

Selección de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) adaptados a las condiciones agroecológicas del Estado Mérida, Venezuela

L. González¹; M. Osorio² ; Y. Araujo¹ ; L Niño¹; J. Gabriel³

Recibido: 22/05/2018

Aceptado: 20/06/2019

Accesible en línea: Junio de 2019

Resumen

La papa es considerada uno de los principales cultivos agrícolas en el mundo en cuanto a superficie. En Venezuela, ocupa el octavo lugar en producción y primer lugar de las raíces y tubérculos. Para consumo fresco predomina el cultivar Granola, de origen alemán, susceptible a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue seleccionar los genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) adaptados a las condiciones agroecológicas del estado Mérida. La emergencia de los genotipos estuvo por encima del 80% en todas las localidades consideradas. Los valores de AUDPC variaron de 0 hasta 7865 en el testigo susceptible. Siete clones y cinco cultivares no presentaron la enfermedad, mientras los mayores valores de AUDPC fueron para los cultivares Granola, Diacol Capiro, Andinita y Montañita, por lo que estos materiales mostraron baja resistencia a candelilla tardía. El rendimiento promedio más alto se registró en el clon 301002.6 (49.63 t.ha⁻¹), mientras que el menor se obtuvo en Única - Peruana (4.14 t.ha⁻¹). El 85 % de los materiales superaron al testigo en rendimiento. De acuerdo a la prueba múltiple de Duncan se formaron 23 grupos, observándose que estadísticamente existen diferencias altamente significativas entre los genotipos evaluados (p<0,001). La materia seca (% sólidos) estuvo por encima del 14 %, no obstante, superaron el 15 % de defectos totales por lo que solo resultaron aptas para la industrias los clones 382121.25, 382151.22 y los cultivares María Bonita, Iniafrit, Fripapa y Diacol Capiro.

Palabras claves adicionales: procesamiento, caracterización, candelilla, raíces y tubérculos.

Selection of potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) adapted to the agroecological conditions of the State of Mérida, Venezuela

Summary

The potato is considered one of the main agricultural crops in the world in terms of area. In Venezuela, it occupies the eighth place in production and first place of the roots and tubers. For fresh consumption the cultivar Granola, of German origin, susceptible to late blight (*Phytophthora infestans*) predominates. In this context, the objective of this research was to select genotypes adapted to the agroecological conditions of the State of Mérida. The

* Correo de contacto. E-mail: lgonzalez@inia.gob.ve., oasisuniversal@gmail.com

¹ Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida (CIAE-Mérida). CP 4525. Mérida, Venezuela

² Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA-CENIAP. CP 2105.3, Maracay, Venezuela.

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-Mail: julio.gabriel@unesum.edu.ec

emergence of the genotypes was above 80% in all the localities considered. The AUDPC values varied from 0 to 7865 in the susceptible control. Seven clones and five cultivars did not present the disease, while the highest values of AUDPC were for the cultivars Granola, Diacol Capiro, Andinita and Montañita, for which these materials showed low resistance to late blight. The highest average yield was registered in clone 301002.6 (49.63 t.ha⁻¹), while the lowest was obtained in Única Peruana (4.14 t.ha⁻¹). 85% of the materials outperformed the witness in performance. According to Duncan's multiple test, 23 groups were formed, observing that statistically there are highly significant differences between the genotypes evaluated ($p < 0.001$). The dry matter (% solids) was above 14%, however, they exceeded 15% of total defects, so only the clones 382121.25, 382151.22 and the cultivars María Bonita, Iniafrit, Fri papa and Diacol Capiro were suitable for the industry.

