

# CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS LOCALES DE SOJA FRENTE A *Phytophthora sojae* POR DIFERENTES METODOLOGÍAS

Pucheta, J.<sup>1\*</sup>; Palmucci, H.<sup>1</sup>; Grijalba, P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

\*E-mail: jpucheta@agro.uba.ar

## INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max*) es una planta herbácea de la familia Fabaceae, originaria de China y de gran valor económico debido a su alto contenido de proteínas y aceite (Passarella & Savin, 2015). En Argentina, su cultivo ha experimentado un crecimiento significativo desde la década de 1960, impulsado por avances tecnológicos y cambios en las prácticas agrícolas (Candenazzi, 2009). El aumento de la producción de soja ha contribuido significativamente a la economía argentina, generando empleo y representando una parte importante de las exportaciones del país (Rodríguez Zurro y Terré, 2022). Sin embargo, este crecimiento también ha estado acompañado de un aumento en las enfermedades que afectan al cultivo (Ivancovich y Botta, 2003).

Las enfermedades de la soja pueden clasificarse en bióticas (causadas por organismos vivos) y abióticas (no infecciosas). Los patógenos bióticos incluyen bacterias, hongos, nematodos y virus, que pueden causar pérdidas significativas en los rendimientos (Hartman et al., 2015). *Phytophthora sojae* es uno de los principales patógenos que afectan a la soja, causando damping off (muerte de plántulas) y podredumbre de la raíz y el tallo (Stewart & Rodríguez, 2016). A lo largo de las décadas, ha sido responsable de significativas reducciones en la producción de soja, con pérdidas que pueden variar del 4% al 100% dependiendo de la susceptibilidad de los genotipos cultivados (Sugimoto et al., 2012). Este oomicete puede infectar las plantas en cualquier etapa de crecimiento, causando síntomas como raíces podridas, marchitez y muerte de las plantas (**Figura 1**). El ciclo de vida de *Phytophthora sojae* incluye la formación de oosporas en raíces y tallos infectados, que pueden sobrevivir en el suelo durante varios años. Las zoosporas liberadas bajo condiciones favorables nadan en el suelo e infectan las raíces de las plantas cercanas, propagando la enfermedad (Hartman et al., 2015; Grijalba, 2021).

El manejo de la enfermedad se ha centrado en medidas genéticas, agronómicas, culturales, físicas y químicas, siendo en la actualidad la resistencia genética mediante genes *Rps* el método más efectivo (Hartman et al., 2015). Se han identificado 40 genes *Rps* que pueden conferir

resistencia o susceptibilidad al patógeno, sin embargo, la posibilidad de quebrar esta resistencia mediante patotipos más agresivos (McCoy et al., 2023) y/o que en el suelo pueda hallarse hasta cuatro patotipos cercanos (Stewart y Robertson, 2012) hacen que sea muy importante contar con genotipos de soja con resistencia parcial o tolerantes. En Argentina, la presencia de la enfermedad fue detectada por primera vez en 1979 y desde entonces se ha extendido a varias provincias del país (Grijalba, 2021).



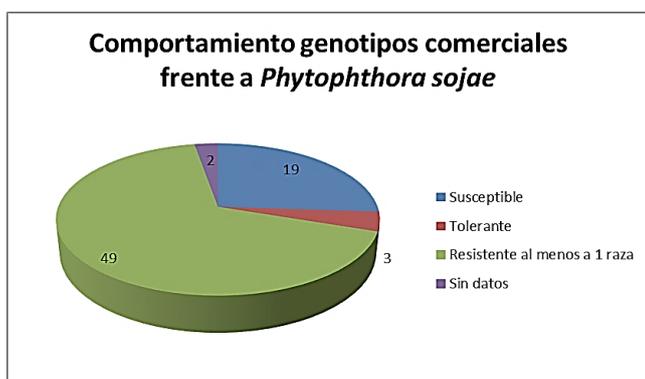
**Figura 1.** Lesión pardo-oscura producido por *P. sojae* en soja (Pucheta, 2023)

