

Nota Técnica

Rendimiento de clones de papa con resistencia a la candelilla tardía

Norkys Marilyn Meza^{1*}, Beatriz Margarita Daboín-León², Daunarima Renaud-Rodríguez¹, Raizza del Carmen Riveros²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). El Cují, Lara, Venezuela. ²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Trujillo, Venezuela. *Correo electrónico: norkysmeza@gmail.com

RESUMEN

El cultivo de la papa representa el cuarto más importante en el mundo. Su producción es limitada por la candelilla tardía [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary], una enfermedad devastadora. Con el objetivo de evaluar la severidad de ataque de la candelilla tardía y el rendimiento de clones de papa, con resistencia a la enfermedad, se realizó un ensayo en el estado Trujillo, Venezuela. Se utilizaron cinco clones de papa procedentes del Centro Internacional de la Papa (CIP) y dos variedades de uso comercial. El ensayo se estableció en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se determinó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y el rendimiento (kg.ha⁻¹). Se realizó un análisis estadístico y prueba de media para el rendimiento. Los valores del ABCPE de los clones, oscilaron entre 88 y 429, con el menor mostrado por el clon 397079-6. Las variedades testigo tuvieron los valores del ABCPE de 455 para Tibisay y 4.462 en Granola, está última con alta severidad por ser susceptible a la enfermedad. En el análisis del rendimiento de tubérculos (kg.ha⁻¹), se observó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los materiales genéticos evaluados. El clon 397079-6 resultó promisorio, con valor bajo del ABCPE por la baja severidad de la enfermedad, y rendimiento de 22.980 kg.ha⁻¹, seguido del clon 393612-1 (128 ABCPE y 22.530 kg.ha⁻¹). Estos clones presentan potencialidades y son una alternativa para nuevas variedades de papa en Venezuela.

Palabras clave: cultivo, enfermedad, *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum*.

Severity and yield of potato clones with late candelilla resistance

ABSTRACT

Potato cultivation represents the fourth most important in the world. Its production is limited by the late candelilla [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary], which is a devastating disease. In order to evaluate the severity of the late candelilla and the yield of potato clones, a trial was carried out at Trujillo State, Venezuela. Five potato clones from the Centro Internacional de la Papa (CIP) and two varieties of commercial potatoes were used. The trial was established in a randomized complete block experimental design with four replications. The area under the disease progress curve (AUDPC) and the yield (kg.ha⁻¹) were determined. Statistical analysis and mean test for yield were performed. The AUDPC values of the clones ranged from 88 to 429, with the lowest shown by clone 397079-6. The control varieties had AUDPC values of 455 for Tibisay and 4,462 in Granola, the latter with high severity for being susceptible to the disease. In the analysis of the tuber yield (kg.ha⁻¹), significant differences ($P \leq 0.05$) were observed between the genetic materials evaluated. Clone 397079-6 was promising, with a low AUDPC value due to the low severity of the disease, and a yield of 22,980 kg.ha⁻¹, followed by clone 393612-1 (128 AUDPC and 22,530 kg.ha⁻¹). These clones have potentialities and are an alternative for new potato varieties in Venezuela.

Key words: culture, disease, *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum*

Recibido: 29/09/2017 - Aprobado: 14/08/2018

INTRODUCCIÓN

En el trópico, el desarrollo del cultivo de papa se ve afectado, por factores bióticos y abióticos. Entre los factores bióticos, las enfermedades son causantes de severas pérdidas en el cultivo, como la candelilla tardía o tizón tardío (González *et al.* 2017). Esta enfermedad, producida por el hongo [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary], causa entre 70 y 80 % de reducción de los rendimientos, en las siembras de todas las zonas del rubro en Venezuela. En condiciones favorables de temperatura, por encima de 10 °C y humedad relativa de 75 %, esa reducción puede llegar al 100 %. Con porcentajes más bajos de infección, la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento (Yeen *et al.* 2014; Chowdappa *et al.* 2015).

