

# Determinación del umbral de acción para el “tizón foliar por Cercospora” por *Cercospora kikuchii*, en el cultivo de soja.

Trabajo Final de Grado  
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 5 de octubre de 2020

**Determinación del umbral de acción para el “tizón foliar por *Cercospora*” por *Cercospora kikuchii*, en el cultivo de soja.**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**Verón, Paola Soledad**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

**Palma, Oscar  
Evaluador**

**Fariña, Leandro  
Evaluador**

**Omar, Scheneiter  
Evaluador**

**Ivancovich, Antonio J.  
Co-Director**

**Lavilla, Miguel A.  
Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 5 de octubre de 2020

## **Agradecimientos**

Dedico este trabajo a Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, y por darme la inteligencia para desarrollar mis capacidades. Gracias Señor por todas las cosas que me has dado en mi vida.

A mi esposo Stephen por ser un gran compañero y por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi hijo Anthony, por ser mi gran motivación diaria.

A mis padres, Carlos y Stella que supieron siempre comprenderme y guiarme.

A mi hermano, Rodrigo a quien aprecio mucho y es una parte importante de mi vida.

A mi hermano Andrés (q.e.p.d) donde quiera que estés, siempre te llevare en mis pensamientos. Te quiero.

A mi sobrina Azul, que es lo más valioso que me ha dejado mi hermano.

A mi director Miguel Angel Lavilla, por ser tan paciente conmigo y brindarme la oportunidad de realizar mi tesina.

A mi co-director, por su valiosa ayuda.

A Mariana Bracco por su gran calidad humana.

A la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires y a sus docentes y no docentes, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional.

# Índice

Resumen .....	5
Introducción .....	6
Hipótesis .....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos .....	12
Materiales y métodos.....	13
Datos del ensayo .....	13
Diagnóstico de las enfermedades presentes en el ensayo.....	14
Evaluación de la incidencia y la severidad del tizón foliar por Cercospora .....	15
Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la intensidad del tizón foliar por Cercospora. ....	16
Análisis del rendimiento de grano y de sus componentes principales (número de granos y peso de mil granos) .....	17
Análisis estadístico .....	18
Resultados y discusión .....	19
Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la intensidad del tizón por Cercospora .....	20
Evaluación del rendimiento de grano en función del momento de aplicación del fungicida foliar .....	21
Número de granos y peso de mil granos en función del momento de aplicación del fungicida foliar.....	23
Relación del rendimiento, número de granos y peso de mil granos con la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad.....	25
Conclusiones .....	27
Bibliografía .....	28
ANEXOS.....	33
<b>Anexo I.</b> Variedad de soja utilizada en el estudio .....	34
<b>Anexo II.</b> Análisis estadístico.....	34

