

# Evaluación de tres variedades de papa criolla en rendimiento, resistencia y susceptibilidad a *Phytophthora infestans* bajo fertilización orgánica

Evaluation of three breeds of potato in yield, resistance and susceptibility to *Phytophthora infestans* under organic fertilization

Jeimy Sofia Díaz<sup>1</sup>, Yesid Alejandro Caicedo<sup>1</sup>, Adriana Edith Caro<sup>1</sup>, Ximena Alexandra Pardo<sup>1</sup>, Yelson Andrey García<sup>1</sup>, Ivon Magaly Arcila<sup>1</sup>

Cómo citar: Díaz, J. S., Caicedo, Y. A., Caro, A. E., Pardo, X. A., García, Y. A., y Arcila I. M., (2018). Evaluación de tres variedades de papa criolla en rendimiento, resistencia y susceptibilidad a *Phytophthora infestans* bajo fertilización orgánica. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 3-8. DOI: 10.36436/24223484.238

## Resumen

El cultivo de la papa es fundamental para la seguridad alimentaria ya que es un alimento básico para la población; además es una fuente importante de ingresos en comunidades campesinas al proveer fuentes de trabajo y comercialización variada de éste producto. La papa es afectada por *Phytophthora infestans*, el agente causal de la enfermedad tizón tardío o gota de la papa, la cual puede llegar a causar la muerte de la planta sino se cuenta con las medidas agronómicas adecuadas. En esta investigación se evaluó la respuesta de tres variedades de papa criolla bajo fertilización orgánica en rendimiento, resistencia y susceptibilidad al patógeno. El estudio se realizó en el municipio de Facatativá, Cundinamarca, donde fueron sembradas las variedades 1 (Violeta), 2 (Sua-Pa) y 3 (Colombia) cada una con 10 repeticiones bajo un diseño completamente al azar (DCA). Se registraron variables morfológicas, de rendimiento y porcentaje de severidad de la enfermedad basado en los valores de severidad del Centro Internacional de la Papa (CIP). Se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey con un alpha de 0.05 para rendimiento, y análisis de regresión, para las variables severidad de la enfermedad y rendimiento. Se determinó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) teniendo como resultado a la Variedad 3 con un área de 398, seguido de la Variedad 2 con 269 y la Variedad 1 con 259; por tanto, la variedad más resistente a la enfermedad bajo las condiciones evaluadas fue Violeta con respecto a las demás evaluadas. En rendimiento, la variedad 3 fue estadísticamente significativa con un mayor número y peso de tubérculos. Por medio de la regresión lineal la Variedad 1 presentó menor ABCPE relativa a *P. infestans* con un 40,23%, sin embargo, el rendimiento fue el más bajo. La variedad 3 pese a ser la más susceptible a la gota de la papa, presentó mayor rendimiento; estos resultados pueden indicar la penalidad de las variedades al rasgo de rendimiento o resistencia de las variedades.

**Palabras Clave:** resistencia, severidad, gota de la papa, *Solanum phureja*

## Abstract.

Crop potatoes is essential for food security and is a staple food for the population; it is an important source of income in rural communities by providing sources of work and varied marketing of this product. The potato is affected by *Phytophthora infestans*, the causal agent of "gota de la papa" disease, which can cause the death of the plant if you do not have the appropriate agronomic measures. In this research, the response of three creole potato varieties under organic fertilization in yield, resistance and susceptibility is evaluated. The study was conducted in the municipality of Facatativá, Cundinamarca, where varieties 1 (Violeta), 2 (Sua-Pa) and 3 (Colombia) were planted each with 10 replications under a completely randomized design (DCA). Morphological, yield and severity of disease variables were recorded in the severity values of the International Potato Center (CIP). A Tukey mean comparison test was performed with an alpha of 0.05 for performance and regression analysis for the variables severity and performance. The area under the disease progress curve (ABCPE) was determined, resulting in Variety 3 with an area of 398, followed by Variety 2 with 269 and Variety 1 with 259; therefore, the most resistant variety was Violeta with respect to the other evaluations. In yield, variety 3 was statistically significant with a greater number and weight of tubers. By means of the linear regression, Variety 1 presented lower ABCPE relative to *P. infestans* with 40.23%, however, the yield was the lowest. The variety 3 despite being the most susceptible to potato gout, presented higher yield; these results may indicate the penalty of the varieties to the performance trait or resistance of the varieties.

