



## Soja: genotipo, ambiente y patógenos fúngicos.

Lago, ME.<sup>1</sup>; Bacigaluppo, S.<sup>1</sup>; Enrico, JM.<sup>1</sup>; Badaracco, P.<sup>2</sup>; Perello Fasiano, E.<sup>2</sup>; Estancich, E.<sup>3</sup>; Falappa, E.<sup>4</sup>; Pioli, R.<sup>2</sup>.

INTA-EEA Oliveros<sup>(1)</sup>; BioVyM-FRE, IICAR, FCA-UNR<sup>(2)</sup>; Becaria Conicet-INTA<sup>(3)</sup>; Estudiante FCA-UN<sup>(4)</sup>

### Palabras clave: variedades de soja; patógenos fúngicos

En la región sojera núcleo, y en particular en el sur de Santa Fe, se produjo en el lapso de pocas campañas, el recambio de variedades semitardías (grupos de madurez V, VI y VII) por semiprecoces (III y IV), con distinto hábito de crecimiento. Para alcanzar mayores rendimientos por ambiente con este cambio tecnológico, fue esencial el ajuste regional realizado en la elección de fechas y densidades de siembra, distancia entre hileras, entre otras tecnologías de procesos (Baigorri, 2002; Enrico *et al.*, 2013). A pesar de tratarse de una región relativamente homogénea en cuanto a tipo y aptitud de suelo, Bacigaluppo *et al.* (2020) determinaron una amplia diversidad de ambientes productivos evaluados a lo largo de 20 años, en la Red de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja del Sur de Santa Fe de INTA Oliveros (RED). Así, se registraron más de 2000 kg/ha de diferencia en el rendimiento medio entre los ambientes de alta y baja productividad, debido a que el ambiente productivo está definido por la interacción de un conjunto de variables de suelo, clima y manejo que brindan situaciones diversas, aunque se trate de lotes cercanos (Bacigaluppo *et al.*, 2011). Del mismo modo, estas variables condicionan la ocurrencia de enfermedades ya que, como se conoce, la manifestación epidémica de las mismas depende del encuentro de un patógeno virulento, con un cultivo susceptible, en un ambiente favorable.

A nivel regional, las variables meteorológicas de

cada ciclo productivo determinan un mayor o menor riesgo ambiental para el desarrollo de epifitias, condicionando a su vez el tipo de enfermedades con mayor probabilidad de provocar daños y pérdidas en cada campaña. Sin embargo, en una misma campaña, el tipo de suelo, la cercanía a la napa freática, la secuencia de cultivos elegida y el manejo agronómico a nivel de lote, pueden limitar o promover la expresión de unas u otras enfermedades, en los distintos ambientes productivos de una región. Bajo esta premisa, a partir de 2014/15 comenzó a evaluarse el comportamiento de genotipos frente a enfermedades en distintos sitios de la RED, con ambientes productivos contrastantes. Estas evaluaciones permitieron detectar similitudes y diferencias en cuanto al desarrollo fúngico en los distintos sitios, para un mismo ciclo agrícola.

Por otra parte, se observó que, para una misma enfermedad, algunos cultivares presentan un comportamiento diferencial entre localidades, lo que sugiere la existencia de variabilidad genética de los patógenos entre distintos ambientes productivos de la región. Estas diferencias fueron particularmente evidentes en el ciclo agrícola 2017/18, marcado por una pronunciada sequía en el sur de Santa Fe (Figura 1), donde se observó una alta prevalencia de enfermedades de tallo y raíz. La deficiencia hídrica expuso las diferencias locales en cuanto al aporte por lluvias, profundidad de napa y manejo, determinando importantes diferencias en el desarrollo de los cultivos y de las enfermedades en algunos de los distintos sitios evaluados en la RED.