La candelilla tardía de la papa es una enfermedad endémica en las áreas de papa localizadas en los países de la zona andina tropical. Según Fry *et al.* (2015), se reportó por primera vez en 1590. Desde allí se llevó a Europa en tubérculos, durante la época de la colonia. Entre 1845 y 1847 todos los campos cultivados de papa, en especial los de Irlanda, se destruyeron por esta devastadora enfermedad. Esto ocasionó en Europa la mayor hambruna de todos los tiempos. A partir de esas fechas, los agricultores que siembran papa conocen la enfermedad (Kamoun *et al.* 2015).

La resistencia de la planta, a sus patógenos, depende de la capacidad de la planta para reconocerlos al inicio de la infección. Las plantas contrarrestan el ataque con barreras físicas o por medio de reacciones bioquímicas, que producen sustancias tóxicas para el patógeno o crean condiciones que inhiben su desarrollo. La resistencia de este tipo ocurre cuando una o más de estas sustancias alcanzan una concentración suficiente para inhibir el avance de la infección (Robledo-Esqueda *et al.* 2012).

Maffei *et al.* (2005) estudiaron la resistencia a la candelilla tardía, en clones promisorios de papa, en condiciones del estado Trujillo, Venezuela, con el uso del método de área bajo la curva. Los autores encontraron valores del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

bajos, lo que indicó que los materiales genéticos presentaron tolerancia a la enfermedad.

La candelilla tardía de la papa se transmite por semilla. Esto destaca la importancia del uso de materiales genéticos resistentes a la enfermedad, en la producción de semilla de papa. El objetivo de este trabajo fue evaluar la severidad de ataque de la candelilla tardía y el rendimiento de cinco clones de papa con genes de resistencia a la enfermedad, en el estado Trujillo, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en el Campo Experimental La Cristalina, situado en la parroquia Monseñor Carrillo, municipio Trujillo, estado Trujillo. Este campo de producción de papa se encuentra ubicado a 2.800 m de altitud, con 09°17'17" N y 70°22'36" O. La zona se caracteriza por poseer temperaturas promedios mínimas y máximas de 9 y 16 °C, respectivamente y 80 % de humedad relativa.

Se evaluaron cinco clones promisorios de papa de la población B: 393612-1; 391047-34; 391002-6; 393079-6 y 399101-1, provenientes del Centro Internacional de la papa (CIP). Los clones con resistencia a la candelilla tardía, compuestos por genes de *S. tuberosum* subespecie *tuberosum* y *S. tuberosum* subespecie *andigena* proveniente de Perú y Bolivia (Meza *et al.* 2018). Como testigos se utilizaron las variedades de papa Tibisay y Granola, la primera posee resistencia, mientras que Granola es susceptible a la enfermedad (Porrás y Gallardo 2011).

La siembra del ensayo se efectuó en forma manual. El área experimental estuvo conformada por 28 parcelas, con un área efectiva de 4,80 m² cada una. Cada parcela constituyó una unidad experimental, con cuatro hileras de 3 m de longitud, espaciadas a 0,80 x 0,30 m. Se sembraron 10 tubérculos por hilera.

Para evaluar el daño de la enfermedad causada por *P. infestans* en los clones de papa, se utilizó la escala de valores propuesta por el CIP (Henfling 1987), que se muestra en el Cuadro 1. Esta escala comprende un rango de valores que describen el porcentaje de daño (severidad) en las hojas de

Cuadro 1. Escala de valores para determinar el porcentaje de daño por *Phytophthora infestans*, utilizada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) Henfling (1987).