Se ha observado un aumento en la complejidad y diversidad de patotipos a lo largo del tiempo, con más de 200 patotipos identificados hasta la fecha (McCoy et al., 2023). La falta de disponibilidad de cultivares tolerantes en el mercado argentino resalta la necesidad de investigaciones adicionales para comprender mejor la resistencia y desarrollar estrategias de manejo más eficientes (**Figura 2**). El objetivo de este trabajo es determinar la técnica más eficiente para detectar resistencia parcial a *P. sojae* en genotipos de soja, con la esperanza de proporcionar información útil para los programas de mejoramiento genético de semilleros tanto públicos como privados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención y caracterización de aislamientos de *Phytophthora sojae*

Se realizaron recorridas en la región pampeana y campos experimentales de la Facultad de Agronomía (UBA) para recolectar aislamientos de *Phytophthora sojae* en colaboración con técnicos y productores. Se utilizaron dos métodos para obtener los aislamientos: a partir de tejidos infectados y del suelo, utilizando la técnica de cultivo trampa (“Baiting Technique”) (Dorrance, Jia y Abney, 2004). Se realizaron las pruebas de patotipificación mediante la metodología estandarizada de “inoculación en el hipocótilo”, con el uso de líneas diferenciales que contienen genes de resistencia (*Rps*) y variedades susceptibles como testigos (*rps-rps*) (McCoy et al., 2023; López-Cardona et al., 2021). Los ensayos se duplicaron y se seleccionaron tres aislamientos representativos para continuar el trabajo de comparación de metodologías.



**Figura 2.** Relevamiento del comportamiento de los genotipos comerciales de soja en Argentina frente a *Phytophthora sojae* (Pucheta, 2023)

### Puesta a punto de metodología de sistemas hidropónicos

Se desarrollaron tres métodos para la producción de zoosporas de *P. sojae*: utilizando a) la técnica descrita por Lebreton, Labbé y De Ronne (2018), b) la técnica de Schmitthenner y Bhat (1994) y c) una combinación de ambos. En a), fragmentos de micelio se cultivaron en placas de Petri conteniendo jugo AV8, seguido de un proceso de lavado con agua estéril y agitación para producir las zoosporas. En b) también se cultivaron fragmentos de micelio en jugo AV8, pero el proceso de lavado es con una solución salina de Chen-Zentmeyer sin agitación. Por último, en c) se combinaron ambos métodos. Las zoosporas obtenidas se utilizaron en el sistema hidropónico.

Para ajustar este sistema, se utilizaron variedades comerciales y experimentales de soja provistas por la

empresa Don Mario, junto a controles susceptible y tolerante. Los ensayos se realizaron por duplicado y las variables medidas incluyeron longitud, ancho y biomasa de raíz, así como altura y biomasa aérea. Los resultados fueron analizados estadísticamente para comparar los genotipos de soja en términos de tolerancia a *P. sojae*.

### Puesta a punto de metodología de arroz infestado

Se realizaron ensayos para determinar la cantidad de inóculo equiparable a la metodología estandarizada de capa. Para preparar el inóculo de arroz, se autoclavaron lotes 50 gramos de arroz con 36 ml de agua destilada y luego se inoculó el mismo con discos de micelio de los aislamientos a testear (Stewart y Robertson, 2012). Se evaluaron las dosis de 0, 5, 10, 15 y 20 gramos en macetas con variedades susceptibles y tolerantes de soja. Se realizaron ensayos por duplicado por separado para cada variedad. Además, se incorporó un sexto tratamiento como control, inoculando mediante capa de agar. Además, se probó la eficacia de diferentes combinaciones de sustratos (Tabla 1). Se evaluó la longitud de las raíces de las plantas y se realizó un análisis estadístico para comparar los tratamientos.