## Resumen

La soja es uno de los cultivos agrícolas más importantes de la Argentina. A nivel nacional durante los años 2018-2019 se sembraron 17.700.000 ha de soja. Durante los últimos años, en Argentina, se han incrementado las enfermedades de final de ciclo en el cultivo de soja. El Tizón foliar por *Cercospora* (TFC), por el momento, no ha generado una epifitía en la Argentina. Sin embargo, la interacción entre el hospedante susceptible, el patógeno virulento y el ambiente predisponente en un periodo de tiempo prolongado, podría generar una epifitía del TFC en Argentina. Con lo cual la determinación del umbral de acción para el control químico de esta enfermedad es imprescindible para llevar a cabo su manejo integrado y reducir el impacto ambiental por causa del mal uso de los fungicidas. El objetivo general de este trabajo fue determinar a campo el umbral de acción para el TFC. Para ello se llevo a cabo un ensayo durante los años 2016, 2017 y 2018 en un campo ubicado en la localidad de Pergamino en el cual se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos contaron con diferentes momentos de aplicación de una mezcla de un fungicida foliar compuesta por fluxapyroxad (carboxamida; 8.1%), pyraclostrobin (estrobirulina; 5%) +epoxiconazol (triazol 5%). La identificación de las enfermedades se realizó a través de las observaciones de síntomas visibles a campo, en los estados fenológicos R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>5.5</sub> y R<sub>6</sub>, y mediante aislamientos en medio de cultivo agar papa glucosado (APG). Los resultados de esta experiencia demostraron que el R, NG, PMG son afectados por el TFC. El tratamiento al cual se le realizó aplicaciones secuenciales desde el estado fenológico R<sub>2</sub> hasta R<sub>5.5</sub> presento el mayor valor de rendimiento diferenciándose estadísticamente del resto. Las pérdidas máximas de rendimiento, ocasionadas por el TFC fueron de 1698 kg.ha<sup>-1</sup>. El número de granos tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo el testigo y los tratamientos con aplicaciones en R<sub>5.5</sub> y en R<sub>2</sub> los que mostraron valores significativamente inferiores. El área bajo la curva de progreso de la enfermedad se relacionó negativamente con las variables rendimiento, número de granos y peso de mil granos. Podemos concluir que la pérdida de rendimiento causada por la enfermedad depende de los niveles de incidencia y severidad y del estado del cultivo en que se presenta. El umbral de acción (UA) (50% de incidencia y 25% de severidad) para el TFC, consensuado mediante la experiencia y el análisis exhaustivo de la bibliografía, pudo corroborarse a campo, siendo así el primer reporte a nivel nacional del UA a utilizar para el control químico del TFC. Este avance científico favorecerá al uso racional de fungicidas foliares y empoderar aún más el manejo integrado de enfermedad en soja. Hay una

asociación y correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) e inversamente proporcional entre el rendimiento, el número de granos y el peso de mil granos con el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPIE).

## Introducción

La soja (*Glycine max* L. Merr.) es la especie comercial más importante entre los cultivos de leguminosas y semillas oleaginosas y representa la fuente vegetal más importante de aceite vegetal y proteína en el mundo (Hildebrand *et al.* 1986). Es uno de los cultivos agrícolas más importantes de la Argentina si se hace referencia al incremento de la superficie sembrada, producción, rentabilidad e ingresos de divisas extranjeras a la economía nacional (Vilella *et al.*, 2010).

A nivel nacional durante los años 2018-2019 se sembraron 17.700.000 ha de soja, de las cuales 6.659.434 ha correspondieron a la provincia de Buenos Aires. La producción total durante esos años fue de 56.000.000 t en el país (Departamento de estimaciones agrícolas, 2019).

El manejo del suelo y del cultivo, las condiciones ambientales desfavorables y los factores bióticos adversos como malezas, insectos y enfermedades, limitan la productividad de la soja en la Argentina. Dentro de todos estos factores, deben destacarse por su importancia, a las enfermedades (Hartman *et al.*, 1999).

Durante los últimos años, en Argentina, se han incrementado las enfermedades de final de ciclo (EFC) en el cultivo de soja. En la región norte de la provincia de Buenos Aires el complejo de EFC está integrado por la mancha marrón de la hoja, causada por *Septoria glycines*; tizón foliar por *Cercospora* (TFC), causada por *Cercospora Kikuchii* y la mancha ojo de rana, causada por *Cercospora sojina* (Ivancovich, 2011).

Las enfermedades de final de ciclo pueden reducir el rendimiento en soja entre un 8-10% con un máximo del 30% (Carmona *et al.*, 2004).

En relevamientos efectuados en varias localidades del sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba entre 2003-2008, el TFC estuvo presente en el 53% de los lotes involucrados con valores de severidad entre 0-38%. (Carmona *et al.*, 2010).

En el noroeste de Argentina se realizó un estudio durante los años 2014/15-2015/16-2016/17. Los fungicidas a base de piraclostrobina con epoxiconazol y fluxaproxad demostraron ser los más eficaces en el control de *Cercospora kikuchii* con valores de 60.8% 2014/15 y 63.6% 2016/17. (Reznikov *et al.*, 2019).

En la localidad de Itin, provincia del Chaco, se estimaron pérdidas de rendimiento en granos por causa del TFC del 14.8% (Guan *et al.*, 2004).

En la tabla 1 se encuentra la clasificación taxonómica de *C. Kikuchii*.

