

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE JITOMATE EN POBLACIONES E HÍBRIDOS PARA RESISTENCIA A *Phytophthora infestans*

Luis Javier Arellano Rodríguez ^a, Eduardo Rodríguez Guzmán ^a, José Miguel Padilla García ^a, Ma. Cruz Arriaga Ruíz ^a, José Sánchez Martínez ^a, Adriana Natividad Avendaño López ^a, Diana Yareli Arellano Zaragoza ^a.

^aDepartamento de Producción Agrícola. Centro Universitario de Cs. Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. larella@cucba.udg.mx.

1.- RESUMEN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. Las plagas y enfermedades merman la producción y elevan los costos del mismo y una de las enfermedades más importantes la constituye el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). En México, es muy poca la información científica que se puede encontrar respecto a generación de variedades resistentes; sin embargo, existe un gran potencial en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. El objetivo de esta investigación fue la de identificar fuentes de resistencia a *P. infestans* en 19 poblaciones de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* colectadas en México, y formar con estas poblaciones líneas e híbridos con alta resistencia al patógeno. Durante el ciclo primavera-verano de los años 2008, 2009 y 2010 se evaluaron 19 poblaciones silvestres y durante los años 2011, 2012 y 2013 se formaron y evaluaron híbridos generados a partir de seis líneas derivadas de poblaciones resistentes. En las poblaciones silvestres, híbridos, progenitores y testigos, se tomaron lecturas visuales del porcentaje de severidad de tizón tardío. Y con el fin de comparar el comportamiento de cada material, con los datos obtenidos se calculó el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (AUDPC). Destacándose por su resistencia a tizón tardío las poblaciones V115, 319, 327 y 330. En relación a potencial de rendimiento y resistencia a tizón tardío sobresalieron los híbridos **Sel 3-1a x Cherry S.** y **Sel 16 x Cherry S.** en comparación con los híbridos testigos **Monello** y **2193**.

2.- INTRODUCCIÓN

El jitomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es una de las hortalizas más cultivadas en el mundo. En México es la segunda especie hortícola con mayor superficie cultivada y la principal por su producción (FAOSTAST, 2011). Sin embargo, las plagas y enfermedades merman la producción y elevan los costos del mismo y una de la enfermedad más importante la constituye *Phytophthora infestans*. Para su control a nivel mundial anualmente se invierte de uno a tres billones de dólares (Barbosa *et al.*, 2008). Los períodos húmedos y nublados con temperaturas frescas son propicios para el desarrollo de esta enfermedad, la infección por el patógeno es óptima en condiciones de alta humedad (80 a 100%) y bajas temperaturas (18 a 22° C) (Henfling, 1987; Rick y Chetelat, 1995); por lo que se producen graves epifitias en zonas con clima fresco y húmedo, ocasionando pérdidas hasta del 100% (Fontem *et al.*, 2005). El patógeno se reproduce tanto asexual como sexualmente, es un organismo que requiere dos tipos de apareamiento denominados A1 y A2 (Goodwin *et al.*, 1998). La aparición de ambos tipos de apareamiento fuera de México ha contribuido a la rápida dispersión y presencia de razas más virulentas de *P. infestans* en el mundo (Páez *et al.*, 2005). En relación a Jalisco, México, cuando se presentan las condiciones favorables para la expresión del patógeno, impacta fuertemente la producción de jitomate en las principales áreas productoras, dado que el 84% de los productores utiliza el sistema a campo abierto y el 8% bajo invernadero (Cih *et al.*, 2011). Reportes de técnicos y productores señalan que debido a la reducida o nula disponibilidad de variedades resistentes a *P. infestans*, para su control dependen del uso de fungicidas elevando los costos de producción del cultivo, por lo que la resistencia genética en plantas representa una alternativa viable (Brouwer y St. Clair, 2004). En México, es muy poca la información científica que se puede encontrar respecto a generación o descubrimiento

de variedades resistentes de jitomate a tizón tardío. Sin embargo, existe un gran potencial en *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*. Reportes de investigación y publicaciones formales hechas en México señalan que este tomate silvestre se distribuye desde Sinaloa hasta la Península de Yucatán (Chávez *et al.*, 2011).

3.- OBJETIVO

Identificar fuentes de resistencia en condiciones naturales a *P. infestans* en poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* colectadas en México y formar con estas poblaciones variedades e híbridos con alta resistencia al patógeno.