**Tabla 1:** Tratamientos conformados para ensayo de prueba de sustrato:

Método de inoculación	Sustrato utilizado
Capa de agar	Sustrato comercial + perlita + vermiculita
Capa de agar	Sustrato comercial + vermiculita
Arroz infestado	Sustrato comercial + perlita + vermiculita
Arroz infestado	Sustrato comercial + vermiculita

El análisis se realizó mediante el software estadístico Infostat, con una comparación de medias post-hoc utilizando DGC ( $\alpha=0,05$ ) (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002).

### Comparación de metodologías

Se compararon las tres metodologías para la producción de inóculo de *P. sojae*: el método estándar de capa de agar, el método de arroz infestado y el método de sistemas hidropónicos. Para el método de arroz, se autoclavaron dos veces los lotes de arroz con agua destilada y se inoculó con micelio de los aislamientos DM, FAUBA L8 y San Antonio de Areco. La dosis que se utilizó fue de 10 gramos por maceta rellenas con sustrato comercial y vermiculita en proporción 2:1. Para el método de hidroponía, se germinaron las semillas de soja en bandejas, luego se la trasladaron a vasos perforados con

perlita y a su vez, puestas en bandejas multiperforadas, que contenían la solución nutritiva. La inoculación fue con zoosporas producidas según el tercer método. Se utilizaron tres líneas de diferenciales de soja: Haro 12 (*Rps1a*), Conrad (tolerante) y Williams (*rps-rps*) con dos repeticiones por tratamiento. Se evaluaron las raíces y se realizó un análisis estadístico para comparar los tratamientos mediante el programa Infostat.

### Testeo de variedades comerciales

En este ensayo se utilizaron semillas de líneas comerciales de soja provistas por los semilleros de Nidera y NK semillas que contenían genes de resistencia incorporados y/o presentaban tolerancia al patógeno. Como testigo susceptible, se utilizó la variedad Williams (Zhang et al., 2020). Para comprobar si presentaban resistencia cualitativa a los aislamientos seleccionados, se les realizó la prueba de “inoculación por hipocótilo” (López-Cardona et al., 2021) considerándolas susceptibles (30% o menos de plantas vivas), intermedias (31-69% plantas vivas) o resistentes (70% o más de plantas vivas) (Anderson y Buzzel, 1992).

### Invernáculo

En este ensayo, se empleó el protocolo de arroz infestado con los aislamientos DM, FAUBA L8 y San Antonio de Areco para evaluar la tolerancia de las variedades comerciales de soja y del control susceptible. Las macetas se llenaron con sustrato comercial y vermiculita, sobre el cual se agregaron 15 gramos de arroz colonizado con *P. sojae* (5 gramos de cada aislamiento). Después de agregar más sustrato, se sembraron 10 semillas de soja para cada línea. Al alcanzar el estado cotiledonar (VC) (Mueller et al., 2016), se inundaron las macetas durante 24 horas para inducir la formación de zoosporangios. A los 21 días de la inundación, se evaluaron las plantas emergidas y se analizaron sus raíces utilizando el software WinRhizo (Mueller et al., 2016). El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres repeticiones con la comparación de medias realizada mediante DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002).

### A campo

Se llevó a cabo un ensayo a campo en paralelo al experimento de invernadero, utilizando un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones por genotipo. Se utilizaron las mismas variedades comerciales de soja y el control que para el ensayo en invernáculo. Cuando las plántulas alcanzaron el estado VC (Mueller et al., 2016), las parcelas fueron inundadas y se mantuvo el riego controlado durante el resto del ciclo. Las variables

evaluadas fueron la emergencia a los 14 días de la siembra, altura en V4 y rendimiento en R7. Todos los datos fueron analizados con Infostat y comparación de medias con DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002).