Tabla 1: Clasificación taxonómica de *Cercospora Kikuchii* (Goodwin *et al.*,2001)

Super reino	<i>Eucarya</i>
Reino	<i>Fungi</i>
Phylum	<i>Ascomycota</i>
Orden	<i>Capnodiales</i>
Género	<i>Cercospora</i> (fase sexual)
	<i>Micospharella</i> (fase asexual)
Especie	<i>Cercospora Kikuchii</i>

El TFC produce síntomas que se presentan generalmente en períodos reproductivos avanzados y se manifiesta con lesiones rojo violáceos angulares o irregulares sobre ambas caras de las hojas (Figura 1) (Ivancovich *et al.*, 2002; Ivancovich, 2011a; 2011b). Sin embargo, en el norte de la provincia de Santa Fe y este de la provincia de Santiago del Estero se han observado ataques severos en estadios fenológicos cercanos a floración (Lavilla *et al.*, 2016).

Bajo severas infecciones se observa necrosis de coloración pardo – violáceo en tallos (Figura 2), pecíolos y folíolos, asociadas a la presencia de una toxina fotoactiva llamada cercosporina (Kuyama & Tamura, 1957; Hartman *et al.* 1988; Upchurch *et al.* 1991; Turino, 2007), causando defoliación prematura y reducción del rendimiento al afectar la etapa de llenado de granos y por ende el peso final de los granos (Ross, 1975; Walters, 1980; Bluhm *et al.*, 2010).



Figura 1 Síntomas del tizón foliar por *Cercospora* en folíolos



Figura 2 Síntomas del tizón foliar por *Cercospora* en tallos y pecíolos.

El hongo forma conidios sobre conidióforos. Los conidios son hialinos, aciculares, multiseptados, de forma recta a curva, truncados en la base y su tamaño oscila entre 2.5-5 x 50-375  $\mu$  (Figura 3) (Chupp 1954). Los conidióforos son normalmente marrones, multiseptados, no ramificados (Figura 4) (Chupp 1954).



Figura 3 Conidio de *C. kikuchii*.