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo primavera-verano de los años 2008, 2009 y 2010 se evaluaron 19 poblaciones silvestres de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* colectadas en México, comparándose con dos variedades susceptibles y la accesión LA2533 de la especie *S. pimpinellifolium* con resistencia a *P. infestans* razas 0 y 1, proporcionada por Tomato Genetics Resource Center (TGRC) de la Universidad de California, Davis. Para los años 2011 y 2012 se formaron híbridos con líneas generadas a partir de familias F2 de los cruzamientos entre poblaciones silvestres resistentes a tizón tardío y una variedad mejorada susceptible al patógeno (San Marzano). En este período se llevaron a cabo observaciones de los híbridos y de sus respectivos progenitores. Limitándose a seleccionar solo aquellos que expresaron mayor potencial de rendimiento (seis híbridos), ya que en cuanto a resistencia a tizón tardío se refiere, en estos años no se presentaron las condiciones climáticas óptimas para la expresión del patógeno. Y durante 2013, se llevo a cabo la evaluación de estos híbridos y sus respectivos progenitores, incluyéndose dos testigos comerciales (Monello y 2193) y la variedad San Marzano.

Cuadro 1. Lista de híbridos y progenitores evaluados durante el ciclo P.V. 2013.

No.	Híbridos/progenitores
1	Sel 3-1a x Cherry S.
2	Sel 20 campo x Cherry S.
3	Sel 16 x Cherry S.
4	V115 x Cherry S.
5	Sel 7 Amarillo x Cherry S.
6	Sel 1 x Ch. S.
7	Monello (testigo comercial)
8	2193 (testigo comercial)
9	Sel 3-1a
10	Sel 20 campo
11	Sel 16
12	V115
13	Sel 7 amarillo
14	Sel 1
15	San Marzano (testigo susceptible)

En todas las plantas de cada población silvestre, híbridos y progenitores, cada siete días se tomaron lecturas visuales del porcentaje de severidad de tizón tardío de acuerdo a la escala del Centro Internacional de la Papa (Henfling, 1987): 1=0%, 2=0-5%, 3=5-15%, 4=15-35%, 5=45-65%, 6=65-85%, 7=85-95%, 8=95-100%, y 9=100%. Con el fin de comparar el comportamiento de cada material, con los datos obtenidos cada semana se calculó el área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (AUPDC por sus siglas en inglés) utilizando la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977) aplicando el método de integración trapezoidal y usando la ecuación:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \left[\frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} \right] [X_{i+1} - X_i]$$

Dónde: n es el número de mediciones de la enfermedad en el tiempo; el término $(Y_i + Y_{i+1}) / 2$ es el punto medio entre $(Y_i + Y_{i+1})$ que representa la cantidad de enfermedad en un intervalo de tiempo, correspondiente a la altura de cada rectángulo; y el término $(X_{i+1} - X_i)$ representa el tiempo (d) entre dos evaluaciones de la enfermedad e indica la anchura de cada rectángulo.

Ubicación

El proyecto se realizó en el Campo Experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Nextipac, Zapopan, Jalisco, México, a 20° 44' 42.5" LN y 103° 30' 52.5" LO, con una altitud de 1650 m, y con un clima templado semiseco, con temperatura media anual de 23.5°C y una precipitación media anual de 906 mm.

5.- RESULTADOS

En los ciclo 2008, 2009, 2010 y 2013, la alta humedad relativa (□ 80%) y bajatemperatura durante la noche y primeras horas del día (12 a 16 °C) en los meses de septiembre y octubre favorecieron el ataque del patógeno. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre poblaciones silvestres sometidos a infecciones naturales de *Phytophthora infestans* en los tres años de evaluación (2008, 2009 y 2010) para las variable AUDPC. Destacándose en estas condiciones por su resistencia a tizón tardío las poblaciones V115, 319, 327 y 330 (Figura 1).

En el ciclo primavera-verano 2013, en cuanto a potencial de rendimiento sobresalieron los híbridos **Sel 3-1a x Cherry S.** y **Sel 16 x Cherry S.** en comparación con los híbridos testigos **Monello** y **2193**. Y los híbridos más resistentes a *P. infestans* fueron **Sel 3-1a x Cherry S.**, seguido de los híbridos **Sel 16 x Cherry S.** y **Sel 20 campo x Cherry S.** Los híbridos testigos presentan porcentajes de severidad a *P. infestans* arriba del 40%. Los progenitores V115, Sel 3-1a y Sel 16 presentaron cero porciento de severidad al patógeno (Cuadro 2).