**Keywords:** resistance, severity, gota de la papa, *Solanum phureja*.

<sup>1</sup> Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Cundinamarca. Extensión Facatativá. iarcala@ucundinamarca.edu.co

## **INTRODUCCIÓN**

La importancia del cultivo de la papa se refleja en las estadísticas de la FAO<sup>1</sup>, situándose entre los primeros productos para la seguridad alimentaria y en donde su cultivo prevalece, para el caso de Latinoamérica, en sistemas productivos de minifundio. Es una fuente importante de empleo e ingresos en el área rural siendo un alimento básico para la población y de importancia para grupos vulnerables. La papa se adapta a una amplia gama de usos, se consume en fresco y en forma procesada, es importante como alimento animal y como materia prima para fines industriales<sup>2</sup>.

Como todo sistema productivo, la papa se ve afectada por factores bióticos que limitan su producción. El principal de ellos es el tizón tardío o gota, una de las enfermedades más devastadoras<sup>3,4</sup>; cuyo agente causal es el oomicete *Phytophthora infestans*, un patógeno hemibiótrofo con característica biótrofa en la etapa temprana de la infección y necrotrófica en estados tardíos de la colonización del hospedero<sup>5</sup>.

Desde una perspectiva genética el manejo de la gota de la papa se centra en el desarrollo de cultivares resistentes<sup>3</sup>. Varios genes de resistencia han sido mapeados, clonados e introgresados en variedades comerciales<sup>6</sup>. Sin embargo, la mayoría de estos genes confieren resistencia raza específica, lo que ha generado alta presión de selección en el patógeno, produciendo de esta forma nuevas cepas virulentas que han sobrepasado los genes R<sup>7</sup>, por lo tanto, el mejoramiento genético se ha enfocado en buscar materiales con resistencia de amplio espectro y resistencia cuantitativa, la cual confiere mayor durabilidad en el tiempo de las variedades<sup>8,9</sup>.

Por tanto, el objetivo de este proyecto fue evaluar la respuesta de tres variedades mejoradas de papa criolla a la fertilización orgánica en cuanto a rendimiento y resistencia y susceptibilidad a *P. infestans* en el vivero de la Universidad de Cundinamarca, municipio de Facatativá.; teniendo en cuenta la morfología de las variedades mejoradas en las etapas vegetativa y reproductiva.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### Localización y diseño estadístico

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Facatativá, Cundinamarca; ubicado a 2586 m.s.n.m y una temperatura promedio de 14°C<sup>10</sup>. Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) evaluando tres variedades de papa criolla denominadas variedad 1 (Violeta), variedad 2 (Sua-Pa) y variedad 3 (Colombia) bajo fertilización orgánica. Se dispusieron de manera aleatoria las variedades, teniendo en cuenta que para cada variedad se contaban con 10 plantas que fueron sembradas a una distancia de 0,30 m. Previo a la siembra se abonó el suelo con 50kg de gallinaza comercial (100% compostada) y no se realizaron más fertilizaciones durante el desarrollo de la investigación.

### Caracterización morfológica de las variedades

Se describieron los caracteres morfológicos en las tres variedades como tiempo de emergencia, color del tallo, color

de la flor, altura de la planta a floración, forma de la corola, forma de las alas del tallo, pigmentación de las anteras y presencia de fruto (baya), tomando como referencia la guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas elaborada por Gómez<sup>11</sup>.

## **Evaluación del rendimiento de las variedades**

Para evaluar el rendimiento de las variedades se registró el número y el peso de tubérculos totales por variedad, el cual se midió al final de la evaluación. Se utilizó una balanza de un peso máximo de 1000 g.

## **Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y prueba de comparación de medias con la prueba de Tuckey ( $p=0,05$ ), para las variables de rendimiento y se efectuó un análisis regresión simple de las tres variedades en cuanto el porcentaje de severidad de las variedades durante el ciclo de evaluación. Se utilizó el programa Excel 2016 para los análisis estadísticos.

