

## Mejoramiento Genético de *Solanum lycopersicum* para Resistencia a *Phytophthora infestans* en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara

ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier\*†, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli

*Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Zapopan Jal.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

*Phytophthora infestans* es una de las enfermedades más devastadoras en el cultivo de tomates. Esto es común en áreas cálidas y húmedas y puede ser devastador durante la temporada de lluvias, cuando las temperaturas están por debajo de 18 °C y aumenta la humedad relativa (80%). La aparición de nuevas y más agresivas carreras de investigación *P. infestans* se ha centrado en la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia. Esta investigación se realizó en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas Y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, con el objetivo de identificar fuentes de resistencia a *P. infestans* en las poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme y forma con estas variedades y poblaciones de híbridos con alta resistencia al patógeno. Durante 2008, se evaluaron 2009 y 2010 19 poblaciones silvestres y durante 2013 y 2014 se evaluaron los híbridos generados a partir de seis líneas derivadas de poblaciones resistentes. Adhesiones V115, 319 y 327 mostraron los mayores valores de resistencia al tizón tardío. En cuanto a las poblaciones potencial de rendimiento y resistencia al tizón tardío puso Sel3-1a híbrido x CH.S., Sel16 x CH.S., en comparación con los testigos híbridos Monello y 2193. En las poblaciones silvestres V115 era tipo herencia poligénica y de alta heredabilidad. Los efectos dominantes eran más importantes que aditivo.

**Phytophthora infestans, poblaciones silvestres, la resistencia**

### Abstract

*Phytophthora infestans* is one of the most devastating diseases in growing tomatoes. This is common in warm, humid areas and can be devastating during the rainy season when temperatures are below 18°C and increases the relative humidity (80%). The appearance of new and more aggressive races of *P. infestans* research has focused on the search for new sources of resistance. This research was conducted in the Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias of the Universidad de Guadalajara, with the objective of identifying sources of resistance to *P. infestans* in populations of *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme and form with these varieties and hybrids populations with high resistance to the pathogen. During 2008, 2009 and 2010 19 wild populations were evaluated and during 2013 and 2014 were evaluated hybrids generated from six lines derived from resistant populations. Accessions V115, 319 and 327 showed the greatest resistance values to late blight. Regarding populations yield potential and resistance to late blight stood hybrid Sel3-1a x CH.S., Sel16 x CH.S., compared to Monello hybrid witnesses and 2193. In the wild populations V115 was polygenic inheritance type and high heritability. The dominant effects were more important than additive.

**Phytophthora infestans, wild populations, resistance**

**Citación:** ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli. Mejoramiento Genético de *Solanum lycopersicum* para Resistencia a *Phytophthora infestans* en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-3:382-386

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: larella@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo muy importante en el mundo y ocupa el segundo lugar en importancia mundial entre las hortalizas, superado por la papa (*Solanum tuberosum*). En la década 2000-2009, México ocupó el décimo lugar en el mundo en cuanto a producción, con 2, 774,214 t, representando el 2.2 % de la producción total mundial (FAOSTAT, 2011). Sin embargo, las principales limitantes en la producción de jitomate lo constituyen las plagas y enfermedades. Tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más importantes; se presenta comúnmente en áreas templadas y húmedas, y puede ser devastador durante la estación de lluvias cuando se incrementa la humedad (Barbosa et. al., 2008). Se reproduce tanto asexual como sexualmente, y para su reproducción vía sexual, es un organismo heterotálico que requiere de dos tipos de apareamiento denominados A1 y A2 (Grünwald et al., 2000). La aparición fuera de México de ambos tipos de apareamiento se explica a través de la hipótesis de migración en los últimos 150 años, lo que ha contribuido a la rápida dispersión y presencia de razas más virulentas de *P. infestans* en el mundo (Goodwin y Drenth, 1997; Páez et al., 2005). Orientándose las investigaciones hacia la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia a este patógeno en el cultivo de jitomate; resistencia común de encontrar en especies silvestres de jitomate (Barbosa et. al., 2008).