Los valores de AUDPC, estimados en las 19 poblaciones silvestres y en los testigos, claramente permiten separar los grupos con resistencia, tolerancia y susceptibilidad. Las colectas V115, 319, 327 y 330, se manifestaron como poblaciones de alta resistencia. Estas poblaciones fueron colectadas en Veracruz y Nayarit; en donde el clima predominante es de tipo cálido húmedo, con condiciones climáticas favorables para que tizón tardío se presente; y en el caso específico de las poblaciones que mostraron mayor susceptibilidad o resistencia baja, el clima predominante en las áreas donde fueron colectadas es de tipo seco y semiseco, lo que posiblemente genere que el patógeno tenga un comportamiento irregular durante los ciclos agrícolas. Al comparar el porcentaje de severidad reflejado en la AUDPC mostrada a través de los tres años de evaluación por el ataque de *P. infestans*, se observó que durante 2008 los genotipos presentaron los valores más altos de severidad por el ataque de tizón tardío (Figura 1).

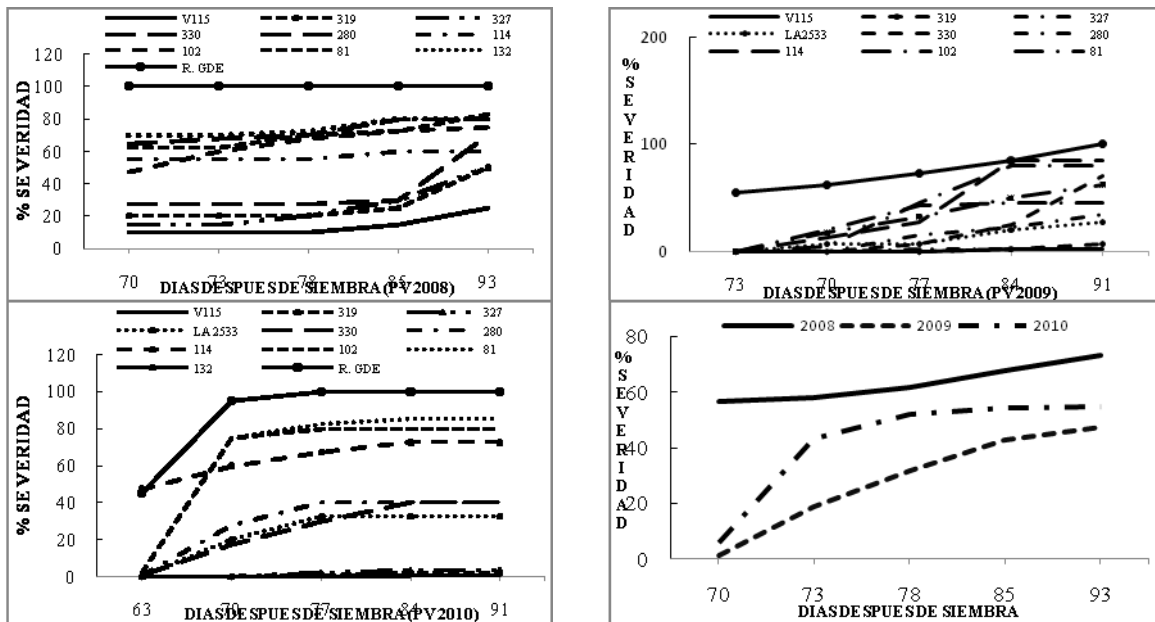


Figura 1. Porcentaje de severidad de algunos genotipos evaluados a diferentes tiempos de muestreo (2008, 2009 y 2010) y comportamiento medio del total de genotipos durante los tres ciclos agrícolas.

Cuadro 2. Porcentaje de severidad a *P. infestans* durante 2013 en los híbridos y progenitores evaluados.

No.	Híbridos/progenitores	% Severidad Tizón tardío
1	Sel 3-1a x Cherry S.	0
2	Sel 20 campo x Cherry S.	5
3	Sel 16 x Cherry S.	15
4	V115 x Cherry S.	25
5	Sel 7 Amarillo x Cherry S.	40
6	Sel 1 x Ch. S.	45
7	Monello (testigo comercial)	50
8	2193 (testigo comercial)	40
9	Sel 3-1a	0
10	Sel 20 campo	25
11	Sel 16	0
12	V115	0
13	Sel 7 amarillo	35
14	Sel 1	35
15	San Marzano (testigo susceptible)	70