Additional keywords: processing, characterization, late blight, roots and tubers.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es considerada como uno de los principales cultivos agrícolas en el mundo en cuanto a superficie. Representa junto con el maíz, trigo y arroz los cuatro rubros alimenticios básicos de la seguridad y soberanía alimentaria (Madroño *et al.*, 2013). Está adaptada a una amplia gama de climas y se encuentra tanto en ambientes tropicales como templados y a altitudes desde el nivel del mar hasta los 4000 metros (Poehlman, 2003). En Venezuela, ocupa el octavo lugar en producción y el primer lugar de las raíces y tubérculos (Niño *et al.*, 2004). Los principales estados productores son Mérida, Trujillo, Táchira, Lara, Aragua y Carabobo. La producción de papa en el país se destina tanto al consumo fresco como para la industria. Para el consumo fresco predomina el cultivar Granola, de origen alemán y susceptible a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*). Además, se cultivan otros cultivares de origen colombiano (Rodríguez *et al.*, 2009), así como de otros países y en menor proporción, los cultivares nacionales. Los agricultores demandan cultivares de ciclo corto, de tubérculos blancos y con buenas características para el manejo en postcosecha. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue

seleccionar los genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) adaptados a las condiciones agroecológicas del estado Mérida.

Materiales y métodos

Se evaluaron clones promisorios, progenies, cultivares comerciales y locales. Los ensayos se realizaron en 11 localidades del estado Mérida, Venezuela durante cinco años (2006-2010). Bajo un diseño experimental en bloques completamente aleatorios con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. Los experimentos fueron analizados en series de experimentos (Gabriel *et al.*, 2017).

El comportamiento de los genotipos se determinó evaluando la emergencia, respuesta a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*) rendimiento comercial y aptitud para fritura. Además se realizó una caracterización morfológica.

Emergencia: La emergencia se realizó a los 45 días después de la siembra, realizando contajes en cada hilo y estimando el promedio de la parcela experimental.

Respuesta a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*)

La severidad de la enfermedad se evalúa como el porcentaje de área foliar

infectada. Esta variable se registra a lo largo del desarrollo del ensayo junto con la fecha de cada lectura. Los datos son recolectados en cada parcela o unidad experimental (cada clon o cultivar dentro de cada repetición), se pueden registrar manualmente o con dispositivos electrónicos con la finalidad de reducir el tiempo y el costo de la recolección de datos y su análisis posterior (Forbes *et al.*, 2014)

Para evaluar el daño causado por la candelilla tardía (*P. infestans*) se estimó visualmente el área de la planta afectada con respecto al total de la parcela, cada siete días, a partir de los 42 días después de la siembra. Se realizaron evaluaciones de los genotipos por reacción a esta enfermedad utilizando la escala visual recomendada por Bonierbale *et al.*, (2008), con la cual se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC)

Rendimiento: Para determinar el rendimiento a la cosecha se evaluaron los dos hilos centrales de cada parcela y se calculó el rendimiento comercial ($t\cdot ha^{-1}$). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza con el programa estadístico SAS University. La comparación de medias se llevó a cabo mediante la Prueba de Duncan (Gabriel *et al.*, 2017).

Aptitud para fritura: Las pruebas de fritura fueron realizadas por la empresa PEPSICO ALIMENTOS S.C.A., Planta La Grita, en el estado Táchira, con muestras de 10 kg de papa por cada genotipo procedente de los ensayos. La empresa asignó la clasificación de apta o no apta para la agroindustria considerando las características de defectos totales (suma de color indeseable, % de verdeo y decoloración interna y externa de las hojuelas durante el proceso de freído).

Caracterización morfológica: Las variables morfológicas se evaluaron utilizando los descriptores del Centro Internacional de la Papa (CIP) (Huamán y Gómez, 1994).

