo en diciembre de 2016 en invernaderos y laboratorios del Centro Universitario UAEM Tenancingo de la Universidad Autónoma del Estado de México, que se localizan en el km 1.5 de la carretera Tenancingo-Villa Guerrero a 18° 97' 03'' N y 99° 61' 17'' O y a una altitud de 2200 msnm. El experimento consistió en la evaluación de siete híbridos identificados como OPERA, S-63, S-10, S-181, S-203, 27-12, S-31 todos ellos desarrollados por Rivera (2015) a partir de materiales de tres casas comerciales de Holanda e Italia, así como también

las variedades comerciales DINO y COMPLETA. Dichos materiales, que en observaciones preliminares mostraron variabilidad contrastante en la susceptibilidad a mosca blanca, fueron obtenidos por micro propagación para garantizar su sanidad y uniformidad y cuando las plántulas tuvieron 15 cm de altura y al menos 5 hojas verdaderas fueron establecidas bajo invernadero en macetas de plástico de 20 litros con sustrato de peat moss y agrolita previamente desinfectado en relación 3:1(v/v) y a pH de 6.5 ajustado con cal agrícola. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar con 10 repeticiones. La infestación con *T. vaporariorum* fue por invasión natural del insecto que se manifestó a los 60 después del establecimiento. Los genotipos se evaluaron en etapas tempranas de desarrollo fenológico cuando la roseta de la planta tuvo 8 hojas fotosintéticamente activas denotado por su foliolo completamente expandido. Se midieron la incidencia del insecto y contenido de fenoles totales. El grado de incidencia se midió por el número de adultos y ninfas (sin considerar instar) por centímetro cuadrado al centro del envés de la hoja de cada repetición (modificado de Morales y Cermeli, 2007). Para la determinación bioquímica, muestras de 200 mg de hoja fueron maceradas en 10 ml de metanol (50 %) e incubadas a 100 °C por cinco minutos para posteriormente ser centrifugadas a 5400 rpm por 5 minutos. El sobrenadante se separó y almacenó a 4 °C hasta su posterior uso. La determinación de fenoles totales se hizo por el método Folin-Ciocalteu (FC) (Waterman y Mole, 1994), reacción colorimétrica de óxido reducción de los compuestos fenólicos y cuantificada espectrofotométricamente a 765 nm. Posteriormente a alícuotas de 0.15 ml de la muestra se les agregó la misma cantidad de reactivo FC y 0.5 ml de Na₂CO₃ al 20 %, se aforaron a 4.5 ml con agua destilada y dejaron reposar en la oscuridad por 30 min. Las mediciones se hicieron tomando como patrón ácido gálico (10 mg en 10 ml metanol al 50 %) con intervalos de concentración de 0.005 ml. Los resultados se expresaron en mg de equivalentes de ácido gálico por gramo de la muestra analizada. El análisis de los resultados se hizo mediante análisis de la varianza ($\alpha = 0.05$), comparación de medias Duncan, regresión, y correlación múltiple, con el empleo del paquete estadístico Info Stat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la incidencia de adultos entre híbridos, pero no para ninfas (Fig. 1). La relación extrema de infestación de adultos entre híbridos fue de 5:1 entre S-181 y COMPLETA respectivamente; en tanto que para ninfas fue de 4: 1 entre valores extremos de S-31 y S-203 respectivamente. Dentro de híbridos no se observó una relación directa entre ninfas y adultos y en general el número de ninfas fue mayor al de adultos, con proporciones de hasta 3:1, lo que sugiere preferencias distintas entre adultos y ninfas. Resultados similares, pero con colonización de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) son reportados por Taggar *et al.* (2012) en genotipos diferentes de lenteja negra, *Vigna mungo* L. (Hepper).

Similarmente, el contenido de fenoles totales (FT) entre los híbridos de gerbera fue estadísticamente significativo ($P \leq 0.01$) con diferencias de más del 30 % entre valores extremos correspondientes a los genotipos S-63 y COMPLETA (Fig. 2). El valor de regresión para el contenido de fenoles totales fue de $R = 0.90$. En la misma figura se grafica el número total de insectos (ninfas más adultos) y se detecta en general una tendencia opuesta al contenido de fenoles totales con un valor de regresión de $R = 0.16$. No se determinó el contenido de fenoles totales en plantas sin infestación ni daño de mosca blanca u otro insecto para establecer si hay posibles efectos de inducción del metabolito o si este es constitutivo en la planta, que en el caso de aquellos híbridos con mayor concentración pudiera conferir una ventaja ecológica contra el estrés biótico (Gardner *et al.*, 1999; Khatun *et al.*, 2009; Coruh y Ercisli, 2010); así como también criterio de caracterización como nuevo material y fuente potencial para nuevas hibridaciones.