### Escala de Schmitthenner

En el último experimento utilizando la metodología de arroz infestado ajustada, con cuatro repeticiones para cada genotipo de soja (dos genotipos experimentales de la empresa Don Mario fueron excluidos). Se optó por utilizar la escala propuesta por Schmitthenner para la evaluación de tolerancia, que ofrece una graduación más detallada de los síntomas en las raíces y toma en cuenta la emergencia (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Escala propuesta por Schmitthenner para la evaluación de tolerancia a *P. sojae* en soja

Número escala Schmitthenner	Corresponde a
1	Sin pudrición de raíz
2	Rastros de podredumbre de la raíz
3	Tercio inferior de las raíces podridas
4	Los 2/3 inferiores de la masa de raíces se pudrieron
5	Todas las raíces podridas, 10% de las plántulas muertas, ligero retraso en el crecimiento de la parte superior de las plantas
6	50 % de las plántulas muertas, moderado retraso en el crecimiento de la parte superior
7	75% plántulas muertas y severo retraso en el crecimiento de la parte superior
8	90% de las plántulas muertas
9	Todas las plántulas muertas
10	Todas las plántulas mueren antes de la emergencia

A los 21 días desde la inundación de las macetas, se evaluó el ensayo, lavando cuidadosamente las raíces para clasificarlas. El diseño experimental fue un DCA y el análisis fue mediante Infostat (Di Rienzo et al., 2020), con comparación de medias *post-hoc* DCG (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves, 2002).

## RESULTADOS

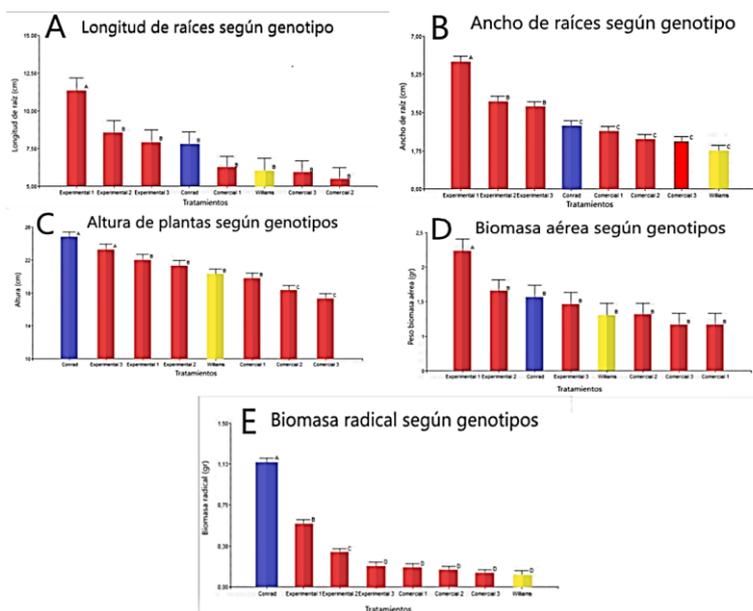
### Obtención y caracterización de aislamientos de *Phytophthora sojae*

**Tabla 3.** Patotipos determinados de los aislamientos obtenidos de *Phytophthora sojae*.

Aislamientos	Patotipos
FAUBA 4B	1a-1c-7
FAUBA 4C	1a-1c-7
FAUBA L8	7
Luján*	1a-1b-1c-1d-1k-7
San Antonio de Areco	1a-1b-1c-1d-1k-7
Pergamino	1a-1c-7
DM	1a-1b-1c-1d-1k-2-7
Chacabuco	1a-1c-1k-2-7
Lucrecia	1a-1c-1d-1k-7

\*Este aislamiento presentó un comportamiento resistente para PI103091 al momento de evaluar el *Rps 1d*, pero solo para esta isolínea, siendo susceptible para las isolíneas Haro-16 y L77-1794.