## **Resistencia y susceptibilidad de las variedades a *P. infestans*.**

Para evaluar la respuesta de resistencia y susceptibilidad de las tres variedades de papa criolla se utilizó la escala del CIP<sup>12</sup>. Las mediciones se realizaron cada ocho días para un total de 8 mediciones, iniciando al mes de germinación de los tubérculos. Con los datos registrados se elaboró el área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativa<sup>12</sup>

## **RESULTADOS**

### Caracterización morfológica de las variedades de Papa criolla

Los caracteres morfológicos de las variedades fueron medidos en tres etapas fenológicas: la etapa vegetativa (tiempo de emergencia, color del tallo, y forma de las alas del tallo), etapa reproductiva (floración: altura de la planta a floración, forma de la corola, pigmentación de las anteras) y fructificación (presencia de fruto). La planta se caracterizó por tener un juego de tallos verdaderos (aéreos) y tallos modificados (estolones y tubérculos). Los tallos aéreos fueron herbáceos, con una longitud y diámetro que variaba. Respecto a las estructuras reproductivas, la flor y el fruto fueron terminales; su aparición y desarrollo se debe a la formación de estolones y tuberización respectivamente. La flor de *Solanum phureja* se caracterizó por ser hermafrodita, pentámera y de colores variados; sus frutos son bayas de color verde, en su mayoría de forma esférica, con abundantes semillas<sup>13</sup>.

Se observó la totalidad de plantas germinadas, encontrando similitud en el tiempo de germinación, con un rango de 31-35 días. En las etapas vegetativa y reproductiva de las variedades mejoradas, la variedad que presentó mayor altura de la planta a floración fue la variedad 3, seguido la variedad 1 y finalmente la variedad 2 (Tabla 1).

Siguiendo el descriptor morfológico, la determinación del grado de pigmentación del tallo, se observó en la longitud

**Tabla 1.** Caracterización morfológica de tres variedades de *S. phureja* bajo condiciones de Facatativá, Cundinamarca.

Variedad	Tiempo de emergencia	Color del tallo	Color de la flor	Altura de la planta a floración	Forma de la corola	Forma de las alas del tallo	Pigmentación de las anteras	Presencia de fruto
1	35 días	Morado	Morada	36 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI
2	31 días	Verde con pocas manchas	Morada	35 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI
3	33 días	Verde	Morada	39 cm	Actinomorfa	Ondulado	Amarillo	SI

del tallo principal. Para la variedad 1, los tallos presentaron un pigmentado totalmente morado. En cuanto, a las variedades 2 y 3 predominó el color verde más del 50% de la superficie expuesta por todo el tallo. Respecto al color de la flor, las 3 variedades se caracterizaron por presentar un color morado predominante.

La forma de corola se evaluó en una flor completamente abierta; en este caso las 3 variedades presentaron una forma actinomorfa; es decir, de simetría radiada que puede dividirse en dos mitades iguales. En la forma de las alas del tallo, las 3 variedades presentaron una forma de alas del tallo ondulado<sup>11</sup>.

La pigmentación de las anteras, en el caso de las 3 variedades se observó en su mayoría la presencia de pigmentos de color amarillo. Finalmente, las 3 variedades, en su etapa reproductiva hubo presencia de fruto (Tabla 2).

**Tabla 2.** Análisis de varianza para número de tubérculos por cada variedad evaluada.

FV	SC	GL	CM	F	Pro-babilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1249,87	2	624,93	3,64	0,04	3,35
Dentro de los grupos	4629,60	27	171,47			
Total	5879,47	29				

### Evaluación del rendimiento

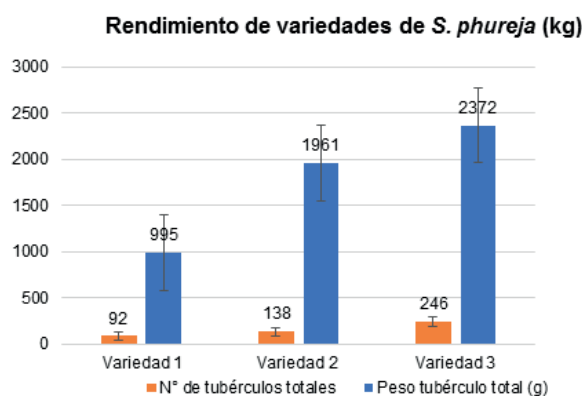
Esta variable fue evaluada al momento de la cosecha cuando los tubérculos se encontraban antes de la madurez fisiológica, es decir, que aun la piel se removía con facilidad al contacto manual. Se registró el número de tubérculos totales y el peso total por variedad.