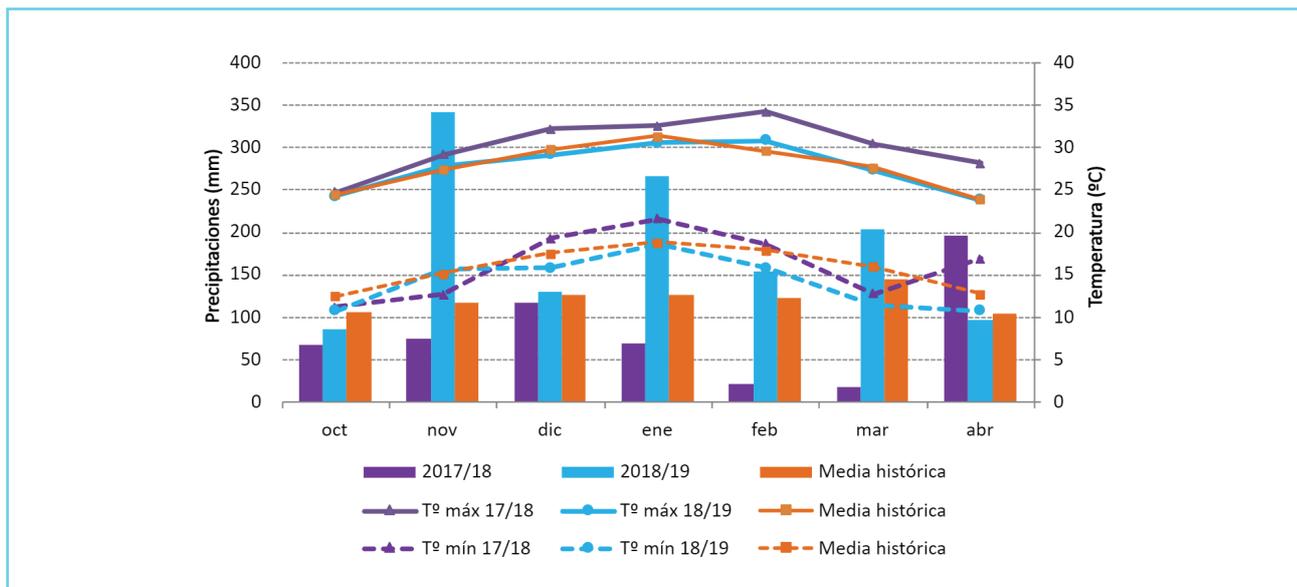


Figura 1: Precipitaciones y temperaturas máximas y mínimas registradas en las campañas 2017/18 y 18/19 en Oliveros, respecto a las medias históricas. Elaborado en base a datos de la Estación Meteorológica EEA INTA Oliveros.



En Venado Tuerto, con presencia de napa cercana, se observó un muy buen desarrollo del cultivo, con importante presencia de podredumbre húmeda del tallo (*Sclerotinia sclerotiorum*), síndrome de muerte repentina (SMS) por *Fusarium* spp. y cancro del tallo. En este último caso se observaron síntomas compatibles con las dos variedades de *Diaporthe phaseolorum* mencionadas por CABI (2021) y Peruzzo *et al.* (2019). En Totoras, Roldán y Oliveros, los ensayos se ubicaron en lotes sin presencia de napa pero con buen manejo agronómico. Allí, el estado de los cultivos fue bueno, a pesar del bajo aporte por lluvias. En estas localidades no se observó podredumbre húmeda por *S. sclerotiorum*, hubo menor prevalencia de cancro del tallo y escasa a nula presencia de SMS. En Barrancas, donde entre octubre y marzo se registraron 394 mm por debajo de la media histórica (1984-2016), fue el sitio más afectado por la sequía. Allí, se observó cancro del tallo, con baja prevalencia e incidencia (Tabla 1). En coincidencia con el ambiente imperante a nivel regional, se registró la presencia generalizada de podredumbre carbonosa (*Macrophoma phaseolina* / *Sclerotium bataticola*), enfermedad asociada con condiciones de estrés hídrico. La misma afectó todos los sitios y cultivares, aunque con mayor incidencia y severidad en los sitios donde la sequía fue más intensa.

Frente a esta situación, el INTA Oliveros y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, decidieron aunar esfuerzos para estudiar las relaciones entre genotipo, ambiente y patógenos fúngicos, lo que se plasmó a través de un proyecto PICT\* (PICT-2018-03761) sobre variabilidad y biodiversidad de patógenos fúngicos, aplicados a la búsqueda de resistencia a enfermedades del cultivo de soja, que se conduce desde 2017/18 hasta la fecha.

