

# Evaluación de resistencia de cultivares de soya (*Glycine max* L.) a aislamientos de *Phytophthora sojae* Kaufm. & Gerd. de la altillanura colombiana

✉ Nathali López-Cardona\*, ✉ Marcela López-Casallas

Centro de Investigación La Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Villavicencio, Meta, Colombia

## Resumen

Una de las enfermedades que más afecta el cultivo de la soya es causada por *Phytophthora sojae*, un patógeno del suelo que pudre el tallo y la raíz de las plantas, ocasionando importantes pérdidas económicas para los productores. En la Orinoquia colombiana el patógeno se ha visto favorecido por la interacción de las características de los suelos ácidos y con problemas de drenaje, la introducción de variedades altamente susceptibles, la siembra directa y condiciones ambientales muy favorables para el desarrollo de la enfermedad. Dado que el mejor método de manejo de la enfermedad se logra con el uso de variedades tolerantes o resistentes, se evaluó la reacción a la infección con aislamientos locales de *P. sojae* en 18 cultivares de soya. Las pruebas de patogenicidad en los materiales de soya de la oferta genética de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) evidenciaron la posibilidad de seleccionar fuentes de resistencia en la variedad Corpoica La Libertad 4, la cual demostró resistencia moderada específica frente a la virulencia de los aislamientos inoculados. La Línea Élite 105, desarrollada en el programa de mejoramiento del 2016, la variedad Corpoica Orinoquia 3, Superior 6 y la variedad introducida BRS\_Corisco, fueron altamente susceptibles a *P. sojae*. © 2018. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Palabras clave:** Pudrición radicular; Soya; Virulencia; Resistencia.

## Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars resistance to *Phytophthora sojae* isolates from the Colombian eastern high plains

### Abstract

One of the most limiting diseases of soybean crop is caused by *Phytophthora sojae*, a soil pathogen that causes stem and root rot resulting in important economic losses for producers. In the Colombian Orinoquia, the pathogen has been favored by the intrinsic soil properties such as low pH and drainage impediments, as well as the introduction of highly susceptible varieties, direct sowing and highly favorable environmental conditions for the development of the disease. Eighteen soybean cultivars were evaluated for their reaction to the infection with local *P. sojae* isolates as the disease is managed by using tolerant and/or resistant varieties. Pathogenicity tests on soybean materials from the Colombian Agricultural Research Corporation (Agrosavia) indicated potential sources of resistance in the variety Corpoica La Libertad 4, which showed a moderate specific resistance to the virulence of the inoculated isolates. The Elite Line 105, developed in 2016 by Agrosavia, the varieties Corpoica Orinoquia 3, Superior 6 and the introduced variety BRS\_Corisco, were highly susceptible to *P. sojae*. © 2018. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

**Key words:** Root rot; Soybean; Virulence; Resistance.

## Introducción

Una de las enfermedades más limitantes del cultivo de la soya es causada por *Phytophthora sojae* Kaufm. & Gerd, un patógeno del suelo que pudre el tallo y la raíz de la planta. Entre 1996 y 2009 se la consideró como la segunda enfermedad más limitante de la producción de soya a nivel mundial y causante de pérdidas que fluctuaban entre 4 y 100 %, es decir, cifras anuales por encima del billón de dólares (Tyler, *et al.*, 2007; Sugimoto, *et al.*, 2012; Schneider, *et al.*, 2016). En Colombia se reportó por primera vez en el

Valle del Cauca en 1985 (Granada & Varon de Agudelo, 1986) y posteriormente en los Llanos Orientales, en 1991 (Montoya, 1991). Desde entonces, la interacción entre las características de los suelos ácidos y con problemas de drenaje, la introducción de la variedad de soya Orinoquia 3,

### \*Correspondencia:

Nathali López-Cardona; [nlopezc@corpoica.org.co](mailto:nlopezc@corpoica.org.co)

Recibido: 10 de julio de 2018

Aceptado: 4 de septiembre de 2018

Editor: Jairo Castaño Zapata

altamente susceptible a la enfermedad, la popularización de la siembra directa y la aparición de condiciones ambientales muy favorables, han sido motivo de alarma sobre el impacto económico que la enfermedad puede tener en los cultivos de soya de la Orinoquia colombiana (Tapiero, 2001).

Dada la importancia de la enfermedad y al hecho de que en la agricultura moderna la práctica más eficiente para la reducción de pérdidas en las cosechas ocasionadas por *P. sojae* ha sido la utilización de variedades con genes de resistencia, las investigaciones recientes se han enfocado en identificar ocho alelos de genes *Rps* con la habilidad diferencial para reconocer la virulencia de poco más de las 45 razas del patógeno encontradas hasta ahora en el mundo (Schneider, et al., 2016). La caracterización de la población de *P. sojae* según los ecosistemas es indispensable para identificar los genes de resistencia más apropiados para el mejoramiento genético de la soya.