### Puesta a punto de metodología de sistemas hidropónicos

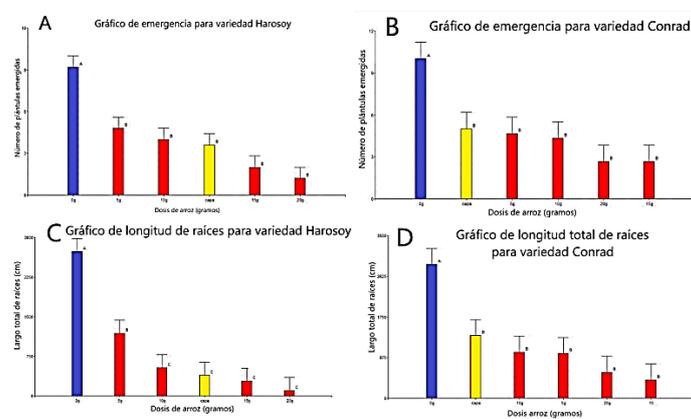


**Figura 3.** Resultados análisis estadístico para A) longitud de raíces B) Ancho de raíces C) Altura de plántulas D) Biomasa aérea y E) Biomasa radical según genotipos de soja inoculados en sistema hidropónico. En azul variedad tolerante (Conrad) en amarillo variedad susceptible (Williams). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

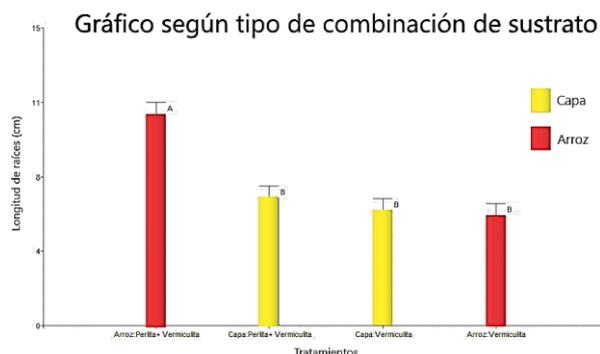


**Figura 4.** Detalle de las raíces y plántulas de soja obtenidas en la puesta a punto de sistemas hidropónicos.

### Puesta a punto de metodología de arroz infestado



**Figura 5.** Gráficos de variedad susceptible de soja A) emergencia C) longitud total de raíces, variedad tolerante B) emergencia D) longitud total de raíces. En azul dosis 0 (sin inocular) en amarillo control capa (método estandarizado). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.



**Figura 6.** Largo de raíces de genotipo de soja inoculados mediante capa de agar (controles) y arroz con distinta combinación de sustratos. En rojo combinaciones que incluyen arroz infestado, en amarillo control capa (método estandarizado). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

## Comparación de metodologías

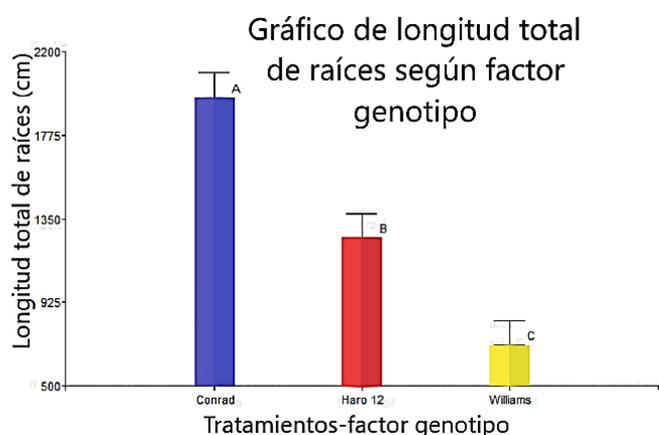
**Tabla 4.** ANOVA para variable largo total de raíces de plántulas de soja en diseño factorial con interacciones.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Largo total (cm)	18	0,79	0,60	29,14