En este año la mayoría de genotipos iniciaron con un porcentaje de severidad mayor al 50% en el primer muestreo realizado, y en la última evaluación alcanzaron una severidad promedio de 80%. Mientras que en el 2010 se inició con porcentajes de severidad promedio menores de 10% y mayores al 50%. En 2009 la mayoría de genotipos tuvieron una disminución de la severidad menor del 10% durante el primer muestreo y del 50% en el segundo muestreo; y a partir del tercer muestreo los genotipos susceptibles tuvieron una severidad mayor al 80%. En este año se registraron precipitaciones durante el mes de agosto de 37.4 mm, en septiembre de 159.8 y en octubre de 39.6; mientras que en 2008 en estos mismos meses se tuvieron precipitaciones de 130.2, 226 y 50.2 respectivamente y en 2010, la precipitación fue de 143, 178 y 7.20 mm respectivamente. Por lo que, estas diferencias en cantidad de lluvia, pueden haber influenciado para que en el 2009 la severidad mostrada por los genotipos fueran menores en las primeras fechas de muestreo (Figura 1). En tanto que, en 2008 y 2010, las precipitaciones registradas durante estos meses favorecieron la presencia de mañanas lluviosas y frías, creando un ambiente propicio para el desarrollo de tizón tardío. Y en relación a los híbridos y progenitores, los resultados demuestran que las líneas Sel 3-1a, Sel 16 y Sel 20 campo, tienen el potencial de heredar la resistencia a *P. infestans* en los híbridos F1.

6.- CONCLUSIONES

En el presente estudio se demostró que *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* es una especie que posee una amplia gama de poblaciones con bajo, medio y alto potencial de resistencia a *P. infestans*. En las 19 poblaciones silvestres sometidas a infecciones naturales a *P. infestans*, las poblaciones V115, 319, 327 y 330 obtuvieron los niveles más altos de resistencia comparados con el testigo resistente LA2533. Dichas poblaciones identificadas como resistentes representan nuevas fuentes de resistencia para ser usadas en programas de mejoramiento genético de la especie. Lo que se confirma con la resistencia mostrada con los híbridos Sel 3-1a x Cherry S., Sel 16 x Cherry S., y Sel 20 campo x Cherry S.

7.- BIBLIOGRAFIA

1. Barbosa, A. F., D. J. Henriques da S., C. Damiano, C., and E. S. Gomide, M., 2008. Inheritance of resistance to *Phytophthora infestans* (Peronosporales, Pythiaceae) in a new source of resistance in tomato (*Solanum* sp. (formerly *Lycopersicon* sp.), Solanales, Solanaceae). *Genetics and Molecular Biology*. 31(2): 493-497.

2. Brouwer, D. J. and A. St. Clair, D. 2004. Fine mapping of three quantitative trait loci for late blight resistance in tomato using near isogenic lines (NILs) and sub-NILs. *Theor Appl Genet.* 108:628-638.
3. Cih, D. I. R., J.L. Jaramillo, V., M. A. Tornero, C., y R. Schwentesius, R. 2011. Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en el estado de Jalisco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14(2): 501-512.
4. Chávez, S. J. L., J.C. Carrillo, R., A. M. Vera, G., E. Rodríguez, G., R. Lobato, O. 2011. *Utilización actual y potencial del jitomate silvestre en México.* Subsistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, CIIDIR-Unidad de Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México. 72 p.
5. FAO/STAT. 2011. *Estadísticas de producción de cultivos.* [En línea] <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567> [consulta: 12 mayo de 2012].
6. Fontem, D. A., M. Olanyab, O. R. Tsopmbeng, G., and A. P. Owona, M. 2005. Pathogenicity and metalaxyl sensitivity of *Phytophthora infestans* isolates obtained from garden huckleberry, potato and tomato in Cameroon. *Crop Protection.* 24: 449–456.
7. Goodwin, B. S., D. Smart, C., W. Sandrock, R., L. Deahl, K., K. Punja, Z. and E. Fry, W. 1998. Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada during 1994 to 1996: Role of migration and recombination. *Phytopathology.* 88:939-949.
8. Henfling, J. W. 1987. *Late Blight of potato: Phytophthora infestans.* Technical Information Bulletin 4. International Potato Center, Lima, Peru. 25 p.
9. Páez, O., R. Valverde, L. Gómez y A Brenes.2005. Diversidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en plantaciones de papa en Costa Rica con el uso de RAPDS. *Agronomía Costarricense.* 29: 41-55.
10. Rick, C. and R. Chetelat.1995. Utilization of related wild species for tomato improvement. *Acta Hort.* 412:21-38.
11. Shaner, G. and E. Finney, R.1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology.* 67:1051-1056.