Valores *CIP	Área foliar dañada por <i>P. infestans</i> (%)	Características visuales
1	0	Ausencia total del daño.
2	5	Pocas plantas afectadas, no más de dos lesiones en un radio de diez metros o en una hilera de una misma longitud.
3	10	Hasta diez lesiones pequeñas por planta.
4	25	Casi todos los folíolos con aguda lesión.
5	50	Todas las plantas están afectadas y cerca de la mitad del follaje ha sido destruido, el campo aparece moteado y color café.
6	75	Tres cuartas partes de cada planta están destruidas, el follaje no es ni del todo color café ni del todo color verde.
7	95	El cultivo ha perdido densidad y está más abierto.
8	97	Solo un poco de folíolos verdes.
9	100	Tallos y hojas muertas.

*CIP: Centro Internacional de la Papa.

la planta, que varía desde 1 (ausencia de daño) hasta 9 (totalmente dañado).

Las evaluaciones de la infección por el patógeno se efectuaron a intervalos semanales, a partir de los 45 días después de la siembra; para esto, se tomaron las 20 plantas de las dos hileras centrales. Con las lecturas semanales de la severidad o porcentaje de daño se determinó el ABCPE, según la fórmula propuesta por Shaner y Finney (1977):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(X_{i+1} + X_i)}{2} \right] (T_{i+1} - T_i)$$

Donde:

ABCPE = área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

X_i = proporción de área foliar dañada por la enfermedad o severidad (expresada en porcentaje).

$(T_{i+1} - T_i)$ = tiempo en días entre dos lecturas.

n = número total de observaciones.

Se determinó el número y biomasa de tubérculos por planta por cada tratamiento, para estimar el rendimiento, que se expresó en Kg·ha⁻¹.

El diseño de los experimentos fue de bloques completos al azar, con siete tratamientos (cinco clones y dos variedades testigos) y cuatro repeticiones. A la variable rendimiento se le realizó análisis de varianza (ANAVAR) y las medias de los tratamientos se compararon según Tukey, con una significancia de $P < 0,05$. Los análisis se efectuaron con el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a la evaluación de la severidad de la candelilla tardía, durante el ciclo de siembra en el campo, la enfermedad se manifestó seis semanas después de la emergencia de las plantas. En la Figura 1 se presenta el ABCPE de los clones y variedades de papa evaluados. Los valores de

los clones, oscilaron entre 88 y 429, con el menor mostrado por 397079-6. Las variedades testigo tuvieron los valores de 455 para Tibisay (resistente) y 4462 en Granola (susceptible).

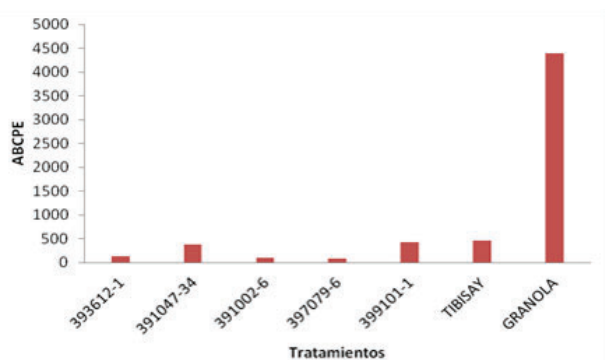


Figura 1. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), en clones y variedades de papa, evaluada en el Campo Experimental La Cristalina, municipio Trujillo, Trujillo, Venezuela. Periodo: agosto 2011 - enero 2012.

Todos los clones presentaron menor ABCPE con respecto al testigo susceptible, variedad Granola, lo que muestra menor severidad de la enfermedad. Esto, probablemente, por el origen genético de los clones (Meza *et al.* 2018), que cuentan con la presencia de genes de resistencia a *P. infestans*. Este aspecto coincide con lo mostrado por García *et al.* (2016), al evaluar los cultivares de papa Zone Red, Amany, Noha, Loane, Rain Bow, Actrice y Gold Rush que resultaron los más resistentes a la enfermedad.