En una primera instancia, se realizó una prospección de síntomas de cancro del tallo en 6 sitios de la Red de cultivares de soja del INTA Oliveros (Oliveros, Barrancas, Totoras, San Jerónimo Sur, Peyrano y Venado Tuerto). Se estimó la incidencia de síntomas (%I= % de plantas sintomáticas/total de plantas evaluadas) en 30 genotipos/sitio, asignando grados de 1 a 4 según el %I registrado ( $\leq 5$  a  $\geq 50$ %). La enfermedad se observó en el 100% de los sitios y cultivares evaluados, con variabilidad en los índices de infección según sitio y cultivar. Los índices más altos se registraron en Venado Tuerto, Totoras y Oliveros. Por otra parte, la morfología de síntomas observados, sugirió la presencia de las dos variedades de *Diaporthe phaseolorum* productoras de cancro del tallo (Lago *et al.*, 2018). Además, se observaron canchros que presentaron características diferentes de las habitualmente mencionadas para estas variantes del patógeno.

\* PICT. Proyectos de investigación científica y tecnológica de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación.



A partir de allí, para avanzar en los estudios sobre variabilidad de patógenos, se seleccionaron 4 cultivares de los grupos III (1), IV (2) y V (1), con buen comportamiento agronómico y amplia difusión en el mercado (cultivares A, B, C, D). En las campañas siguientes, estos materiales se sembraron ex profeso dentro de la RED, en cada uno de los sitios participantes. Para la selección de los genotipos se consideró, además, que los mismos posean com-

portamiento diferencial frente a patógenos fúngicos productores de enfermedades vasculares.

Las plantas, con diferente morfología de síntomas de cancrisis, se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde se realizó el aislamiento fúngico. En la tabla 1 se indican los sitios incluidos en los estudios de laboratorio en las distintas campañas.



Tabla 1: Sitios de la RED INTA de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja del Sur de Santa Fe, participantes en los ensayos de laboratorio en las diferentes campañas.

Campaña	Sitios evaluados
2017/18	*1Barrancas, *2Oliveros, *3Peyrano, *4Roldán, *5Totoras, *6Venado Tuerto
2018/19	*2Oliveros, *5Totoras, *6Venado Tuerto

\*Unidad INTA responsable de sitio: <sup>1</sup>AER Gálvez, <sup>2</sup>EEA Oliveros, <sup>3</sup>AER Pago de los Arroyos, <sup>4</sup>AER Roldán, <sup>5</sup>AER Totoras, <sup>6</sup>AER Venado Tuerto.

Desde plantas provenientes de la campaña 2017/18 se aislaron distintas especies pertenecientes al complejo *Diaporthe/Phomopsis* (D/P), además de otros hongos como *Sclerotium bataticola* (*Syn. Macrophomina phaseolina*) y *Nigrospora spp.* Entre las especies pertenecientes al complejo D/P, se hallaron *Diaporthe phaseolorum var. caulivora* (Dpc), *Phomopsis longicolla*; *P. phaseoli var. sojae* y *P. phaseoli var.*

*meridionalis* (Dpm). Dpc fue aislado en los cuatro cultivares evaluados en Venado Tuerto, en tres en Totoras y Oliveros, y en un cultivar de San Jerónimo Sur. La Incidencia relativa (IR) de Dpc en cada sitio se estimó como el N° de colonias de Dpc / N° total de colonias observadas x 100. En la tabla 2 se presentan los resultados de IR de Dpc por sitio.



Tabla 2: Incidencia relativa de Dpc en 6 Sitios de la RED INTA de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja del Sur de Santa Fe.

	Oliveros	Totoras	San Jerónimo Sur	Peyrano	Venado Tuerto	Barrancas
%IR*	10-24	21-39	0-17	0	42-83	0

\* % Rango de incidencia relativa de colonias de Dpm sobre total de colonias, en 4 cultivares.

Fuente: elaborado en base a datos de Lago, M.E.; Blum, R.; Enrico, J.; Bacigaluppo, S.; Malmantile, A.; Pioli, R. 2019



El análisis de la micota total (MT), mediante aislamiento desde plantas sintomáticas, no mostró diferencias significativas entre localidades ni entre cultivares. Sin embargo, el sitio Gálvez (Barrancas) presentó el mayor promedio de I% (55%), mientras que el valor mínimo se registró en Oliveros (31,94%). Entre los cultivares, los promedios variaron entre 46,15 y 35,85% en el cultivar B y D, respectivamente (Badaracco *et al.*, 2020). Por otra parte, se observó interacción localidad x cultivar (figura 2)

y entre sitio y patógeno aislado (figura 3). *Phomopsis* predominó en Gálvez (90,9%), Totoras (76,2%) y Oliveros (56,5%); y *Fusarium* en V. Tuerto. Entre la MT aislada, varios patógenos son relevantes por el daño actual y su potencial transmisión a semillas, entre ellos *Phomopsis* (65,7%), *Fusarium* (38,8%); *Colletotrichum* (31,7%) y *Diaporthe* (30%). Entre la MT aislada, también se encontraron hongos biocontroladores, como *Trichoderma* spp. (Badaracco *et al.*, 2020).