Resultados y discusión

Emergencia

Los resultados mostraron que la emergencia de los genotipos estuvo por encima del 80% en promedio para todas las localidades consideradas. Solo 14 genotipos de los 35 evaluados no superaron al testigo, el cual presentó 94,12 % (Granola), el mayor porcentaje de emergencia fue para el clon 382151.22 (99.5 %), mientras que Friepapa INIA presentó el menor valor 65.94%. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Meza *et al.* (2009), quienes evaluaron clones de papa en la localidad de Cuencas, estado Trujillo. No obstante, en el trabajo realizado por Meza *et al.* (2010) en Marajabú Estado Trujillo se observaron valores de emergencia desde 40 a 92 %, para 16 clones evaluados, estos resultados difieren de los obtenidos en la presente investigación probablemente debido a las condiciones de desarrollo y manejo agronómico de ambos ensayos.

Incidencia candelilla

Los valores de AUDPC variaron de 0 hasta 7865 en el testigo susceptible. Siete clones y cinco cultivares no presentaron la enfermedad (0), mientras los mayores valores de AUDPC fueron para los cultivares Granola (7865), Diacol Capiro (5747.5), Andinita (4232,5) y Montañita (2039.88), por lo que estos materiales mostraron baja resistencia a candelilla tardía. Lo cual coincide con los resultados obtenidos en evaluaciones donde se han usado los cultivares señalados y se notó baja resistencia a candelilla tardía, lo cual

indica que son genotipos con baja resistencia y/o tolerancia a candelilla tardía (González *et al.*, 2011). En este grupo de genotipos evaluados se encuentran aquellos que fueron generados por el CIP de la Población A (resistencia vertical) y Población B (resistencia horizontal en ausencia de genes R) por lo cual los niveles de resistencia son variables. Estos resultados son similares en cuanto a la variabilidad en la respuesta a candelilla tardía a los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2008), que evaluaron 190 clones de la población B procedentes del CIP por resistencia a candelilla y rendimiento.

Rendimiento

El rendimiento promedio más alto de las localidades (Tabla 1), se registró en el clon 301002.6 (49.63 t.ha⁻¹), mientras que el menor se obtuvo en el cultivar Única Peruana (4,14 t.ha⁻¹). El 85% de los materiales superaron al testigo en rendimiento. No obstante de acuerdo a la prueba de medias de Duncan se formaron 23 grupos, observándose que estadísticamente existen diferencias significativas entre los genotipos evaluados ($p < 0.001$).

Tabla 1. Rendimiento promedio (t.ha⁻¹) de Clones promisorios, progenies y cultivares de papa evaluados en localidades del Estado de Mérida, Venezuela.

Genotipos	Rendimiento promedio (t.ha⁻¹)	Grupos
301002.6	49.6	A
391580.30	46.8	AB
391011.17	43.9	ABC
393258.44	42.4	ABCD
393371.159	40.0	BCDE
Andinita	39.8	BCDE
393280.82	39.7	BCDE
392633.54	38.4	BCDEF
382121.25	36.6	CDEFG
393349.68	33.8	DEFGH
386528.7	33.3	DEFGH
392639.1	32.5	EFGHI
393658.44	29.8	FGHIJ
393194.27	29.2	FGHIJ
Achiranax TS-4 (990021)	29.2	FGHIJ
382151.22	29.0	FGHIJ
AchiranaxTPS-67 (96003)	27.4	GHIJK
393085.5	26.6	GHIJK
TPS-25XTPS-67 IP88008)	25.3	HIJKL
MF-IIxTPS-67 (IP88004)	25.2	HIJKL
TPS-25 XTPS-13 (IP88007)	24.7	HIJKLM

393194.1	24.7	HIJKLM
Tibisay	23.1	IJKLMN
393371.58	21.8	JKLMNO
SN Táchira	20.1	JKLMNOP
Maria Bonita	18.3	KLMNOPQ
Montañita	17.7	KLMNOPQ
Cartayita	16.3	LMNOPQ
393280.57	14.9	MNOPQ
Esperanza	13.5	NOPQR
Iniafrit	13.0	NOPQR
Granola (testigo)	11.8	PQR
Carabay	11.4	PQR
Fripapa INIA	10.6	PQR
Diacol Capiro	8.8	QR
Unica Peruana	4.1	R

La respuesta de clones y cultivares de papa en relación al rendimiento evaluado en TM fueron diferentes dentro y entre localidades, lo que confirma que este componente es una característica varietal y depende de la interacción genotipo-ambiente (Monar *et al.*, 2015). Esta tendencia se observó en trabajos de investigación donde se evaluaron genotipos en diferentes localidades (Meza *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2008).