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4870285,98	8	608785,75	4,19	0,0234
Genotipo	4774699,60	2	2387349,80	16,43	0,0010
Metodología	76517,21	2	38258,60	0,26	0,7743
Genotipo*Metodología	19069,16	4	4767,29	0,03	0,9975
Error	1307949,60	9	145327,73		
Total	6178235,57	17			



**Figura 7.** Largo total de raíces para genotipos de soja tolerantes (Conrad), con un gen *Rps* incorporado (Haro 12) y susceptibles (Williams). En rojo combinación que incluyen arroz infestado, en amarillo control susceptible (Williams), en azul control tolerante (Conrad). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

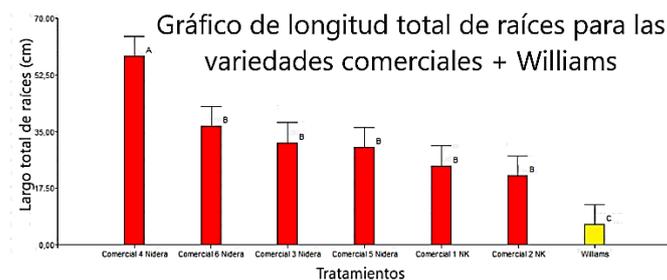
## Testeo de variedades comerciales de soja

**Tabla 5.** Determinación del comportamiento de los genotipos comerciales de soja y el testigo para los aislamientos de *Phytophthora sojae* seleccionados.

Genotipo	*S.A.A.	FAUBA L8	DM
Comercial 1 Nk	R	R	S
Comercial 2 Nk	S	R	S
Comercial 3 Nidera	S	R	S
Comercial 4 Nidera	S	R	S
Comercial 5 Nidera	S	R	S
Comercial 6 Nidera	S	R	S
Williams	S	S	S

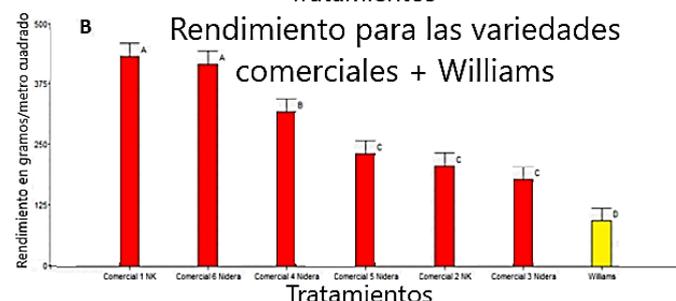
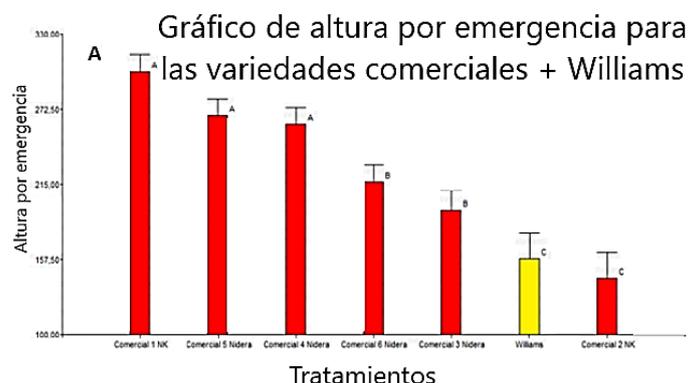
\*SAA: San Antonio de Areco; S: Susceptible; R: Resistente

## En invernáculo



**Figura 8.** Longitud total de raíces para variedades comerciales de soja y testigo susceptible (Williams en amarillo). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

## A campo



**Figura 9. A)** Emergencia por altura para genotipos comerciales de soja y testigo susceptible (Williams en amarillo) y **B)** Rendimientos alcanzados para variedades comerciales de soja y testigo susceptible (Williams en amarillo). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

## Escala de Schmitthenner



**Figura 10.** Evaluación según escala de Schmitthenner para variedades comerciales de soja y testigos: Conrad (tolerante) y