Las poblaciones de este oomicete están constituidas por numerosas razas fisiológicas o patogénicas, las cuales se clasifican con base en su fórmula de virulencia en un conjunto de variedades de soya diferenciales (Keeling, 1979; Layton & Khun, 1990; Schmitthener, et al., 1994; Wagner & Wilkinson, 1992). Catorce genes *Rps* se han asignado a ocho loci en el genoma de la soya, con una serie alélica en dos de ellos: *Rps1* (1a, 1b, 1c, 1d y 1k), *Rps2*, *Rps3* (3a, 3b y 3c), *Rps4*, *Rps5*, *Rps6*, *Rps7* (Dorrance, et al., 2004) y *Rps8* (Burnham, et al., 2003; Gordon, et al., 2006). Recientemente se describieron dos nuevos genes, uno de los cuales se ha designado provisionalmente como *RpsYu25* (Sun, et al., 2011); el otro se halló en el cultivar japonés Waseshiroge. Los dos son alelos de *Rps1*, o se ubican en un locus estrechamente vinculado con un grupo de genes (Sugimoto, et al., 2012). Entre estos genes *Rps* solo cinco se han utilizado ampliamente en cultivares de soya: *Rps1a*, *Rps1c*, *Rps1k*, *Rps3a* y *Rps6* (Abney, et al., 1997; Dorrance, et al., 2003). Con el fin de estandarizar los diversos aspectos de tales hallazgos y facilitar la notificación de resultados, la comunidad científica ha optado por la caracterización del patógeno en términos de patotipos, o fórmulas de virulencia, en lugar de razas, y se ha adoptado el uso de códigos octales para comparar los resultados (Dorrance, et al., 2003; Nelson, et al., 2008).

En el 2001, Agrosavia logró los primeros avances en la metodología de aislamiento y conservación del patógeno en el Centro de Investigación La Libertad. Posteriormente, se aplicaron las técnicas desarrolladas por el laboratorio de Scot Abney de la Universidad de Purdue (EE.UU.) (Tapiero, 2001). En los estudios de Tapiero (2004) y Tapiero, et al. (2006), se sugiere que los aislamientos colombianos de *P. sojae* se clasifican en cuatro grupos según su virulencia: la fórmula más común de virulencia es 3a 3c 5 6 7, correspondiente a 34 % de los aislamientos, seguida por 2 3c 5 6 7, con el 25 %, por 2 3c 6 7, con el 22 % y por 2 3a 3c 5 6 7 con el 9 %. Los trabajos de Garnica, et al. (2007) confirmaron que la población colombiana de *P. sojae* es muy poco diversa,

no presenta polimorfismos, y registra valores relativamente bajos de frecuencia de heterocigotos, así como en el índice de Shannon, indicadores que establecen la diversidad genética dentro de una población o entre poblaciones.

Actualmente, se desconoce en el país la resistencia a *P. sojae* de las variedades y líneas promisorias de soya que hacen parte de la oferta genética de Agrosavia, por lo cual se desarrolló este trabajo de investigación.

## Materiales y métodos

**Inóculo de *P. sojae*.** Se emplearon dos aislamientos puros, con los códigos 5057301 y 5057302, para determinar la resistencia en los cultivares de soya con edades entre 10 y 15 días en medio agar V8. Los aislamientos se obtuvieron de la colección de oomicetes recolectados en el 2016 en el municipio de Puerto López, vereda Carubare, en la Estación Experimental Taluma en el Meta. Las cepas pertenecen a zonas representativas de la producción de soya de la altillanura del Meta, en la que previamente se habían hecho muestreos y estudios que demuestran la ausencia de diversidad genética en la población colombiana de *P. sojae* (Garnica, et al., 2007). En la selección de las cepas fue determinante la alta virulencia en las variedades Orinoquia 3 y Williams, consideradas como altamente susceptibles al patógeno.

Las cepas se identificaron por secuenciación de productos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con el uso de los cebadores universales ITS4/ITS5 de la región ITS del ADN nuclear ribosómico (White, et al., 1990). Se hizo el análisis y la edición de las secuencias de la región ITS empleando el programa Geneious 8.1 (Geneious biologics). Las secuencias de consenso generadas a partir del ensamblaje de las reacciones 5' y 3' secuenciadas se analizaron con la herramienta BLAST® en la base de datos del *National Center for Biotechnology Information*. Los aislamientos reportados mostraron una homología de 97 y 99 % con *P. sojae*.