La evaluación del rendimiento promedio (kg. ha⁻¹), de tubérculos, mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los materiales genéticos (Cuadro 2). El clon 397079-6 presentó el mayor rendimiento (22.980 kg. ha⁻¹), estadísticamente igual al clon 393612-1 (22.530 kg. ha⁻¹). El clon 391047-34 tuvo una posición intermedia y el resto presentó los menores rendimientos en conjunto con las variedades testigos.

Los materiales genéticos que mostraron mayores valores de ABCPE presentaron menor rendimiento; mientras que, los materiales con menor

Cuadro 2. Rendimiento promedio de tubérculos de clones y variedades de papa evaluados en el Campo Experimental La Cristalina, municipio Trujillo, Trujillo, Venezuela. Periodo: agosto 2011 - enero 2012.

	Tratamientos (materiales genéticos)	Rendimiento (kg. ha ⁻¹)
Clones	393612-1	22.530 a
	391047-34	17.960 ab
	391002-6	15.790 b
	397079-6	22.980 a
	399101-1	17.870 b
Variedades	Tibisay	14.660 b
	Granola	12.900 b

Letras iguales significan que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0,05$).

valor se consideraron resistentes, como el clon 397079-6 que mostró valores de 88 ABCPE y de 22.980 kg. ha⁻¹ (Cuadro 2 y Figura 1). Aunque los demás clones tuvieron un comportamiento variable, estos resultaron ser superiores a los materiales testigos. Los valores promedios nacionales de rendimiento de papa están en el orden de 15.000 kg. ha⁻¹.

Los daños causados por la candelilla tardía se vieron reflejados en el rendimiento, destacándose el clon 397079-6 como más resistente en comparación con el testigo Granola, seguido del clon 393612-1 (22.530 kg. ha⁻¹). Esto coincide con lo reportado por Niño *et al.* (2010), quienes evaluaron la variedad Granola a 2.415 m de altitud y encontraron un rendimiento de 11.000 kg. ha⁻¹ por daño de la candelilla tardía. Landeo (2008) evaluó durante cinco campañas agrícolas 313 clones promisorios de papa, y determinó que el grado de daño por tizón tardío para cada uno de los clones fue variable. Eso fue debido principalmente, a las condiciones de humedad y temperatura en las localidades donde se establecieron las evaluaciones.

González *et al.* (2011) evaluaron y seleccionaron clones de papa con altos niveles de resistencia

horizontal a la candelilla tardía, durante los años 2006, 2007 y 2008, en condiciones del estado Mérida, Venezuela. En ese estudio se utilizó la escala visual recomendada por el CIP, con la que se calculó el ABCPE. Los resultados indicaron que la mayoría de los clones presentaron alto nivel de resistencia (ABCPE = 0 - 9,75) y las variedades testigos confirmaron su susceptibilidad (ABCPE = 208,75 - 347,17). Rodríguez *et al.* (2008) seleccionaron clones de papa con resistencia horizontal a la candelilla tardía, por los valores de ABCPE entre 0 a 10.000, donde el mayor porcentaje de clones mostraron baja severidad a la enfermedad.

CONCLUSIONES

Los cinco clones evaluados presentaron menor ABCPE con respecto al testigo susceptible, variedad Granola. Esto demuestra su menor severidad de la enfermedad, por la resistencia a la candelilla tardía de la papa.

El clon 397079-6 resultó promisorio, con valor bajo del ABCPE y rendimiento de 22.980 kg.ha⁻¹, seguido del clon 393612-1. Estos clones presentan potencialidades y son una alternativa como nuevas variedades, previa evaluación en otras zonas productoras de papa en Venezuela.