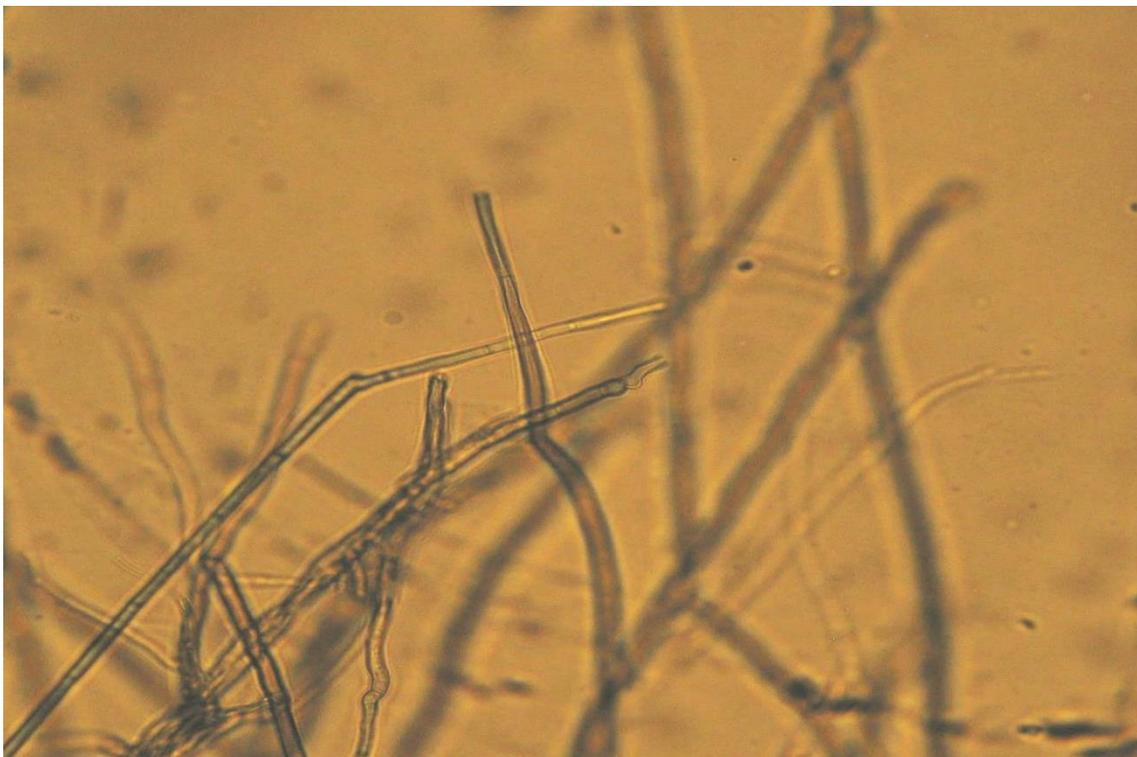


Figura 4 Conidióforos de *C. kikuchii*.

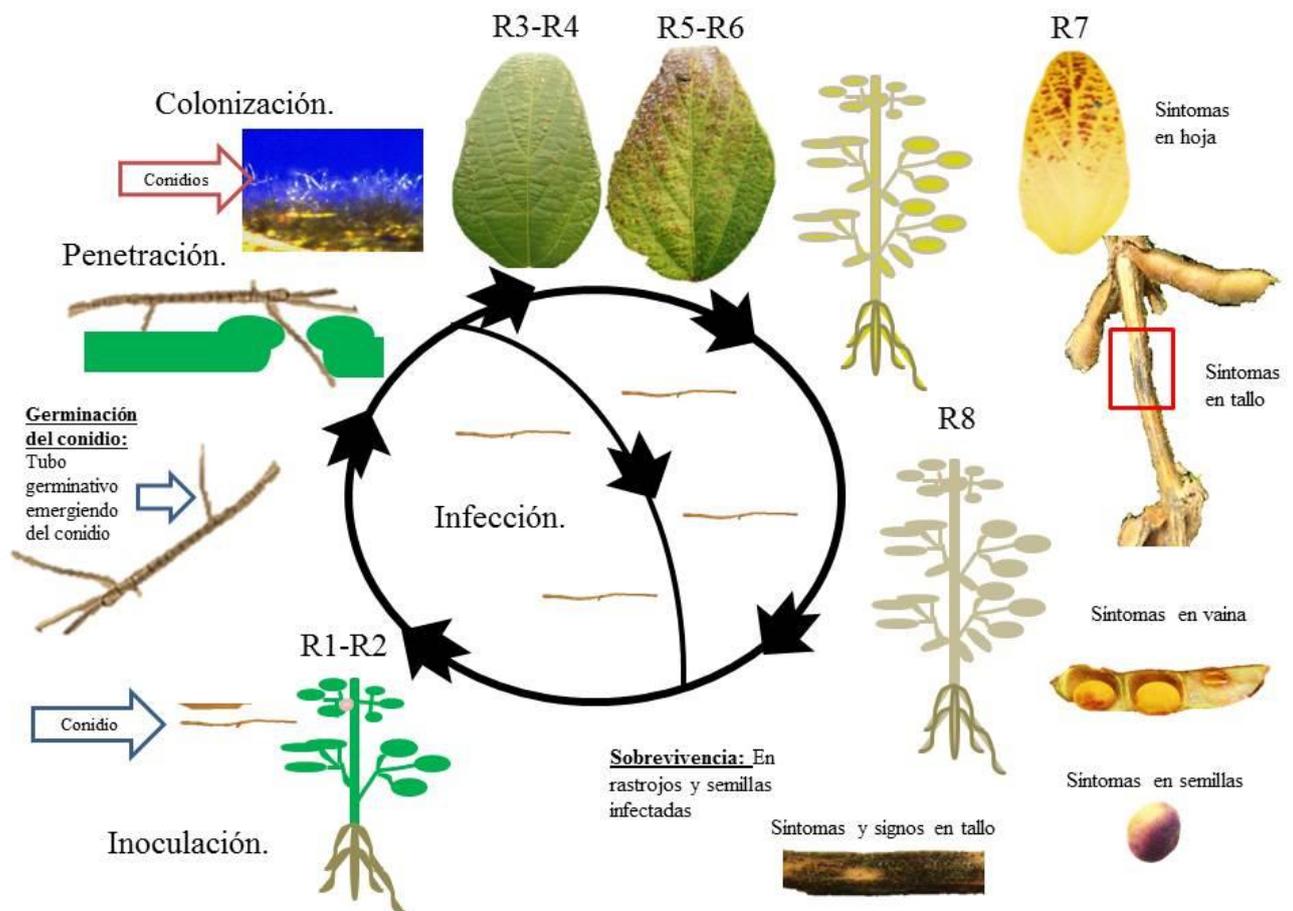
*Cercospora kikuchii* es un patógeno policíclico, que cada 12 días desarrolla una nueva generación de conidios dentro del cultivo de soja, si las condiciones climáticas son favorables. El proceso de infección en plantas de soja se inicia cuando los conidios y/o micelio, sobrevivientes en semillas o en rastrojos infectados, germinan y generan uno o varios tubos germinativos. El tubo germinativo penetra en la superficie del folíolo del hospedante, a través de los estomas, desarrollándose las hifas primarias y secundarias que colonizan el mesófilo. Las hifas liberan micotoxinas (Velicheti *et al.*, 1994) que destruyen las células circundantes, necrosando los tejidos y provocando los síntomas del TFC. Las hifas de *Cercospora kikuchii* pueden encontrarse en la superficie de pétalos, folíolos, vainas y semillas, en el ovario y la testa de la semilla (Chen *et al.*, 1979), creciendo en el cotiledón a través de los poros de la misma durante la germinación de la semilla.