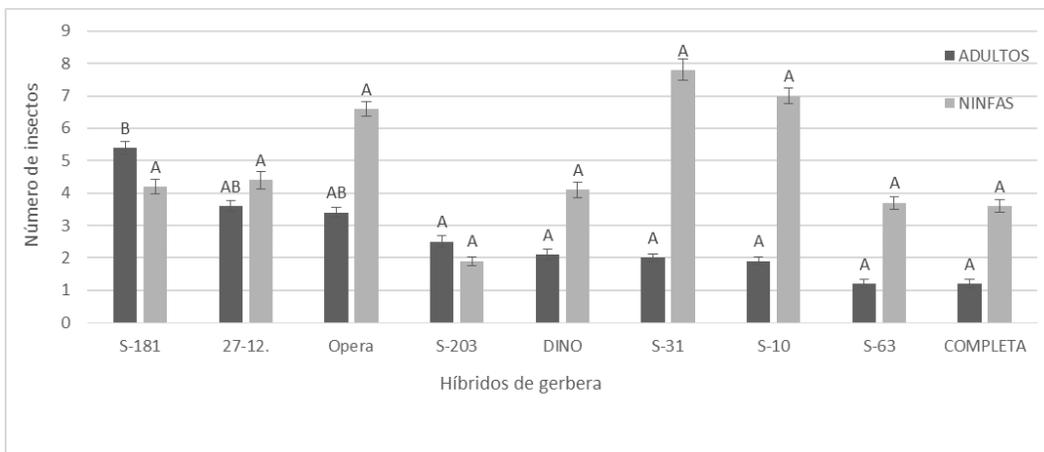


Figura 1. Número de ninfas y adultos contabilizados por centímetro cuadrado en hojas fotosintéticamente activas de *T. vaporariorum*

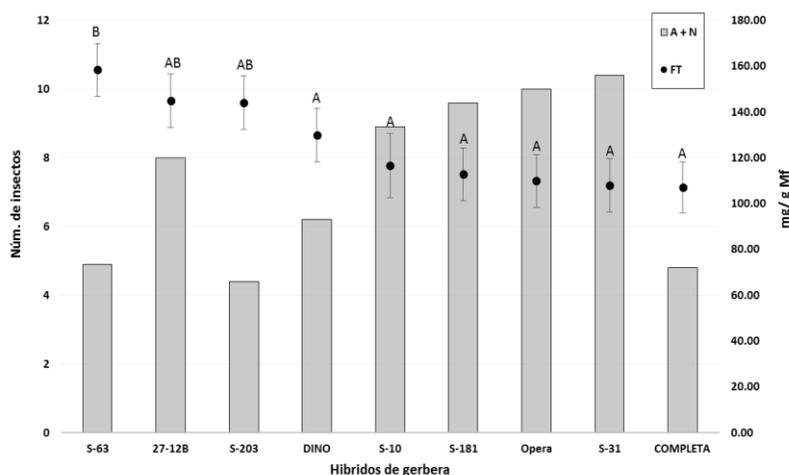


Figura 2. Tendencias de número de insectos de *T. vaporariorum* (adultos más ninfas) y contenido de fenoles totales en hojas fotosintéticamente activas de nueve híbridos de gerbera (*Gerbera x híbrida*). FT = Fenoles totales (expresados en mg de ácido gálico/ g de materia fresca); A + N = adultos + ninfas. En los puntos de FT se indica el error standard.

Otras moléculas antiestrés de los metabolismos primario y secundario (terpenos, taninos y aceites esenciales) de carácter constitutivo e inducido, así como estructuras morfológicas (estomas, ceras, glándulas, grosor de hoja, etc.) también pueden influir en la atracción o repelencia a insectos (Graham *et al.*, 2008; Flores *et al.*, 2011).

El análisis de correlación entre cinco variables confirman la relación opuesta entre fenoles y número de insectos (Cuadro 1), en el cual los valores de correlación fueron todos negativos entre las poblaciones insectiles y los contenidos de fenoles con valor promedio superior al 50 %, lo que sugiere una importante contribución de estos metabolitos en la defensa de la planta contra la infestación de mosca blanca. Otros elementos bioquímicos y morfológicos en los materiales de gerbera requieren adicionalmente ser explorados dentro de una compleja relación entre parasito y huésped (Hernández- Sánchez *et al.*, 2002; Vivanco *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Matriz de correlación Pearson de cinco variables medidas en 9 híbridos de *Gerbera x hybrida*.