**Fórmulas de virulencia.** La inoculación de los aislamientos 5057301 y 5057302 se hizo con la metodología de palillos colonizados desarrollada por Keeling (1982) y modificada por Yorinori (1996). Se inocularon los aislamientos 5057301 y 5057302 en 14 líneas diferenciales de soya: Unión (*Rps1a*), Haro 13 (*Rps1b*), L 75 – 3735 (*Rps1c*), Haro 16 (*Rps1d*), Williams 82 (*Rps1k*), L 76 – 1988 (*Rps2*), PI – 171442 (*Rps3a*), L 91 – 8347 (*Rps3b*), L 92 – 7857 (*Rps3c*), L 85 – 3059 (*Rps5*), Altona (*Rps6*), Harosoy (*Rps7*), Williams (*Rps*), y Sloan (*Rps*). La caracterización se hizo en términos de fórmula de virulencia en lugar de razas, empleando códigos octales para que los resultados fueran comparables y con el fin de estandarizar y facilitar la notificación de resultados (Dorrance, et al., 2003; Nelson, et al., 2008). Bajo las condiciones del Centro de Investigación La Libertad (altitud de 336 msnm, 04° 03' latitud norte y 73° 29' longitud oeste, temperatura máxima promedio de 30,9 °C, temperatura mínima promedio de 22,01 °C, y humedad relativa promedio de 81,45 %), y utilizando casa de malla,

se sembraron 12 semillas de las 14 variedades diferenciales en macetas que contenían suelo encalado con corrección de pH extraído del mismo centro de investigación. Estas se inocularon con dos aislamientos de *P. sojae* (cepas 5057301 y 5057302) a los 10 a 12 días de edad, y ya inoculadas se mantuvieron en condiciones de cámara húmeda durante 48 horas y se evaluaron diariamente hasta la aparición de síntomas. La clasificación de las reacciones a cada tratamiento se basó en la metodología descrita por **Yorinori** (1996) y **Embrapa** (2016). Las plantas se inocularon tres a cuatro veces para confirmar el resultado.

**Cultivares de soya.** Se evaluaron 18 líneas de soya: tres de la nueva oferta genética del programa de mejoramiento de Agrosavia desarrolladas entre el 2012 y el 2017, las líneas 105, 224 y 233. Seis variedades desarrolladas por Embrapa introducidas de Brasil para adaptarlas a las condiciones de la altillanura y el piedemonte del Meta: los cultivares BRS\_Gralha, BRS\_252, BRS\_Serena, BRS\_Corisco, BRS 314 y BRS\_Barreiras. Nueve variedades liberadas de Agrosavia: Obando, Orinoquia 3, Superior 6, Sabana 7, Taluma 5, Libertad 4, Achagua 8, Guayuriba 9 e Iraca 10, las cuales conforman actualmente la oferta genética de soya de Agrosavia, y la Panorama 29 como testigo comercial. Se sembraron 15 semillas de todos los materiales de soya en macetas que contenían aproximadamente 2 kg de suelo, suficientes para obtener 10 a 15 plantas, en promedio, para la inoculación. De 11 a 15 días después de la siembra, las plántulas se inocularon mediante el método de palillos colonizados a 1 cm por debajo del cotiledón, aproximadamente. Después de la inoculación las plantas se mantuvieron en cámara húmeda durante 48 horas y se evaluaron diariamente hasta la aparición de síntomas. Las plantas se inocularon entre 3 y 4 veces para confirmar el resultado.

**Calificación de los materiales.** Las lecturas de las reacciones se hicieron diariamente hasta la aparición de síntomas siguiendo los criterios de clasificación de **Yorinori** (1996) y **Embrapa** (2016): resistente (R) si había entre 0 y 25 % de plantas muertas; moderadamente resistente (MR), entre 26 y 50 % de plantas muertas, y susceptible (S), más de 50 % de plantas muertas.

**Análisis estadístico.** Se empleó un diseño completamente al azar con dos aislamientos de *P. sojae*, 18 materiales de soya evaluados (cada uno con 8 a 12 unidades experimentales) y tres repeticiones. Los datos se analizaron con el programa estadístico JMP® SAS, versión 13.1.0.