Entre tres a cinco días después de la infección se forman los conidióforos, en los cuales, a partir de la célula conidiógena, se produce una nueva generación de conidios libres que se propagan principalmente por viento para iniciar un nuevo ciclo biológico de *C. kikuchii* y por ende desarrollo de la enfermedad. Durante la conidiogénesis, un solo núcleo migra al extremo apical del conidio, dando lugar a todos los núcleos en el conidio. Los conidios maduros incluyen 13-27 células, la mayoría de las cuales son uninucleadas. Las células apicales o basales del conidio formarán conidióforos (Fernandez *et al.*, 1991).

Los conidios y/o micelio que sobreviven en semillas infectadas, en rastrojos infectados y en malezas hospederas del patógeno (McLean, *et al.* 2009), constituyen las fuentes de inoculo primario.

La mayoría de las especies del género *Cercospora*, incluyendo *C. kikuchii*, no tienen estado sexual conocido, sin embargo investigaciones recientes sugieren que su fase sexual pertenecería al género *Micospharella* (Goodwin, *et al.*, 2001).

Con relación a las características de la población de este patógeno, estudios demuestran la alta variabilidad genética en los aislados. (Lura, *et al.* 2011) (Almeida *et al.* 2005).



Lavilla, Ivancovich y Díaz Paleo, 2018.

Figura 5. Ciclo patológico de *Cercospora kikuchii* y desarrollo de la enfermedad.

El TFC, por el momento, no ha generado una epifitía en la Argentina. Sin embargo, los datos relevados por Ivancovich y Lavilla durante el periodo 2015-2018 demuestran que la enfermedad es endémica en el país (Lavilla, *et al*, 2019). La interacción entre el hospedante susceptible, el patógeno virulento y el ambiente predisponente en un periodo de tiempo prolongado, podría generar una epifitía del TFC en Argentina. Con lo cual la determinación del umbral de acción<sup>1</sup> para el control químico de esta enfermedad es imprescindible para llevar a cabo su manejo integrado y reducir el impacto ambiental por causa del mal uso de los fungicidas.

<sup>1</sup> Definimos al umbral de acción como la intensidad de enfermedad (%) que causa una pérdida de cosecha equivalente al costo de control, por lo que cuantificar la relación intensidad de enfermedad-pérdida de cosecha, es la base para establecer el mismo (March *et al*, 2011).