Aptitud para fritura

Se observó en los genotipos evaluados, que la materia seca (% sólidos) se encuentra por encima del 14 % como lo exige la empresa procesadora, no obstante, al obtener los defectos totales (suma de color indeseable, % de verdeo y decoloración interna y externa de las hojuelas durante el proceso de freído) los mismos superan el 15% de defectos totales en un 80% de las muestras analizadas, por lo tanto estas no son aptas para el procesamiento industrial (Tabla 2), bajo las condiciones de manejo agronómicos usadas en estos experimentos, así como la altura donde se llevaron a cabo los ensayos. El manejo poscosecha también afecta el procesamiento.

Aptas para la industria resultaron los siguientes genotipos: Los clones 382121.25, 382151.22 y los cultivares María Bonita, Iniafrit, Fripapa y como testigo industrial: Diacol Capiro. Evaluaciones de cultivares y clones de papa realizadas en seis localidades del estado Mérida, los cultivares Iniafrit, Fripapa INIA y Diacol Capiro fueron aptas para la industria y el cultivar Tibisay no apta, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación (Niño *et al.*, 2004).

Tabla 2. Valores Promedio del Análisis realizado a muestras de papa para procesamiento industrial por Empresa procesadora de *Snacks* América Latina.

Genotipos	Materia seca (Rangos)	% de color indeseable	% de decoloración interna hojuelas (rangos)	% de decoloración externa hojuelas (rangos)	% verde	Calificación
Diacol Capiro	15.5	3.76	4.03	6.18	1.22	Apta
Maria Bonita	18.2	0.82	1.8	2.63	0.1	Apta
Fripapa INIA	18.2	2.20	7.14	8.25	3.38	Apta
Iniafrit	17.025	4.24	7.14	6.91	2.53	Apta
382151.22	16.5	4.89	1.8	5.78	3.18	Apta
382121.25	15.2	3.19	2.8	4.12	3.23	Apta
TPS-25 XTPS-13 (IP88007)	15.4	5.9	4.2	1.18	1.7	Apta
301002.6	14.6	100	0	0	0	No apto
386528.7	14	15.62	3.79	11.8	2.90	No apto
391011.17	14.9	100	0	0	0	No apto
391580.30	16.8	95.49	0	0	0	No apto
392633.54	15.3	100	0	0	0	No apto
392639.1	17.7	100	0	0	0	No apto
393085.5	16	53.79	6.93	7.89	2.49	No apto
393194.27	18.2	100	0	0	0	No apto
393194.1	17.9	49.93	15.8	10.03	5.59	No apto
393280.57	13.8	100	0	0	0	No apto
393280.82	15.9	100	0	0	0	No apto
393349.68	19.7	72.03	11.01	0	10.96	No apto
393371.58	16.2	100	0	0	0	No apto
393371.159	15.3	100	0	0	0	No apto
393658.44	18.9	66.42	0	0	3.44	No apto
TPS-25XTPS-67 (IP88008)	16.40	57.56	3.45	3.80	7.18	No apta
MF-IIxTPS-67 (IP88004)	15.70	100	0	0	0	No apta
Achiranax TS-4 (990021)	16.20	88.45	1.18	0	8.94	No apta
Andinita	16.7	100	0	0	0	No apta
Tibisay	11.3	31.45	5.92	4.02	3.26	No apta
Cartayita	15.1	23.33	36.67	21.67	5.67	No apta
Esperanza	15.90	96.40	0.5	0	2.89	No apta
Caribay	15.80	89.53	0	2.19	3.95	No apta
Unica Peruana	15.80	100	0	0	0	No apta
SN Táchira	16,8	100	0	0	0	No apta
Montañita	20.4	45.63	3.82	8.7	6.63	No apta
Granola (testigo)	18.3	100	0	0	0	No apta