## Resultados y discusión

**Determinación de las fórmulas de virulencia.** Además de los testigos susceptibles Williams y Sloan (genes *Rps*), todos los aislamientos infectaron por lo menos a ocho variedades diferenciales de soya. Ningún aislamiento logró infectar la totalidad de variedades ni la portadora de los genes 1a, 1b, 1c, 1d, 1k y 3b. Las variedades con los alelos *Rps* 2, 3a, 3c, 5, 6 y 7, fueron sensibles a los dos aislamientos de *P. sojae*, los cuales correspondían a la fórmula de virulencia 2 3a 3c 5 6 7 (Tabla 1).

Según **Tapiero** (2004), la patogenicidad de una colección de 40 aislamientos colombianos de *P. sojae* obtenidos de las zonas más representativas del cultivo (Valle del Cauca y Llanos Orientales), caracterizada mediante inserción en el hipocótilo en 14 variedades diferenciales, indicó que los aislamientos del Valle presentaban dos fórmulas de virulencia: una patogénica frente a *Rps* 2 3c 5 6 7 y otra que, además, lo era a *Rps* 1b 3a 3b. En los Llanos, los aislamientos provenientes de Villavicencio se diferencian de los de Granada porque, además de ser patogénicos frente a *Rps* 2 3c 6 7, también lo son frente a *Rps* 3a. Los dos aislamientos evaluados fueron patogénicos en variedades diferenciales que contenían el gen 3a y constituían buenos representantes de la población de *P. sojae* en los Llanos Orientales. El conocimiento sobre la composición de la virulencia de *P. sojae* es fundamental para determinar el programa de manejo apropiado de la resistencia genética a este oomycete. Por lo menos seis variedades diferenciales, además de los testigos, fueron sensibles al ataque del patógeno, lo que indica que la capacidad de virulencia de *P. sojae* en la altillanura del Meta superpone individualmente la resistencia combinada de por lo menos seis genes de resistencia específicos para este patógeno, los cuales deben tenerse en cuenta en el programa de mejoramiento genético de soya en Agrosavia.

**Tabla 1.** Fórmula de virulencia asignada a los aislamientos inoculados de *Phytophthora sojae* en variedades diferenciales de soya con presencia de genes *Rps*

Diferencial	<i>Rps</i>	Calificación de aislamientos <sup>1</sup>	
		Cepa 5057301	Cepa 5057302
Unión	1a	MR	MR
Haro 13	1b	MR	MR
L 75 – 3735	1c	MR	MR
Haro 16	1d	MR	MR
Williams 82	1k	MR	MR
L 76 – 1988	2	S	S
Pi – 171442	3a	S	S
L 91 – 8347	3b	MR	MR
L 92 – 7857	3c	S	S
L 85 – 3059	5	S	S
Altona	6	S	S
Harosoy	7	S	S
Williams	<i>Rps</i>	S	S
Sloan	<i>Rps</i>	S	S
Fórmula de virulencia		2 3a 3c 5 6 7	2 3a 3c 5 6 7

<sup>1</sup> Los materiales se calificaron como: resistentes (R), con 0 a 25 % de plantas muertas; moderadamente resistentes (MR), con 26 a 50% de plantas muertas, y susceptibles (S), con más de 50 % de plantas muertas.

Generalmente, cuando una enfermedad introducida en una región o país, se encuentra una raza predominante. Por ejemplo, en Estado Unidos y en Canadá prevaleció la fórmula *Rps7* (raza 1) hasta la década de 1990 (Anderson & Buzzell, 1992; Lavolette & Athow, 1981; Schmitthenner, et al., 1994). Tanto en Argentina como en Brasil, los primeros aislamientos de *P. sojae* encontrados en esa misma década pertenecieron exclusivamente a la fórmula *Rps 7* (Barreto, et al., 1995; Costamilan & Bonato, 1996). Sin embargo, hay evidencia de que aparecieron nuevos patotipos a medida que la enfermedad adquirió importancia en el cultivo y se fueron liberando variedades resistentes con genes *Rps*. Es así como en la zafra 2013-2014 en el sudeste bonaerense de Argentina, se determinaron 12 patotipos distintos en 18 aislamientos, ninguno de los cuales correspondió a la raza 1 (Grijalba, et al., 2015).