Las especies silvestres de jitomate se distribuyen enteramente por América, vegetando en los Andes sudamericanos desde el centro de Ecuador a través de Perú y hasta el norte de Chile y en las Islas Galápagos. Particularmente *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, el ancestro silvestre inmediato del tomate cultivado.

Se halla distribuido más ampliamente que las restantes especies de tomates silvestres, ya que habita México, Colombia, Bolivia y otros países sudamericanos (Peralta et al., 2007). Las mayores poblaciones de tomate silvestre se han recopilado en altitudes entre 0 y 1,200 m (Álvarez et al., 2009). De esta manera, el objetivo de la presente investigación es la de identificar nuevas fuentes de resistencia 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.

## Materiales y métodos

La investigación se lleva a cabo en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Las Agujas, municipio de Zapopan, Jalisco, México a 20° 44' 42" LN y 103° 30' 52" LO, con una altitud de 1650 m, con un clima templado semiseco, temperatura media anual de 23.5°C y una precipitación media anual de 906 milímetros con régimen de lluvia en los meses de junio a octubre. Poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* colectados en México (Nayarit, Colima, Michoacán, Jalisco y Veracruz) entre los años 2002-2006 se sometieron a una caracterización morfológica y durante 2006 a 2007 se hicieron observaciones tanto en campo como invernadero sobre su comportamiento hacia plagas y enfermedades. De estas se seleccionaron 19 poblaciones que conjuntamente con el testigo susceptible Río Grande se sometieron a evaluación durante el ciclo primavera-verano de los años 2008, 2009 y 2010 (Tabla 1).

En los experimentos realizados en 2009 y 2010 se incluyó la accesión LA2533 de la especie silvestre *Solanum pimpinellifolium*, proporcionada por Tomato Genetic Resource Center en la Universidad de California, Davis, con resistencia a *Phytophthora infestans* razas 0 y 1 (Chetelat y Rick 1998; Patente No. 5, 866,764 de E.U.A.).

Para evaluar la resistencia a tizón tardío, 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%.

Durante estos tres años la población V115 fue la que presentó la más alta resistencia a tizón tardío, por lo que se procedió a determinar en esta población el número de genes responsables de la resistencia y su tipo de herencia.

Para calcular el número de genes se utilizaron tres metodologías:

Utilizando los promedios observados para los padres (PR y PS) y con base en la varianza de la generación F1 y varianza de la generación F2 (Castle, 1921):

$$n = \frac{(\mu_{PS} - \mu_{PR})^2}{8(\sigma^2_{F_2} - \sigma^2_{F_1})}$$

Y 3. Cálculo número genes utilizada por Lande (1981):

$$2: n = (\mu_{PS} - \mu_{PR})^2 / 8[\sigma^2_{F_1} - 0.25(\sigma^2_{PR} + \sigma^2_{PS} + 2\sigma^2_{F_1})]$$

$$3: n = (\mu_{PS} - \mu_{PR})^2 / 8[\sigma^2_{RCP_R} + \sigma^2_{RCP_S} - (\sigma^2_{F_1} + 0.5\sigma^2_{PR} + 0.5\sigma^2_{PS})]$$

El cálculo del tipo de herencia responsable de la resistencia se realizó de acuerdo al modelo de Mather y Jinks, (1971), el cual utiliza seis ecuaciones:

$$1) PR = m + (a) + (aa), 2) PS = m + (-a) + (aa), 3) F_1 = m + (d) + (dd), 4) F_2 = m + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(dd), 5) RC1PR = m + \frac{1}{2}(a) + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(aa) - \frac{1}{4}(ad) + \frac{1}{4}(dd), 6) RC1PS = m - \frac{1}{2}(a) + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(aa) - \frac{1}{4}(ad) + \frac{1}{4}(dd)$$

Durante 2010, 2011 y 2012 se iniciaron cruzamientos y retrocruzas entre poblaciones silvestres seleccionadas por su alta resistencia a tizón tardío y una variedad mejorada denominada SM1 de fruto tipo saladet; generándose líneas parentales con alto nivel de resistencia a tizón tardío, calidad de fruto, fruto con diámetro mayor a 10 cm. Formándose con estas líneas seis híbridos experimentales, utilizando como macho la variedad denominada CH.S., caracterizada esta última por poseer alta prolificidad de frutos por racimo. Y en 2013 y 2014, los seis híbridos y sus progenitores fueron sometidos a evaluación de la resistencia a tizón tardío, tanto en campo como en área de invernaderos.