Williams (susceptible). Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de los ensayos realizados revelaron hallazgos significativos en varios aspectos. En primer lugar, la caracterización de los aislamientos obtenidos, demostró una gran variedad de patotipos presentes en parte norte de la región pampeana. En la puesta a punto del ensayo en sistemas hidropónicos, se obtuvo un nuevo método para producir zoosporas, que combina dos anteriormente desarrollados. Además, dentro de las variedades experimentales y comerciales de soja utilizadas en estos ensayos, la experimental 1, de la empresa Don Mario, para las variables longitud, ancho y biomasa aérea, se destacó respecto a la variable tolerante.

Por otro lado, con la metodología del arroz infestado por *P. sojae*, donde se evaluó la emergencia de plántulas de soja y la longitud total de raíces, no hubo diferencias significativas para las dosis de 10, 15 y 20 gramos de arroz y el testigo de capa, pero sí respecto a la de 5 gramos de la variedad susceptible. Por esto último la dosis de 10 gramos es la más conveniente para trabajar en este tipo de ensayos. En cuanto al sustrato, la combinación de sustrato comercial + perlita + vermiculita, se diferencia significativamente de las otras combinaciones de sustratos, no recomendando la misma para trabajar en futuros ensayos.

En la comparación de metodologías de inoculación de *P. sojae*, se observó que no hubo diferencias significativas entre la metodología de arroz infestado y la de sistemas hidropónicos con la estandarizada del uso de la capa de agar. Tampoco hay interacción entre los genotipos de soja y la metodología de inoculación utilizada.

En los ensayos en invernáculo, se destacó una línea comercial, presentado una diferencia significativa en cuanto a longitud total de raíces, frente a los otros genotipos de soja, como a la testigo susceptible. Para el ensayo a campo, las variedades comerciales de soja exhibieron diferencias significativas en términos de altura por emergencia y rendimiento, en comparación con los testigos susceptibles. Estos ensayos preliminares sugieren el potencial que tienen las mismas para su uso en condiciones de campo. Si bien se identificaron diferencias en la expresión de la tolerancia entre condiciones controladas y de campo<sup>21</sup>, lo que resaltó la importancia de considerar las condiciones ambientales específicas al momento de interpretar los resultados. Se concluyó que los genotipos de soja exhiben diferentes niveles de tolerancia a la enfermedad, influenciados por

factores genéticos y ambientales (Marvel, Beyrouthy & Gbur, 1992).

El testeo de genotipos de soja, comerciales y experimentales, utilizando la metodología de arroz infestado, evaluadas mediante la escala de Schmitthenner, proporcionaron resultados adicionales sobre la tolerancia de las variedades. Además, el uso de este tipo de escalas, son comparables a la utilización de software para medir las raíces, siendo preferibles las primeras por su facilidad y eficacia, cuando se trabaja con numerosas líneas en un programa de mejoramiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Passarella, V., & Savin, R. 2015. Características físico-químicas de los granos y usos principales. En E. Satorre, R. Benech Arnold, G. Slafer, E. de la Fuente, D. Miralles, M. Otegui, & R. Savin (Eds.), *Producción de Granos - Bases Funcionales para su Manejo* (pp. 11-21). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Candenazzi, G. 2009. La historia de la soja en Argentina. De los inicios al boom de los 90. In Ponencia presentada en el XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología, VIII Jornadas de Sociología de la Universidad de Buenos Aires, Asociación Latinoamericana de Sociología, Buenos Aires, Argentina (Vol. 31, pp. 000-062).
- Rodríguez Zurro, T. y Terré, E. 2022. Informativo semanal mercados AÑO XXXIX - N° Edición 2045 - Especial campaña de Soja 2021/22. Recuperado de [https://cdi.mecon.gob.ar/bases/doc/bcr/info\\_sem/2045.pdf](https://cdi.mecon.gob.ar/bases/doc/bcr/info_sem/2045.pdf)
- Ivancovich A., Botta G. 2003. Enfermedades de la soja. En jornada técnica: manejo integrado de enfermedades en cultivos extensivos. Sociedad Rural Argentina. Buenos Aires: 11-14.
- Hartman G.L., Rupe J.C., Sikora E.J., Domier L.L., Davis J.A., Steffey K.L. 2015. Compendium of Soybean Diseases and Pests. 5th ed. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA.
- Stewart, S., & Rodríguez, M. 2016. Manual de Identificación de Enfermedades de la Soja. INIA. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Boletín de Divulgación, (104), 22.
- Sugimoto T., Kato M., Yoshida S., Matsumoto I., Kobayashi, T., et al. 2012. Pathogenic diversity of *Phytophthora sojae* and breeding strategies to develop *Phytophthora*-resistance soybeans. *Breeding Science*. 61(5): 511-522. doi: 10.1270/jsbbs.61.511
- Grijalba P.E. 2021. Soja: Oomycetes de suelo en Argentina. Capítulo 1: La podredumbre de la raíz y