La variedad que obtuvo mayor número de tubérculos fue la Variedad 3 con 246, seguida de la Variedad 2 con 138 y la Variedad 1 (Violeta) con 92. No obstante, la Variedad 2 presentó tubérculos uniformes, la Variedad 1 tubérculos deformes y la Variedad 3 uniformes, pero de menor tamaño (Figura 1).

Estos resultados de rendimiento fueron procesados usando análisis de varianza (ANOVA) (Figura 1) y pruebas de rango múltiple de Tukey ( $p=0,05$ ). En este caso se plantearon dos hipótesis la hipótesis nula ( $H_0$ ) y una hipótesis alterna ( $H_a$ ) determinando lo siguiente:

$$H_0 = M1 = M2 = M3$$

**Figura 1.** Rendimiento en kg de las tres variedades de *S. phureja* bajo fertilización orgánica.



$$H_a = M1 \neq M2 \neq M3$$

M: medias de las variedades 1, 2, 3.

Por lo tanto, si,

$$F_{tab} > F_{cal} = \text{Acepto } H_0$$

$$F_{cal} > F_{tab} = \text{Acepto } H_a$$

En la Tabla 2 se observa el análisis de varianza de las variedades de acuerdo con el número de tubérculos. Rechazando la hipótesis nula; por tanto, al menos una de las variedades es significativamente diferente.

En la prueba de comparación de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al número de los tubérculos, se observó una diferencia significativa de la variedad 3 respecto a las demás variedades evaluadas (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al número de tubérculos en las variedades de papa evaluadas.

	Variedad 1	Variedad 2	Variedad 3
Variedad 1			
Variedad 2	-4,6		
Variedad 3	-15,4	-10,8	

Asimismo, en la Tabla 4 se observa el análisis de varianza de las variedades de acuerdo con el peso de tubérculos, rechazando la hipótesis nula, por tanto, al menos una de las variedades es significativamente diferente.

En la prueba de comparación de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al peso de los tubérculos totales (Tabla 5), se observó que la variedad 3 es significativamente diferente respecto a

**Tabla 4.** Análisis de varianza en el rendimiento de acuerdo con el peso de los tubérculos por cada variedad.

FV	SC	GL	CM	F	Proba- bilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	99940,2	2	49970,1	5,954 2033	0,0072 08158	3,3541 30829
Dentro de los grupos	226595	27	8392,4074			
Total	326535,2	29				

**Tabla 5.** Prueba de Tukey ( $p=0,05$ ) respecto al peso en g de tubérculos en las variedades de papa evaluadas.

	Variedad 1	Variedad 2	Variedad 3
Variedad 1			
Variedad 2	-96,6		
Variedad 3	-137,7	-41,1	

las 2 variedades comparadas, indicando que esta variedad presenta mayor peso y número de tubérculos que las demás variedades de papa.

### Evaluación del porcentaje de incidencia de *P. infestans*

Inicialmente se realizó la observación de signos y síntomas de *P. infestans* encontrando como signo del patógeno un micelio algodonoso de color blanco en el envés de las hojas. De síntomas se observaron manchas necróticas de color café en el haz de las hojas y en los tallos (Ilustración 1).