## Resultados y discusión

En los ciclos 2008, 2009 y 2010, la alta humedad relativa (> 80%) y baja temperatura 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 sometidas a infecciones naturales de *Phytophthora infestans* en los tres años de evaluación para la variable porcentaje de severidad. Destacándose en estos ciclos por su resistencia a tizón tardío las poblaciones V115, 319 y 327 (Figura 1).

Durante 2013 y 2014 sobresalieron los híbridos Sel 3-1a x CH.S y Sel 16 x CH.S. y Sel20a x CH.S por su alto potencial de resistencia a *P. infestans*. Los híbridos testigos Monello y 2193 presentaron porcentajes de severidad arriba del 40%. Los progenitores Sel 3-1a y Sel 16 presentaron valores abajo del cinco por ciento de severidad al patógeno.

Existen más de 20 genes responsables de la resistencia en la población V115 (Tabla 2), lo que indica que la herencia de la resistencia en esta población es de tipo poligénica. Barbosa et al. (2008) trabajando con poblaciones silvestres de *Solanum habrochaites* (formalmente *Lycopersicon hirsutum* Dunal) encontraron resistencia debida a 28 genes. Resistencia cuantitativa en *Solanum habrochaites* (Li et al., 2011). Y en relación al tipo de herencia de la resistencia para la población V115, el modelo de seis parámetros de Mather y Jinks resalto valores altos de dominancia y efectos digénicos epistáticos dominancia por dominancia (Tabla 3); en donde la dominancia tiene signo negativo, el cual implica que cuando se presenta tizón tardío en campo tiende a reducir su incidencia en esta población.

### 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*. Dichas poblaciones 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 Sel3-1a x CH.S., Sel16 x CH.S., y Sel20a x CH.S.

### Referencias

- Álvarez, H. J. C., Cortez, M. H., y García, R. I. (2009). Exploración y caracterización de poblaciones de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*, 28:139-159.
- Barbosa, A. F., Henriques da S, D. J., Damiano, C. C. y Gomide, M. E. S. (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.
- Castle, W.E. (1921). An improved method of estimating the number of genetic factors concerned in cases of blending inheritance. *Science*, 54:223.
- Chetelat, R. T. y Rick, C. M. (1998). Wild species stock list. Rep Tomato Genetics Coop, 48:71-92.
- FAOSTAT. (2011). Estadísticas de producción de cultivos. [En línea] <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>.
- Goodwin, B. S. y Drenth, A. (1997). Origin of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* outside México. *Phytopathology*, 87 (10):992-999.
- Grünwald, N. J., Rubio, C. O. A. y Fry, W. E. (2000). Potato late-blight management in the Toluca Valley: Forecasts and resistant cultivars. *Plant Disease*. 84:410-416.
- Henfling, J. W. (1987). Late Blight of potato: *Phytophthora infestans*. Technical Information Bulletin 4. International Potato Center, Lima, Peru. 25 p.
- Lande, R. 1981. The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within populatios. *Genetics*, 99:541-543.

Li, J., Liu, L., Bai, Y., Finkers, R., Wang, F., Du, Y., Yang, Y., Xie, B., Visser, G. F. R. y Van Heuden, W. A. (2011). Identification and mapping of quantitative resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in *Solanum habrochaites* LA1777. *Euphytica*, 179: 427-438.

Mather, K. y Jinks, J.L. (1971). *Biometrical Genetics* (2nd. Ed.) Cornell Univ. Press. Ithaca, N.Y., EEUU. 382 p.

Páez, O., Valverde, R., Gómez, L. y Brenes. A. (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.

Peralta, I. E. y Spooner, D. M. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp 1-27. In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.), Science Publishers, Enfield, USA.