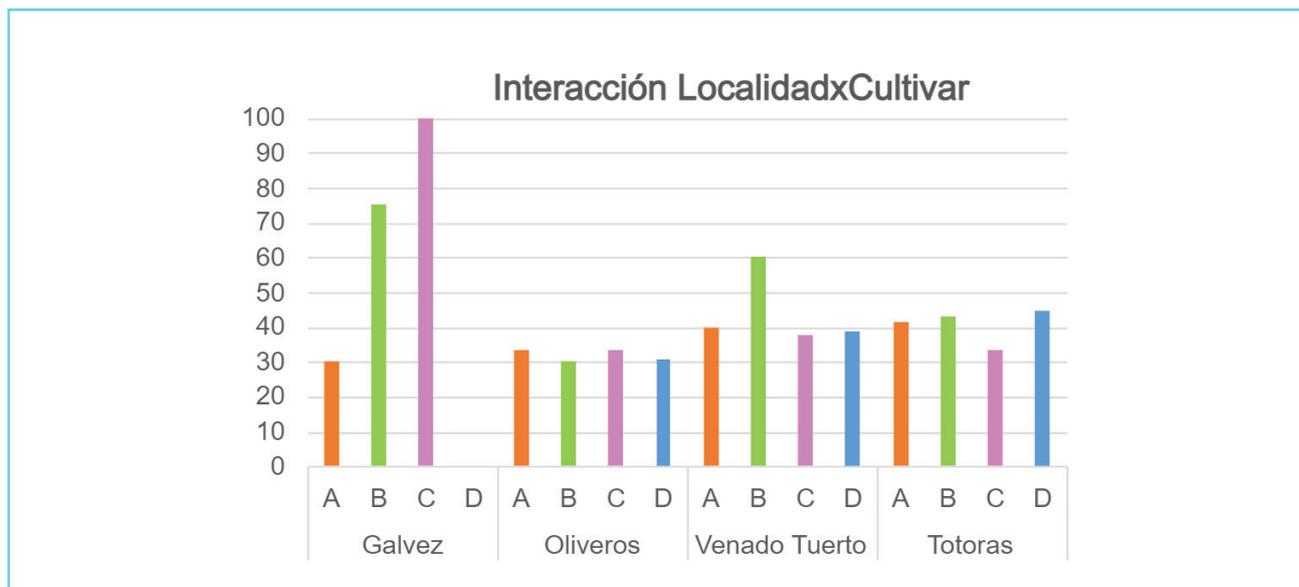


Figura 2: Incidencia de micota total (%) en 4 sitios y 4 cultivares (A,B,C,D) de la Red de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja del Sur de Santa Fe de INTA Oliveros. Fuente: Badaracco *et al.*, 2020.