#### Material suplementario

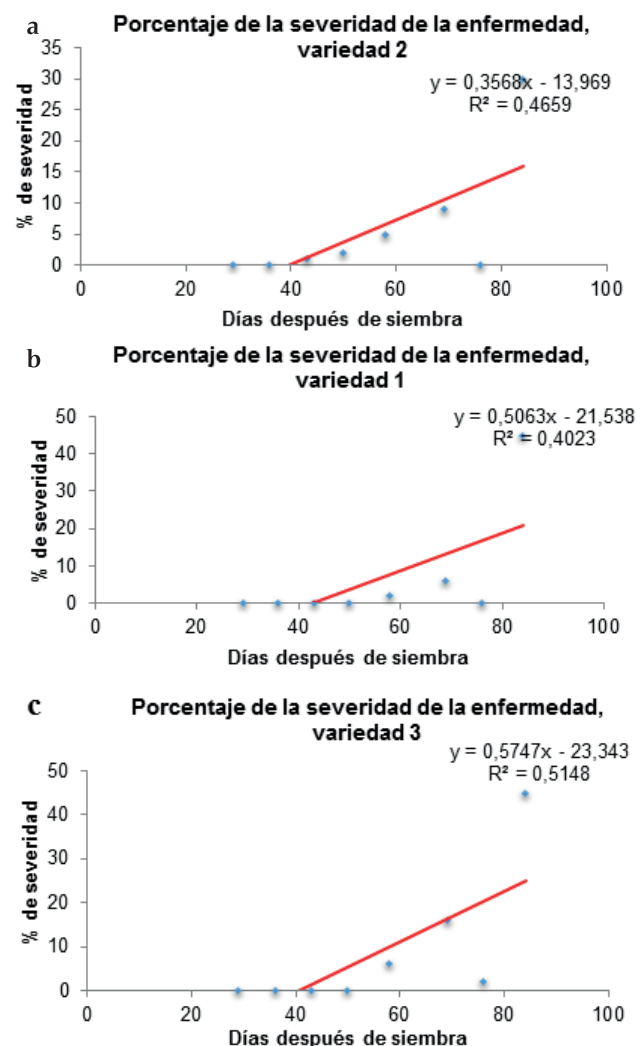
Ilustración 1. Signos y síntomas de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans*. A, B, C) lesiones necróticas. D, E) Micelio en el envés de los folíolos.



Las regresiones simples aplicadas en las tres variedades de papa criolla arrojaron como resultado una correlación del 40,23% para la variedad 1, 46,59% para la variedad 2 y del 51,48% para la Variedad 3, por tanto, la variedad más susceptible a la enfermedad es la Variedad 3, mientras que la Variedad 1 es la más resistente (Figura 2 a, b, c).

El análisis de varianza indicó que no existe una diferencia significativa en la susceptibilidad de las variedades a *P. infestans* (Tabla 6).

**Figura 2.** Regresión lineal simple del porcentaje de severidad de la enfermedad de las variedades evaluadas en el tiempo. a) Variedad 1, b) Variedad 2, c) Variedad 3.



**Tabla 6.** Análisis de varianza del porcentaje de severidad de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans* en las tres variedades evaluadas.

FV	SC	GL	CM	F	Proba- bilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	32,33	2	16,17	0,08	0,92	3,47
Dentro de los grupos	4174,63	21	198,79			
Total	4206,96	23				

De manera simultánea a la enfermedad, se presentaron problemas fitosanitarios asociados a plagas como: babosa, gorgojo, polilla guatemalteca y chiza.

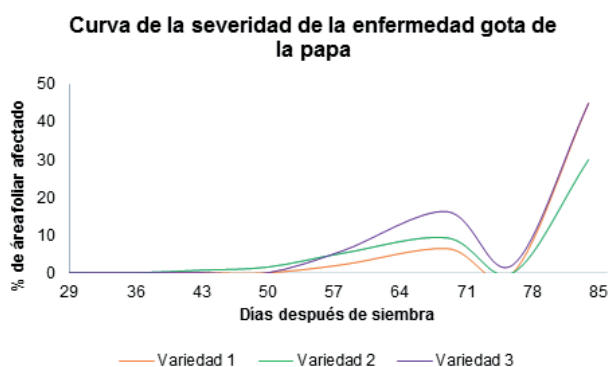
### Área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCPE

El ABCPE fue calculado a partir de los porcentajes estimados del área foliar enferma registrados durante el proceso. A su vez, se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo (ABCPEr) y el cálculo de la escala de

**Tabla 7.** Resultados del área bajo la curva del progreso de la enfermedad - ABCPE, área bajo la curva del progreso de la enfermedad relativo - ABCPEr y escala de susceptibilidad a la enfermedad en las tres variedades evaluadas.