- base del tallo de la soja causada por *Phytophthora sojae*. Pp. 1-56
- McCoy, A. G., Belanger, R. R., Bradley, C. A., Cerritos-García, D. G., Garnica, V. C., et al. 2023. A global-temporal analysis on *Phytophthora sojae* resistance-gene efficacy. *Nature communications*, 14(1), 6043.
- Dorrance A.E., Jia H., Abney T.S. 2004. Evaluation of soybean differentials for their interaction with *Phytophthora sojae*. *Plant Health Prog.*
- López-Cardona, N., López-Casallas, M., Guevara-Castro, A., Argüelles-Cárdenas, J. H., & Moreno, I. 2021. Comparación de métodos de inoculación para selección de germoplasma de soja resistente a *Phytophthora sojae* (Kaufm. & Gerd.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 599-599.
- Lebreton A., Labbé C., De Ronne M. 2018. Development of a simple Hydroponic Assay to Study Vertical and Horizontal Resistance of Soybean and Pathotypes of *Phytophthora sojae*. *Plant Disease* 102: 114-123.
- Schimmettenner A.F., Bhat R.G. 1994. Useful methods for studying *Phytophthora* in laboratory. *OARDC Special Circular* 143: 1-10.
- Stewart, S., Robertson A.E. 2012. A modified method to screen for partial resistance to *Phytophthora sojae* in soybean. *Crop Science* 52(3): 1181-1186.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Di Rienzo J.A., Guzmán A.W., Casanoves F. 2002. A multiple comparison method based on the distribution of the root node distance of a binary tree obtained by average linkage of the matrix of euclidean distances between treatment means. *J Agric Biol Environ Stat.* 7(2): 129-142. DOI: 10.1198/10857110260141193.
- Zhang C., Qi, M., Zhang, X., Wang, Q., Yu, Y., Zhang, Y., and Kong, Z. 2020. Rhizobial infection triggers systemics transport of endogenous RNAs between shoots and roots in soybean. *Sci. China Life* 63: 1213-1226.
- Anderson T. R. y Buzzel, R. I. 1992. Inheritance and linkage of the Rps7 gene for resistance to *Phytophthora* rot of soybean. *Plant Disease*. 76 (9):958-959.
- Mueller, D., Wise, K., Sisson, A., Smith, D., Sikora, E., Bradley, C., & Robertson, A. (Eds.). 2016. *A farmer's guide to soybean diseases*. The American Phytopathological Society.
- Marvel, J. N., Beyrouthy, C. A., & Gbur, E. E. 1992. Response of soybean growth to root and canopy competition. *Crop Science*, 32(3), 797-801.
- Walker, A.K. and Schimmettenner, A.F. 1984. Comparison of field and greenhouse evaluations for tolerance to *Phytophthora* rot in soybean. *Crop Science* 24:487-489.