	FT	Adultos	Ninfas	A + N	(A + N)/2
FT	1.0				
Adultos	-0.25	1.0			
Ninfas	-0.59	0.08	1.0		
A + N	-0.60	0.62	0.84**	1.0	
(A+N)/2	-0.60	0.62	0.84**	1.0	1.0

FT= Fenoles totales; A + N = adultos más ninfas; (A + N) /2 = promedio de adultos más ninfas. **= valores altamente significativos

CONCLUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre híbridos por incidencia de adultos, pero no de ninfas, lo que sugiere preferencias distintas entre adultos y ninfas. El contenido de fenoles totales entre híbridos de gerbera se correlacionó negativamente en 60 % con la incidencia de mosca blanca (adultos más ninfas) y la naturaleza de este metabolito constitutivo o inducido en los híbridos con mayor concentración pudiera representarles una ventaja ecológica sobre otros materiales con menor concentración en la resistencia al ataque de *T. vaporariorum*.

Agradecimientos

Santa Mayra Alcantar-Acosta agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento con beca de escolaridad para estudios de maestría periodo 2016-2018.

Literatura Citada

- Barros-Ríos, J., Malvar, R. A. y R. Santiago. 2011. Función de la pared celular del maíz (*Zea mays* L.) como mecanismo de defensa frente a la plaga del taladro (*Ostrinia nubilalis* Hub. y *Sesamia nonagrioides* Lef.). *Revista de Educación Bioquímica*, 30(4): 132–142.
- Bennett, R. N. and R. M. Wallsgrove. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New phytologist*, 127(4): 617–633.
- Coruh, S. and S. Ercisli. 2010. Interactions between galling insects and plant total phenolic contents in *Rosa canina* L. genotypes. *Science Research Essays*, 5: 1935–1937.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. y C. W. Robledo. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Flores, C. R., Mendoza, V. R., Landeros, F. J., Cerna, C. E., Robles, B. A. y A. N. Isiordia. 2011. Caracteres morfológicos y bioquímicos de *Rosa x hybrida* contra *Tetranychus urticae* Koch en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3: 473–482.
- Gardner, S. N., Agrawal, A. A., Gressel, J. and M. Mangel. 1999. Strategies to delay the evolution of resistance in pests: dose rotations and induced plant defenses. *Aspects of Applied Biology*, 53: 189–196.
- Graham, M. A., Silverstein, K. A., and K. A. Vanden-Bosch. 2008. Defens in-like genes: genomic perspectives on a diverse superfamily in plants. *Crop science*, 48(Supplement_1): S3–S11.
- Hernández-Sánchez, E., Soto-Hernández, M., Rodríguez-Alcázar, J. y T. Colinas León.. 2002. Contenido de fenoles y actividad enzimática asociados con el daño provocado por cenicilla en hojas de durazno. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25: 153–160.
- Khatun, S., Bandyopadhyay, P. K. and N. C. Chatterjee. 2009. Phenols with their oxidizing enzymes in defence against black spot of rose (*Rosa centifolia*). *Asian Journal of Experiential Sciencies*, 23(1): 249–252.
- Maestro-Durán, R., León, R. y V. Ruiz-Gutiérrez. 1993. Los compuestos fenólicos en la autodefensa de los vegetales. *Grasas y Aceites de Sevilla*, 44: 365–369.

- Mitchell-Olds, T. and D. Pedersen. 1998. The molecular basis of quantitative genetic variation in central and secondary metabolism in *Arabidopsis*. *Genetics*, 149: 739–747.
- Mithöfer, A. and W. Boland. 2012. Plant defense against herbivores: chemical aspects. *Annual review of plant biology*, 63: 431–450.
- Mithöfer, A. and M. E. Maffei. 2016. General Mechanisms of Plant Defense and Plant Toxins. Pp. 1–22. In: *Plant Toxins*. Springer.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant Science*, 7(9): 405–410.
- Morales, P. y M. Cermeli. 2007. Evaluación de la preferencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cinco cultivos agrícolas. *Entomotropica*, 16(2): 73–78.
- Rivera, C. A. 2015. *Generación de híbridos de Gerbera (Gerbera jamesonii Bolus)*. Tesis de Maestría. Centro Universitario UAEM Tenancingo. Tenancingo, Estado de México. México.
- Sierra, V. P. y E. H. Quiroga. 2014. Varón. Preferencia de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp.) por cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Fresno, Tolima. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2): 197–206.
- Taggar, G. K., Gill, R. S., Gupta, A. K. and J. S. Sandhu. 2012. Fluctuations in peroxidase and catalase activities of resistant and susceptible black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper) genotypes elicited by *Bemisia tabaci* (Gennadius) feeding. *Plant signaling & behavior*, 7(10): 1321–1329.
- Vivanco, J. M., Cosio, E., Loyola-Vargas, V. M. y H. E. Flores. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y ciencia*, 341(2): 68–75.
- Waterman, P. G. and S. Mole. 1994. *Analysis of phenolic plant metabolites*. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 238 pp.