Días después de siembra	29	36	43	50	58	69	76	84	ABCPE	rABCPE	Valor más alto de la escala	Constante	Valores de la escala de susceptibilidad
Variedad 1	0	0	0	0	2	6	0	45	259	0,05			3,25
Variedad 2	0	0	1	2	5	9	0	30	269	0,05			3,38
Variedad 3	0	0	0	0	6	16	2	45	398	0,07	5	69,07223	5,00

**Figura 3.** Curva de la severidad de la enfermedad gota de la papa causada por *P. infestans* en las tres variedades evaluadas en Facatativá, Cundinamarca.



susceptibilidad a la enfermedad (Tabla 7). De acuerdo a los valores de la escala de susceptibilidad la variedad 3 es la más susceptible con respecto a las demás variedades evaluadas. Estos datos coinciden con la curva de la severidad de la enfermedad evaluada en las tres variedades (Figura 3).

En la figura 3 se observa que el área de la lesión aumenta en un 62% en la variedad 3 a los 64 días después de siembra con respecto a la variedad 1 (37% de severidad) y un 56% con respecto a la variedad 2, lo que evidencia los diferentes niveles de resistencia que presentan las variedades evaluadas. Así mismo se observa que la variedad 1 es la que presenta menor área afectada por la enfermedad durante el ciclo de la evaluación. La caída de la curva a los 76 días de medición se debe a la muerte del área foliar y posterior caída del follaje.

## DISCUSIÓN

Se evaluaron tres variedades comerciales de papa criolla en resistencia y susceptibilidad a gota de la papa, así como variables de rendimiento en la localidad de Facatativá, Cundinamarca. Las variedades evaluadas fueron la Variedad 1 (Violeta), Variedad 2 (Sua-Pa) y la Variedad 3 (Colombia); de acuerdo con el ABCPE la variedad más susceptible corresponde a la variedad Colombia con un ABCPE de 398 y un valor en la escala de susceptibilidad de 5. Asimismo, la variedad violeta presentó el valor más bajo de 259 y 3.25 en la escala; según Forbes, Pérez, & Andrade-Piedra (2014)<sup>12</sup> entre más alto sea el ABCPE la variedad posee mayor susceptibilidad a la enfermedad. Por tanto, la variedad más resistente es la variedad violeta.

En cuanto, a las características morfológicas en promedio las variedades germinaron al mes de la siembra; de acuerdo con el manual de papa elaborado por la Cámara de Comercio de Bogotá<sup>14</sup> las semillas germinan al cabo de 15 días en

condiciones de temperatura entre 12-14°C, humedad relativa del 75-80% y a una altura sobre el nivel del mar de 2000-3500m.s.n.m. El retraso en la germinación de las variedades se asocia al desarrollo de yemas y la profundidad de siembra.

Con respecto al rendimiento de las variedades y conforme se observó en el ANOVA y la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ), la Variedad 3 presentó una diferencia significativa tanto en número como peso de los tubérculos. Concorde a (15), la variedad colombia es susceptible a la enfermedad de gota de la papa (*P. infestans*) y posee un rendimiento de tubérculos bajo  $x < 0.60$  (kg/planta); conforme a los datos registrados y la cosecha prematura (84 días después de plantación) se presenta en promedio de peso de 0,237 (kg/planta). Por otro lado, la variedad violeta presenta resistencia a la gota de la papa y un rendimiento de tubérculos alto  $x > 1.00$  (kg/planta) (Universidad Nacional de Colombia, 2017); sin embargo, esta variedad a los 84 días después de la plantación debió presentar 0,70 kg/planta en cambio, en promedio se obtuvo un peso de 0,10 (kg/planta). Para la variedad 2 Sua-pa según el grupo de investigación de papa de la Universidad Nacional de Colombia (15), posee resistencia moderada al tizón tardío y un rendimiento de tubérculos igual a la variedad colombia; teniendo en este caso que poseer un peso estimado de 0,42 kg/planta pero en el estudio se obtuvo 0,196 (kg/planta). El bajo rendimiento es asociado a la fertilización del suelo, puesto que se fertilizó una única vez durante el periodo de evaluación. Aún así, la variedad colombia tuvo mayor rendimiento esto se debe según (16) a que es una especie primitiva que logra adaptarse a las condiciones del medio, absorbiendo los nutrientes requeridos durante su desarrollo.