En Heilongjiang, China, con la caracterización fisiológica de *P. sojae*, se identificaron ocho fórmulas de virulencia, incluidas las 1, 3, 4, 5, 9, 13, 44 y 54. De la fórmula *Rps 7* (antes raza 1) se identificaron 56 aislamientos que representaban el 60 % de la población del patógeno. La fórmula *Rps 1a*, *Rps 7* (raza 3) abarcó 14 aislamientos correspondientes al 7 % de la población del patógeno. Las fórmulas 4, 5, 44 y 54 se identificaron por primera vez en Heilongjiang, cada una representada por dos o tres aislamientos solamente (Zhang, et al., 2010). En cuanto a la reacción diferencial a las ocho fórmulas encontradas de los 62 materiales sembrados comúnmente en la provincia, 44 cultivares fueron resistentes (<30 % de mortalidad) a por lo menos una raza (Zhang, et al., 2010), lo que demostró la resistencia parcial de los cultivares. Por otra parte, en Uruguay el 57 % de los aislamientos de *P. sojae* pertenecían a un único patotipo (fórmula 1b, 3a, 3b, 5) (Sans, et al., 2017). El conocimiento de los patotipos de *P. sojae* predominantes en las regiones productoras de soya resulta fundamental en los programas de mejoramiento para la selección según la resistencia, así como para determinar su compatibilidad con las variedades comerciales.

**Evaluación de cultivares de soya por su reacción a *Phytophthora sojae*.** En la Tabla 2 se presentan los resultados de significación de la prueba F para las variables de plantas muertas (%) y de líneas de soya evaluadas. Se observaron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) entre los diferentes materiales de soya, la mayoría de los cuales fueron sensibles a *P. sojae*, con valores por encima del 50 % de plantas muertas después de la inoculación. Solamente la variedad Corpoica La Libertad 4 fue moderadamente resistente a los dos aislamientos de *P. sojae* evaluados con las fórmulas de virulencia 2 3a 3c 5 6 7 (Figura 1, Tabla 3).

Estos resultados coinciden con lo reportado por Tapiero (2004), quien encontró que la variedad Corpoica La Libertad 4 era resistente al patógeno cuando se la inoculaba con aislamientos de las fórmulas de virulencia 2 3c 6 7, 3a 3c 5 6 7 y 2 3c 5 6 7. El autor menciona, asimismo, que la variedad Taluma 5 fue resistente a los aislamientos con las fórmulas 2 3c 6 7 y 3a 3c 5 6 7.

Según Tapiero (2004), la prueba de patogenia con las variedades de soya colombianas evidenció las posibilidades de selección de fuentes de resistencia en la variedad Corpoica La Libertad 4. Las variedades Corpoica Iraca 10 (% de plantas muertas: 61,36) y Corpoica Taluma 5 (% de plantas muertas: 60,22), aunque se comportaron como susceptibles, presentaron valores relativamente bajos de plantas muertas (Tabla 2), razón por la cual deberían ser inoculadas nuevamente con el fin de confirmar su verdadera reacción a *P. sojae*. Cabe resaltar la reacción de los materiales Corpoica Orinoquia 3, la Línea\_105, Corpoica Superior 6 y BRS\_Corisco, los cuales resultaron altamente sensibles

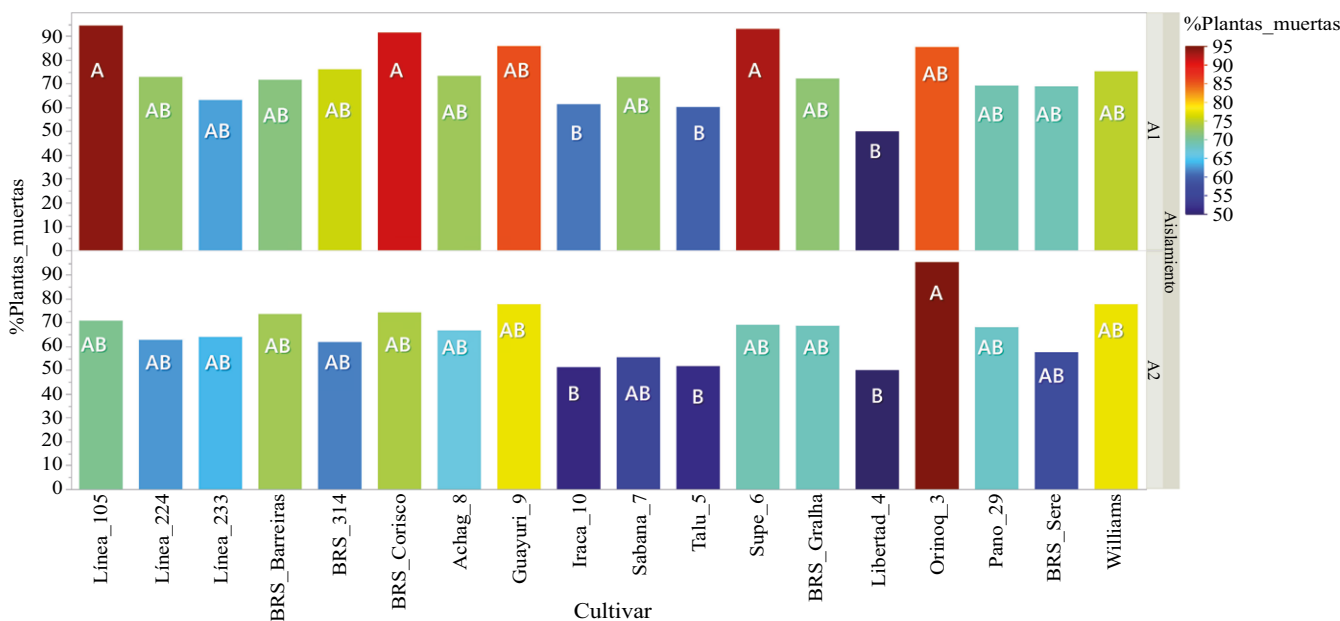
**Tabla 2.** Cuadros medios del análisis de varianza y comparación de las medias del porcentaje de plantas muertas por cultivar de soya evaluado