## **Hipótesis**

La pérdida de rendimiento causada por la enfermedad depende de los niveles de incidencia y severidad y del estado del cultivo en que se presenta.

### **Objetivo general**

Determinar a campo el umbral de acción para el TFC

### **Objetivos específicos**

Evaluar la incidencia y severidad del TFC en los diferentes estados fenológicos del cultivo de soja, definiendo el área bajo la curva de la intensidad de la enfermedad.

Determinar el efecto de la enfermedad sobre el rendimiento y sus componentes

Determinar la asociación entre las variables definidas por la ABCPIE y el rendimiento y sus componentes

## Materiales y métodos

### Datos del ensayo

El ensayo se llevo a cabo durante los años 2016, 2017 y 2018 en un campo ubicado en la localidad de Pergamino (33°56'21.66"S; 60°33'28.21"O) sobre un suelo Argiudol típico, serie Pergamino. El lote presentaba más de diez años de agricultura continua y el cultivo antecesor al ensayo fue soja.

El cultivar utilizado fue Nidera 5009, de grupo de madurez V corto, susceptible a la enfermedad (más detalles de las características del mismo se brindan en el Anexo I, tabla 5) cuyas semillas estaban tratadas con el fungicida curasemilla carbendazim y tiram (PC 10% + 10%: 300 cm<sup>3</sup>/100kg semilla), además de inoculadas a base de *Bradyrhizobium japonicum*, bacteria fijadora de nitrógeno.

La densidad de siembra fue de 35 plantas.m<sup>-2</sup>. Las fechas de siembra fueron alrededor de la segunda quincena de noviembre. Se llevo a cabo el manejo de malezas e insectos para prevenir reducciones de rendimiento debido a estos factores bióticos.

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones en el que se evaluaron nueve tratamientos (Tabla 2). Cada unidad experimental fue de seis surcos espaciados a 0,525 m por 5m de largo.

**Tabla 2.** Esquema de la distribución a campo de los tratamientos (T) y bloques (B)

BIII	T5	T6	T4	T3	T2	T1	T9	T8	T7
BII	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1
BI	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9

Los tratamientos (Tabla 3) contaron con diferentes momentos de aplicación de una mezcla de fungicidas compuesta por fluxapyroxad (carboxamida; 8.1%), pyraclostrobin (estrobirulina; 5%)+epoxiconazol (triazol 5%). La mezcla es de acción preventiva y curativa.

El detalle de los tratamientos se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3:** Tratamientos realizados en el cultivo de soja para el manejo del Tizón foliar por *Cercospora* causado por *Cercospora kikuhii*.

Tratamientos	Fungicida	Dosis (ml.ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación
1	fluxapyroxad (8.1%) pyraclostrobin (5%) epoxiconazol (5%)	800	R <sub>2</sub>
2			R <sub>3</sub>
3			R <sub>4</sub>
4			R <sub>5</sub>
5			R <sub>5.5</sub>
6			R <sub>3</sub> y R <sub>5</sub>
7			R <sub>2</sub> , R <sub>3</sub> , R <sub>4</sub> , R <sub>5</sub> , R <sub>5.5</sub>
8			UA del TFC(*)
9			Testigo absoluto

(\*) Umbral de acción del TFC: incidencia (I) (número de plantas con síntomas) 50% y un 25% de severidad (S) (porcentaje de tejido foliar afectado por la enfermedad).

Los tratamientos fueron aplicados con una mochila de presión constante equipada con una barra de cuatro pastillas de cono hueco distanciadas a 35cm, arrojando un caudal de 170l/ha, con una presión de 50 lb. pulg -2.

El fungicida fue utilizado en dicho ensayo como una herramienta para evaluar una propuesta de aplicación de fungicidas foliares en diferentes momentos de aplicación en relación a los efectos del Tizón foliar por *Cercospora* y no para determinar la eficiencia específica de sus ingredientes activos.