Respecto a la evaluación del porcentaje de severidad de la enfermedad, el análisis de varianza indicó que no existía una diferencia significativa entre las variedades. En cuanto a el análisis realizado por medio de regresión simple, se observa que la correlación entre los días de siembra y el porcentaje de severidad de la enfermedad es menor en la Variedad 1 con 40,23% y de 51,48% para la Variedad 3; afirmando lo registrado por el grupo de investigación de papa de la universidad nacional.

## CONCLUSIONES

Se realizó la evaluación de la respuesta de tres variedades de papa criolla bajo la infección de *P. infestans*, favorecida por las condiciones de temperatura y humedad. Se determinó que la variedad Violeta posee mayor resistencia, pero menor rendimiento en número y peso de tubérculos para las condiciones evaluadas.

La variedad Colombia tiene mayor rendimiento en

tubérculos, sin embargo, posee un 51,28% de susceptibilidad al ataque de *P. infestans*. Por otro lado, la variedad 2 mostró ser moderadamente susceptible.

El tiempo de emergencia de las plantas en general afectó el ciclo fenológico, aumentando el periodo de llenado de fruto y cosecha. Asimismo, el bajo rendimiento de las variedades se asocia a la fertilización realizada una única vez durante la siembra.

## REFERENCIAS

1. OECD/FAO. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015. París: OECD Publishing. doi: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2015-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-es)
2. Mosquera T. y Cuellar D, editores. La genética de la papa frente a la gota. Bogotá, Colombia: UN; 2013.
3. Tiwari JH. Review Molecular markers for late blight resistance breeding of potato: an update. Plant Breeding 2013, 132:237–245.
4. Fry WG. Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. Annu. Rev. Phytopathol 1992, 30:107–129.
5. Lamour KS. The oomycete broad-host-range pathogen *Phytophthora capsici*. Molecular plant pathology 2012, 13(4):329-337.
6. Gururan M, Venkatesh J, Upadhyaya CP, Nookaraju A, Pandey SK & Park SW. Plant disease resistance genes: current status and future directions. Physiol. Mol. Plant Pathol. 2012, 78:51–65.
7. Gebhardt C & Valkonen JP. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. Annu. Rev. Phytopathol 2001 39:79–102.
8. Kou Y & Wang S. Broad-spectrum and durability: understanding of quantitative disease resistance. Current Opinion in Plant Biology 2010, 13(2):181–185.
9. Gebhardt C. Review Bridging the gap between genome analysis and precision breeding in potato. Trends in Genetics 2013 29(4),248-256.
10. Alcaldía de Facatativá - Cundinamarca. Alcaldía de Facatativá - Cundinamarca. 2017. Disponible en <http://www.facatativa-cundinamarca.gov.co/informacion-general.shtml#geografia>.
11. Gómez R. Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas. Centro Internacional de la Papa (CIP), Germoplasma de Papa, Dpto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos. CIP, Lima, Perú. 2000.
12. Forbes GA, Pérez W & Andrade-Piedra J. Evaluación de la resistencia en genotipos de papa a *Phytophthora infestans* bajo condiciones de campo. Centro Internacional de la papa; 2014. doi:10.4160/9789290604501
13. Piñeros CJ. Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla. Secretaria de agricultura y desarrollo económico-Federación colombiana de de productores de papa; 2009. Disponible en <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/005%20-%20Documentos%20T%C3%A9cnicos/005%20-%20D.T%20-%20Libro%20Papa%20Criolla.pdf>
14. Cámara de Comercio de Bogotá. Manual Papa. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá; 2015.
15. Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Investigación de Papa. 2017 Nov. Disponible en Facultad ciencias agrarias: <http://papaunc.com/catalogo/violeta> y <http://papaunc.com/catalogo/criolla-sua-pa>
16. Arias V, Bustos P & Ñustez CE. Evaluación del rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*) variedad “yema de huevo”, bajo diferentes densidades de siembra en la sabana de Bogotá. Agronomía Colombiana 1996 XIII(2):152-161.
17. Yuen JE & Forbes GA. Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. Phytopathology 2009 Jun 99(6):783-786. doi:10.1094/PHYTO-99-6-0782