Caracterización morfológica

La caracterización morfológica de los materiales permite tener el conocimiento más adecuado de las accesiones que se conservan y poder utilizarlas eficientemente (Castillo *et al.*, 2007)

Se observó variabilidad en los 35 genotipos evaluados (Tabla 3). Predominaron los tubérculos de forma oblonga, comprimido y redondo, de piel blanca crema y pulpa blanca con ojos superficiales. El carácter profundidad de ojos es importante tener en cuenta en los programas de mejoramiento, donde se trata siempre obtener variedades con ojos superficiales (Castillo *et al.*, 2007) Estos resultados coinciden con los obtenidos por Meza *et al.* (2010) cuando evaluaron el comportamiento de clones en Marajabú estado Trujillo.

Tabla 3. Caracterización morfológica de genotipos de papa del estado Mérida, Venezuela.

Clones, progenies, variedades	Forma tubérculo	Color piel	Color secundario tubérculo	Color pulpa	Profundidad ojos
301002.6	Comprimido a redondo	Amarillo pálido	np	Blanca	S
382151.22	Obovado	Blanco crema intenso	np	blanca	M
382121.25	Aplanada	Blanco crema intenso	np	blanca	M
386528.7	comprimida y oblonga	Blanco crema intermedio	np	blanca	M
391011.17	ovoide	Amarillo palido	np	crema	S
391580.30	redondo	Anaranjadopalido Rugosa	np	blanca	S
392633.54	Obovado aplanado	Blanco crema	np	crema	S
392639.1	Comprimida	Blanco crema intenso	np	blanca	P
393085.5	Oblongo	blanco crema	np	crema	S
393194.27	comprimida	blanco crema pálido	np	blanca	P
393194.1	comprimido	blanco crema pálido	np	blanca	P
393280.57	obovado	Blanco crema intermedio	Rosado jaspeado	crema	M
393280.82	obovado	Blanco crema	Rosado, ojos pigmentados y jaspeado	crema	M
393349.68	Oblongo aplanado	Blanco crema	con color sec. rosado en las cejas	amarilla	S

Continuación... **Tabla 3**

393371.58 (Chucmarina)	Oblongo	Blanco crema	con rosado en cejas	crema	S
393371.159	obovado	Blanco crema	Rosado en ojos	blanca	S
393658.44	comprimida	blanco crema pálido	np	blanca	P
TPS-25 XTPS-13 (IP88007) Granate INIA	Comprimido a redondo	Marrón pálido	np	crema	M
TPS-25XTPS-67 (IP88008)	Redondos y oblongos	Blanco crema	np	crema	M
MF-IIxTPS-67 (IP88004)	Redondos	Marrón pálido	np	crema	M
AchiranaxTPS-67 (96003)	Oblongos	Marrón pálido	np	crema	M
Achiranax TS-4 (990021)	Oblongos y redondos	Marrón pálido	np	crema	M
Andinita	oblonga	Blanco crema	np	blanca	S
Tibisay	redondo	Blanco crema	np	crema	S
Cartayita	Redondo	Marrón pálido	np	crema	S
Esperanza	Redonda	Marrón pálido	rojo morado cejas, ojos y manchas dispersas	crema	S
Iniafrit	Oblongo alargado	Blanco crema	np	crema	S
Caribay	Redondos	Crema	con ligero tono rosado	Blanco crema	M
Fripapa INIA	Oblongo	Rosado intenso	np	amarilla	M
Unica Peruana	Oblongo	Rojo	np	crema	S
Diacol Capiro	Redondo ligeramente aplanado	Rojo morado	np	crema	S
Maria Bonita	oblongo	Blanco crema	np	crema	S
SN Táchira	Comprimida	Blanco crema intenso	np	crema	M
Montañita	Oblonga	Blanco crema intermedio	np	blanca	M
Granola (testigo)	Oval redondeada	Amarilla clara	np	Amarilla clara	S

np= no presentó, S= superficiales, M=medios, P= profundos

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Internacional de la Papa por los genotipos aportados y apoyo técnico - científico en el desarrollo de este trabajo. A la Red Latinpapa por el aporte económico junto al Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (INIA), a los agricultores que participaron en las evaluaciones y a todo el personal de apoyo.