LITERATURA CITADA

- Chowdappa, P; Kumar, N; Madhura, J; Mohan, S; Mylers, K; Fry, W; Cooke, DE. 2015. Severe outbreaks of late blight on potato in South India caused by recent changes in the *Phytophthora infestans* population. *Plant Pathology* 64:191-199.
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; González, L; Tablada, M; Robledo, C. 2017. InfoStat versión 2017 (en línea). Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 23 ago 2017. Disponible en <https://bit.ly/3kp3R7e>
- Fry, WE; Birch, PR; Judelson, HS; Grunwald, NJ; Danies, G; Everts, KL; Gevens, AJ; Gugino, BK; Johnson, DA; Johnson, SB; McGrath, MT; Myers, KL; Ristaino, JB; Roberts, PD; Secor, G; Smart, CD. 2015. Five reasons to consider *Phytophthora infestans* a reemerging pathogen. *Phytopathology* 105(7):966-981.
- García, D; Morales, A; Molina, O. 2016. Estudio de *Phytophthora Infestans* (Mont.) de Bary en 30 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su relación con las variables climáticas. *Revista Agricultura Tropical* 2(2):57-62
- González, L; Niño, L; Gastelo, M; Suárez, F. 2011. Evaluación y selección de clones de papa con resistencia a candelilla tardía en el estado Mérida, Venezuela. *Revista Latinoamericana de la Papa* 16(1):142-149.
- González, L; Varga, A; Niño L. 2017. Mejoramiento genético de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Venezuela. *Revista Latinoamericana de la Papa* 21(1):121-128.
- Henfling, J. 1987. El tizón tardío de la papa *Phytophthora infestans*. 2a ed. rev. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. 25 p.
- Kamoun, S; Furzer, O; Jones, JDG; Judelson, H; Shad, A; Dalio, RJD; Guha, S; Schena, L; Zambounis, A; Panabières, F; Cahill, D; Ruocco, M; Figueiredo, A; Chen, X; Hulvey, J; Stam, R; Lamour, K; Gijzen, M; Tyler, BM; Grünwald, N; Mukhtar, S; Tomé, DFA; Tör, M; Van Den, AG; Mcdowell, J; Daayf, F; Fry, W; Lindqvist-Kreuzer, H; Meijer, HJG; Petre, B; Ristaino, J; Yoshida, K; Birch, PRJ; Govers, F. 2015. The top 10 oomycete pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 16(4):413-434.
- Landeo, J. 2008. Developing horizontal resistance to late blight in potato. Program Report 1995-1996. International Potato Center. Lima. pp: 122-126.
- Maffei, M; Quintero, J; García, R; Zambrano, J; Materano, W; Valera, A. 2005. Comparación de dos metodologías para la cuantificación de daños causados por candelilla tardía (*Phytophthora infestans* Mont. De Bary) en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 49:72-76.
- Meza, NM; Ramírez-Guerrero, HO; Daboín-León, BM. 2018. Evaluación de características de

- calidad de clones promisorios y variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Revista Facultad Agronomía (LUZ) 35(2):152-167.
- Porras Y, EE; Gallardo, M. 2011. Caracterización agronómica de materiales genéticos de papa en la localidad Loma de Cubiro, estado Lara, Venezuela. *Agronomía Tropical* 61(2):105-111.
- Niño, L; González, L; Prieto, L; Acevedo, E; Suárez, F. 2010. Producción de tubérculos semillas a partir de progenies de semilla sexual de papa en Pueblo Llano, estado Mérida. *Agronomía Tropical* 60(1):49-54.
- Robledo-Esqueda, MN; Lozoya-Saldaña, H; Colinas-León, MT. 2012. Inducción de defensa en papa (*Solanum tuberosum* L.) contra *Phytophthora infestans* Mont. de Bary por fungicidas. *Interciencia* 37(9):689-695.
- Rodríguez, D; Alcalá de M, D; Escalona, F. 2008. Selección inicial de clones de papa por resistencia a la candelilla tardía y rendimiento. *Bioagro* 20(1):29-35.
- Shaner, G; Finney, RE. 1977. The effect of nitrogen fertilization of the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Yeen, H; Champa, W; Kalischuk, M; Ron, D; Dirk, P; Lawrence, K. 2014. Evolution and management of the irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans* in Canada and the United States. *American Journal of Potato Research* 91:579-593.