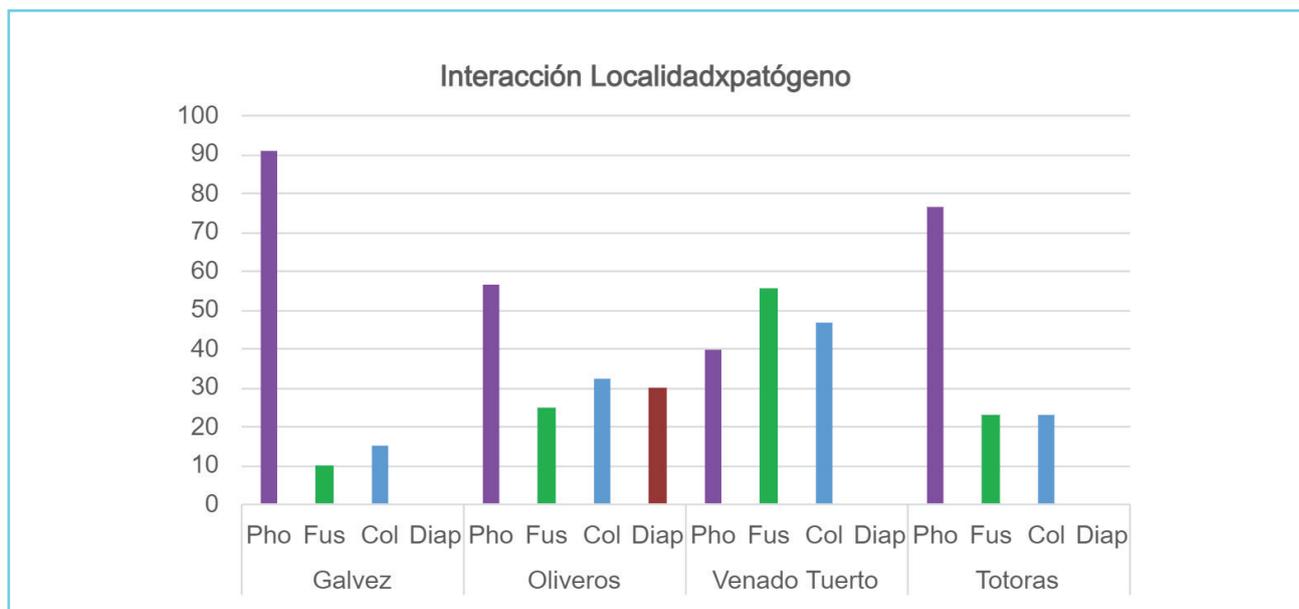


Figura 3: Incidencia (%) de géneros fúngicos de importancia agronómica, en 4 sitios de la Red de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja del Sur de Santa Fe de INTA Oliveros. Campaña 2017/18. Fuente: Badaracco *et al.*, 2020.

Referencias: Pho: *Phomopsis* spp.-Fus: *Fusarium* spp.-Col: *Colletotrichum* spp.-Diap: *Diaporthe* spp.





El inicio de la campaña 2018/19 fue complejo ya que, a la caída de lluvias intensas, se sumaron las bajas temperaturas y la elevada carga fúngica en semilla y rastrojo, proveniente de la campaña anterior. Esto favoreció la infección temprana de plántulas, obligando a la resiembra de muchos lotes de primera época de siembra. A excepción de un breve período de estrés en febrero, durante el verano las lluvias superaron las medias históricas (figura 1), favoreciendo el desarrollo de los cultivos en los 6 sitios de la RED evaluados. A diferencia del año anterior, la enfermedad prevalente hacia fin de llenado del grano fue el SMS, que se observó en todos los sitios. La incidencia de cancro del tallo fue inferior a la campaña previa, pero aún importante en Venado Tuerto, donde también se observó una alta incidencia de antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y podredumbre húmeda del tallo, favorecida esta última por la cercanía de napa y la distancia entre surcos (38 cm), que determinaron el vuelco de los cultivos y un ambiente de alta humedad, predisponente para esta enfermedad. Sólo se observaron manchones de Podredumbre carbonosa en Oliveros, donde las lluvias de febrero fueron particularmente escasas.

En esta campaña, los aislamientos se realizaron desde tallos sintomáticos de Oliveros, Totoras y Venado Tuerto. El análisis conjunto de la MT aislada en estas dos campañas contrastantes, mostró diferencias significativas entre ciclos agrícolas, entre sitios y entre cultivares, interacción entre localidad x cultivar y cultivar x género fúngico aislado. Los géneros fúngicos de relevancia agronómica con mayor 1% promedio fueron: *Phomopsis* (59%), *Sclerotium* (50%), *Diaporthe* (47,5%), *Fusarium* (39,6%) y *Colletotrichum* (32,6%). La mayor 1% de patógenos se observó en 2017/18 (campaña seca) en Oliveros y Venado Tuerto. En esa campaña el género más aislado fue *Sclerotium* (65,6%), mientras que *Phomopsis* mostró una importante presencia en ambos ciclos. Respecto a los géneros más aislados por sitio, se observó que en Totoras predominó *Phomopsis* (73,9%), y en Oliveros y Venado Tuerto se destacaron *Sclerotium* (65%) y *Diaporthe* (64,6%) (Badaracco, 2021, en prensa).