Conflictos de intereses

El documento no tiene conflicto de intereses con las instituciones donde fueron realizadas las investigaciones.

Referencias citadas

Bonierbale, M.; de Haan S.; Forbes, A. (2010) Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 124 p.

Castillo, J.; Estévez, A.; Salomón, J; Pérez, A.; Ortiz, U. (2007). Caracterización morfoagronómica del germoplasma cubano de papa (*Solanum* spp.). Evaluación de las especies silvestres. Parte I. Cultivos Tropicales. 28(1):63-68.

Forbes, G.; Pérez, W.; Andrade Piedra, J. (2014). Procedimiento para Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. Módulo 3: Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Guía para Colaboradores Internacionales. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa (CIP). 50 p.

Gabriel, J.; Castro, C.; Valverde, A.; Indacochea, B. (2017). Diseños experimentales experimentos

agropecuarios. Grupo Compas, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

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) 142-150.

Madroño, I. C.; Rosero, J.E.; Rodríguez, L.E.; Navia, J.F.; Benavides, C. A. (2013). Caracterización Morfoagronómica de genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* L. Grupo Andigenum) en Nariño. Temas Agrarios vol.18(2): 50-66.

Huamán, Z.; Gómez, R. (1994). Descriptores Morfológicos de la Papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Ed. del Centro Internacional de la papa, Lima, Perú. 65 p.

Martínez, M. N. y Ligareto, G. A. (2005). Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. Andígena según desempeño agronómico y calidad industrial. Agronomía Colombiana 23(1):17-27.

Meza, N.; Herrera, J.; Gudiño, S. (2009). Comportamiento de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Cuencas, estado Trujillo, Venezuela. Bioagro 21 (2): 149-151

Meza, N., Herrera, J.; López, J. (2010). Comportamiento de clones de papa en las condiciones de Marajabú, estado Trujillo, Venezuela. INIA Divulga enero-abril 2010 (43-45)

Monar, C.; Silva, D.; Velasco, I.; Guambuete, I. (2015). Evaluación Agronómica de cuatro clones promisorios y tres variedades de papa (*Solanum*

tuberosum L.) con investigación participativa, en cuatro localidades de la provincia Bolívar. Revista de Investigación Talentos vol. I n° 1:77-83.

Niño, L.; González, L.; Villamizar, E.; Acevedo, E.; Becerra, F. (2004). Evaluación de Variedades y Clones Avanzados de Papa (*Solanum tuberosum* L.) con Características para el Procesamiento Industrial en el Estado Mérida, Venezuela. Revista Fitotecnia Colombiana 4 (1): 1-8.

Poehlman, J.M. (2003). Mejoramiento Genético de las Cosechas. Aplicaciones en cultivos extensivos que se propagan

vegetativamente. Capítulo 21 Mejoramiento genético de la papa. Editorial Limusa. Páginas 435-449. México

Rodríguez, D.; Alcalá, D.; Escalona, F. (2008). Selección de clones de papa por resistencia a la candelilla tardía y rendimiento. Bioagro 20 (1): 29-35.

Rodríguez D., M. Ojeda, M. Pérez de Camacaro, M. Gallardo, R. Valera y F. Bittara. (2009). Producción, incidencia de la sarna polvorienta y calidad de clones avanzados de papa. Rev. Fac. Agron. 26 (4):508-531.