Fuente de variación	G.L.	Cuadros medios	
		A1	A2
Línea	17	435,321*	388,252*
Error	36	171,153	173,619
R2		0,54	0,51

\*: nivel de significación de 0,05. R2: coeficiente de determinación. G.L.: Grados de libertad

Tratamiento	Comparación de medias Plantas muertas (%)			
	A1		A2	
Línea_105	94,44	A	70,83	AB
Corpoica Superior 6	93,05	A	69,09	AB
BRS_Corisco	91,54	A	74,26	AB
Corpoica Guayuriba 9	85,83	AB	77,77	AB
Corpoica Orinoquia 3	85,41	AB	95,37	A
BRS_314	76,11	AB	61,80	AB
Williams	75,25	AB	77,77	AB
Corpoica Achagua 8	73,33	AB	66,66	AB
Línea_224	72,87	AB	62,75	AB
Corpoica Sabana 7	72,85	AB	55,41	AB
BRS_Gralha	72,22	AB	68,68	AB
BRS_Barreiras	71,66	AB	73,61	AB
Panorama 29	69,20	AB	68,05	AB
BRS_Serena	68,93	AB	57,57	AB
Línea_233	63,14	AB	64,01	AB
Corpoica Iraca 10	61,36	B	51,28	B
Corpoica Taluma 5	60,22	B	51,66	B
Corpoica Libertad 4	50,00	B	50,00	B

<sup>1</sup> Las medias con la misma letra en sentido vertical fueron estadísticamente iguales ( $p < 0,05$ , Tukey). Los materiales se calificaron como resistentes (R) con 0 a 25 % de plantas muertas, como moderadamente resistentes (MR) con 26 a 50 % de plantas muertas y como susceptibles (S) con más de 50 % de plantas muertas.



**Figura 1.** Porcentaje de plantas muertas por aislamiento de *P. sojae* inoculado y cultivares de soja evaluados. Las letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$  en el test de Tukey).

**Tabla 3.** Reacción de patogenicidad de los aislamientos de *Phytophthora sojae* del departamento del Meta en los cultivares de soja evaluados

Cultivar	Promedio_PM (%)		Calificación <sup>1</sup>
	A1	A2	
Línea_105	94,44	70,83	S
Corpoica Superior 6	93,06	69,09	S
BRS_Corisco	91,54	74,27	S
Corpoica Guayuriba 9	85,83	77,78	S
Corpoica Orinoquia 3	85,42	95,37	S
BRS_314	76,11	61,81	S
Línea_224	75,97	62,75	S
Corpoica Achagua 8	73,33	66,67	S
Corpoica Sabana 7	72,86	55,42	S
BRS_Gralha	72,22	68,69	S
BRS_Barreiras	71,67	73,61	S
Williams	71,21	72,92	S
Panorama 29	69,21	68,06	S
BRS_Serena	68,94	57,58	S
Línea_233	65,56	64,02	S
Corpoica Iraca 10	61,36	51,28	S
Corpoica Taluma 5	60,23	51,67	S
Corpoica Libertad 4	50,00	50,00	MR

<sup>1</sup> S: susceptible. MR: moderadamente resistente. PM: plantas muertas. Los materiales se calificaron como resistentes (R) con 0 a 25 % de plantas muertas, como moderadamente resistentes (MR) con 26 a 50 % de plantas muertas y como sensibles (S) con más de 50 % de plantas muertas.

al patógeno con valores promedio de plantas muertas más altos: 95,37 94,44, 93,05 y 91,54 %, respectivamente, cuando fueron inoculados con los aislamientos de *P. sojae* con la fórmula de virulencia 2 3a 3c 5 6 7. En el caso de la Línea\_105 y de BRS\_Corisco, no se recomienda su liberación como posible oferta genética de Agrosavia debido a su gran sensibilidad al patógeno. Se recomienda no sembrar las variedades Orinoquia 3 y Corpoica Superior 6 en suelos compactados y con problemas de drenaje, ya que dichas condiciones aumentan la predisposición a la presencia de la enfermedad.