Las observaciones realizadas en campo y la diversidad fúngica asociada a los tallos sintomáticos, mostraron la importancia del ambiente a nivel regional y sitio-específico sobre la expresión de las enfermedades de tallo y raíz. La interacción entre cultivar y carga fúngica, y cultivar y género fúngico observadas, pone de manifiesto la relevancia de utilizar

cultivares de buen comportamiento para el manejo de este tipo de enfermedades, permitiendo sortear los efectos de las mismas, aun en condiciones altamente favorables para su desarrollo epidémico. Por otra parte, dado que los tallos de tales cultivares portan una menor carga patogénica, el rastrojo remanente constituiría una fuente inóculo de menor riesgo epidemiológico, ya que retrasaría la recolonización y las infecciones primarias dentro del lote, en el mediano plazo.



### Agradecimientos

A los semilleros participantes de la RED.

A los responsables de sitio: Leandro Boero (AER Gálvez), Eduardo Vita Larriue y Estefanía Palu (AER Pago de los Arroyos), Juan Ibarlucea (AER Roldán), Alicia Condori (AER Totoras), Alberto Malmantile y Thomas Widmer (UEA Venado Tuerto)

A los auxiliares de campo EEA INTA Oliveros Leandro Martarello, Ramón Infante, Omar Medina, Ariel Marietán, Gustavo Nasich y Raúl Stier, por la siembra y mantenimiento del ensayo sitio Oliveros.

### Bibliografía

- Bacigaluppo, S.; Bodrero, M.L.; Balzarini, M.; Gers-ter, G.R.; Andriani, J.M.; Enrico, J.M.; Dardanelli, J.L.; 2011. Main edaphic and climatic variables explaining soybean yield in Argiudolls under no-tilled systems. *Europ. J. Agronomy* 35 (2011) 247– 254
- Bacigaluppo, S.; Magnano, L.; Enrico, J.M., 2019. 20 años de evaluación en red del rendimiento de variedades de soja en el sur de Santa Fe. *Para Mejorar la Producción N° 59*. INTA EEA Oliveros, pp: 57-61.
- Badaracco P.; Perelló Fasiano E.; Lago M.; Bacigalupo S.; Enrico J.M.; Pioli R. 2020. Relevamiento de patógenos fúngicos causales de patologías en semillas asociados a genotipos de soja sembrados en diferentes ambientes.
- Badaracco P.; Lago M.E.; Perelló Fasiano E.; Bacigalupo S.; Enrico J.M.; Pioli R. 2021. Patógenos fúngicos asociados a plantas sintomáticas de soja en diferentes ambientes del sur de Santa Fe. 5° Congreso Argentino de Fitopatología y 59th meeting of the APS Caribbean Division. 22 y 23 de septiembre de 2021. En prensa.
- Baigorri, H., 2002. Conclusiones sobre el efecto de la Fecha Siembra en el desarrollo y crecimiento de los cultivares. En: Manejo del cultivo de soja en la Argentina. Actualizaciones INTA Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez.
- CABI 2021. Datasheet report for *Diaporthe phaseolorum var. meridionalis* (soybean stem canker). Actualización 2019, <https://www.cabi.org/isc/datasheetreport/18740>.
- Enrico, J.M.; Conde, M.B.; Martignone, R.A; Bodrero, M.L. 2013. Soja: evaluación de la estabilidad del rendimiento según fechas de siembra. *Para Mejorar la Producción N° 50 - INTA EEA Oliveros*, pp 71-78.
- Lago, M.E., Estancich, E.P., Petronio, E., Coronel, M.A., Malmantile, A., Bacigaluppo, S., Enrico, J.M., Pioli, R.N. (2018). Prospección de cancro del tallo de la soja (*Diaporthe* spp.) en el sur de Santa Fe. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino, Suplemento 38(1)*, 48.
- Lago, M.E.; Blum, R.; Enrico, J.; Bacigaluppo, S.; Malmantile, A.; Pioli, R. 2019. Hongos asociados a la sintomatología generada por el cancro del tallo en diferentes cultivares de soja y localidades del sur de Santa Fe. *Revista Para Mejorar la producción N° 58-INTA EEA Oliveros*. pp 127-128.
- Peruzzo AM; Hernández FE; Pratta GR; Ploper LD, Pioli RN. 2019. Identification and inheritance of an Rdc gene conferring resistance to soybean stem canker (*D.phaseolorum* var. *caulivora*). *EJPP- Berlin: SPRINGER. Eur J Plant Pathol* 1180 (2019) 154: 1179–1184.
- PICT-2018-03761- Variabilidad genética y Biodiversidad de patógenos fúngicos aplicados a la búsqueda de resistencia a enfermedades del cultivo de soja de Argentina. Director: RN Pioli.