**Conclusiones**

Las pruebas de patogenicidad en los cultivares de soja que conforman la oferta genética de Agrosavia evidenciaron las posibilidades de selección de fuentes de resistencia en el germoplasma de soja, en especial con la variedad Corpoica La Libertad 4, la cual demostró resistencia moderada específica frente a la virulencia de los aislamientos utilizados.

La Línea\_105, desarrollada en el esquema de mejoramiento del 2016, y las variedades Corpoica Orinoquia 3, Superior 6 y BRS\_Corisco fueron muy susceptibles a *P. sojae*. En el caso de la Línea\_105 y de BRS\_Corisco, no se recomienda su liberación como nueva oferta genética debido a su gran sensibilidad al patógeno.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) por la financiación de este trabajo de investigación. Al Dr. Anibal Tapiero de Agrosavia por suministrarnos una copia de las 14 líneas diferenciales de soja y por toda la información compartida. Al Dr.

Samuel Caicedo de Agrosavia por facilitarnos la semilla de los cultivares de soya evaluados. A Andrea Mayorga y Luis Lizarazo de Agrosavia por el apoyo en laboratorio y mantenimiento de las plantas en casa de malla.

### Contribución de los autores

Nathali López-Cardona y Marcela López-Casallas contribuyeron a la concepción, realización y desarrollo de la idea de investigación, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, la redacción y la revisión de la versión final.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que puedan influir en el proceso de publicación, y que el apoyo financiero recibido para la investigación ha sido reconocido.

### Referencias

- Abney, T. S., Melgar, J. C., Richards, T. L., Scott, D. H., Grogan, J., Young, J. (1997). New races of *Phytophthora sojae* with *Rps1-d* virulence. *Plant Disease*. **81**: 653-655.
- Anderson, T. R., Buzzell, R. I. (1992). Diversity and frequency of races of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean fields in Essex County, Ontario, 1990- 1989. *Plant Disease*. **76**: 587-589
- Barreto, D., Stegman de Gurfinkel, B., Fortugno, C. (1995). Races of *Phytophthora sojae* in Argentina and reaction of soybean cultivars. *Plant Disease*. **79**: 599-600.
- Burnham, K. D., Dorrance, A. E., Francis, D. M., Fioritto, R. J., St. Martin, S. K. (2003). *Rps8*, a new locus in soybean for resistance to *Phytophthora sojae*. *Crop Science*. **43**: 101-105.
- Costamilan, L. M., Bonato, E. R. (1996). Identificação de raça de *Phytophthora sojae* e avaliação da resistência de cultivares de soja à podridão da raiz e da haste. *Fitopatologia Brasileira*. **21** (Supl.): 353.
- Dorrance, A. E., Jia, H., Abney, T. S. (2004). Evaluation of soybean differentials for their interaction with *Phytophthora sojae*. *Plant Health Progress Online*. Fecha de consulta: julio de 2018. Disponible en: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2004/psojae>
- Dorrance, A. E., McClure, S. A., De Silva, A. (2003). Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* in Ohio soybean fields. *Plant Disease*. **87**: 139-146.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA. (2016). Moreira, S. R. & Arrabal, C.A. Seleção de linhagens de soja da Embrapa para resistência a doenças: histórico de 2008 a 2014. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 376. p. 42.
- Garnica, D.P. (2007). Microsatélites en *Phytophthora* spp.: exploración *in silico*-evaluación *in vivo*. Tesis de maestría para optar al título de Magister en Microbiología. Universidad de los Andes. p. 87.
- Gordon, S. G., St. Martin, S. K., Dorrance, A. E. (2006). *Rps 8* maps to a resistance gene rich region on soybean molecular linkage group F. *Crop Science*. **46**: 168-173.
- Granada, G.A. & Varón de Agudelo, F. 1986. Pudrición por *Phytophthora* en soya. *Revista ASIAV A*. Cali No. **19**: 17- 18.
- Grijalba, P., Ridao, A. del C., Steciow, M., Gimenez Zapiola, M. (2015). Razas de *Phytophthora sojae* obtenidas de suelos de la Región Sudeste de la provincia de Buenos Aires. En Libro de resúmenes de XV Jornada Fitosanitarias Argentinas (76). Esperanza, Santa Fe: Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral.
- Keeling, B. L. (1979). *Phytophthora* root and stem rot: Isolation, testing procedures, and seven new physiologic races. In: Proc. World soybeans Res. Conf., II. F.T. Corbin, editors. Westview Press, Boulder, CO. p. 367-370.
- Keeling, B. L. (1982). A Seedling Test for Resistance to Soybean Stem Canker Caused by *Diaporthe phaseolorum* var. *caulivora*. *Phytopathology*. **72**: 807-809.
- Lavolette, F. A., Athow, K. L. (1981). Physiologic races of *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in Indiana, 1973-1979. *Plant Disease*. **65**: 884-885
- Layton, A. C., Kuhn, D. N. (1990). *In planta* formation of heterokaryons of *Phytophthora megasperma* f.sp. *glycinea*. *Phytopathology*. **80**: 602-606.
- Montoya, C. (1991). Pudrición del tallo y raíz de la soya por *Phytophthora* en los Llanos Orientales. ASCOLFI informa, Cali, Colombia, p. 35-38.
- Nelson, B. D., Mallik, I., McEwen, D., Christianson, T. (2008). Pathotypes, distribution, and metalaxyl sensitivity of *Phytophthora sojae* from North Dakota. *Plant Disease*. **92**: 1062-1066.
- Sans, A., Rodríguez, M., Silva, P., Stewart, S. (2017). Primer reporte de *Phytophthora sojae* y sus patotipos afectando soja en Uruguay. *Agrociencia Uruguay*. **21** (1): 89-94. Fecha de consulta: julio de 2018. Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n1/2301-1548-agro-21-01-00089.pdf>
- Schmitthenner, A. F., Hobe, M., Bhat, R. G. (1994). *Phytophthora sojae* races in Ohio over a 10-year interval. *Plant Disease*. **78**: 269-276.
- Schneider, R., Rolling, W., Song, Q., Cregan, P., Dorrance, A. E., McHale, L. K. (2016). Genome-wide association mapping of partial resistance to *Phytophthora sojae* in soybean plant introductions from the Republic of Korea. *BMC Genomics*. **17** (1): 607. Doi: /10.1186/s12864-016-2918-5
- Sugimoto, T., Kato, M., Yoshida, S., Matsumoto, I., Kobayashi, T., Kaga, A., Ishimoto, M. (2012). Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* and breeding strategies to develop *Phytophthora*-resistant soybeans. *Breeding Science*. **61** (5): 511-522. Doi: /10.1270/jsbbs.61.511
- Sun, S., Wu, X. L., Zhao, J. M., Wang, Y. C., Tang, Q. H., Yu, D. Y., Gai, J. Y., Xing, H. (2011). Characterization and mapping of *RpsYu25*, a novel resistance gene to *Phytophthora sojae*. *Plant Breeding*. **130**: 139-143.
- Tapiero A. (2001). Desarrollo y adaptación de un plan para el manejo de la pudrición de la raíz y el tallo causada por *Phytophthora sojae* en cultivos de soya en los Llanos Orientales. Informe técnico final convenio Corpoica – Coagro. p. 19.
- Tapiero A. (2004). Generación de tecnologías para el manejo integrado de plagas y enfermedades en el sistema de producción de soya. Informe final convenio de inversión MADR - 040 de 2004. p. 16.
- Tapiero, A., Garnica, D., Gordillo, A., Bernal, A., Restrepo, S. (2006). Molecular and pathogenic variability in colombian isolates of *Phytophthora sojae*. APS-CPS-MSA Joint Meeting. Poster.

- Tyler, B. M.** (2007). *Phytophthora sojae*: Root rot pathogen of soybean and model oomycete. *Molecular Plant Pathology*, **8**: 1-8. Doi: 10.1111/j.1364-3703.2006.00373
- Wagner, R. E., Wilkinson, H. T.** (1992). A new physiological race of *Phytophthora sojae* on soybean. *Plant Disease*. **76**: 212.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J.** (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J., White, T. J. PCR protocols - a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, Calif. p. 315-322.
- Yorinori, T.** (1996). Reação ao cancro da haste (*Phomopsis phaseoli* var. *meridionalis*/*Diaporthe phaseolorum* var. *meridionalis*). Tropical Melhoramento e Genética -TMG, Cambé, PR. 4.
- Zhang, S. Z., Xu, P. F., Wu, J. J., Xue, A. G., Zhang, J. X., Li, W. B., Chen, C., Chen, W. Y., Lv, H. Y.** (2010). Races of *Phytophthora sojae* and their virulences on soybean cultivars in Heilongjiang, China. *Plant Disease*. **94**: 87-91.