## Diagnóstico de las enfermedades presentes en el ensayo

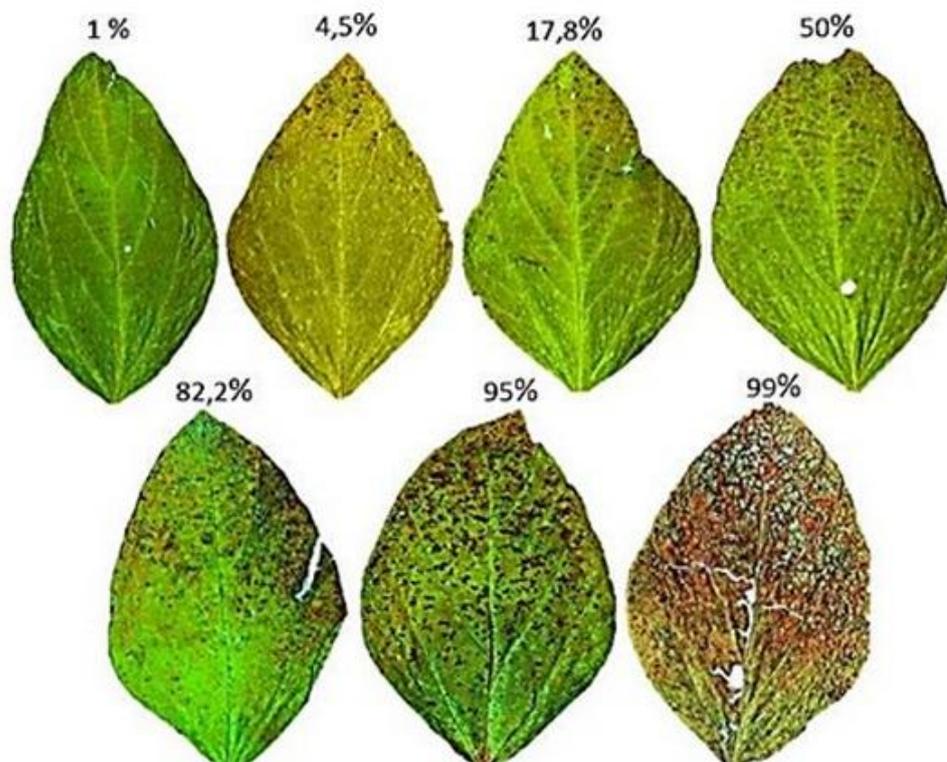
Durante el ciclo de cultivo se registraron las enfermedades presentes en los estados fenológicos: R<sub>2</sub>, plenitud de floración; R<sub>3</sub>, inicio de formación de vainas; R<sub>4</sub>, plenitud de formación de vainas; R<sub>5</sub>, inicio de llenado de granos; R<sub>5.5</sub>, tamaño del grano del 50%; R<sub>6</sub>, plenitud de llenado de granos; R<sub>7</sub>, madurez fisiológica y R<sub>8</sub>, plenitud de madurez; según la escala de Fehr y Caviness (1977).

La identificación de las enfermedades se realizó a través de las observaciones de síntomas visibles a campo, y mediante aislamientos en medio de cultivo agar papa glucosado (APG). Las enfermedades diagnosticadas fueron mancha marrón causada por *Septoria glycines*, mancha ojo de rana causada por *Cercospora sojina* y el tizón foliar por *Cercospora* causado por *Cercospora kikuchii*. Asimismo, pudo desprejarse la severidad e incidencia de las dos primeras enfermedades por sus niveles de trazas y la enfermedad prevaleciente en el ensayo fue el tizón foliar por *Cercospora*.

## Evaluación de la incidencia y la severidad del tizón foliar por *Cercospora*

La severidad, es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad y varía entre 0 y 100. El ejemplo típico de esta forma de estimar la enfermedad es el que se utiliza para evaluar manchas foliares. La severidad es un parámetro que refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño que le provoca al cultivo. Su evaluación es más compleja que la determinación de la incidencia, porque puede ser subjetiva y por lo tanto requiere de un entrenamiento previo por parte del evaluador (Ivancovich, *et al.*, 1998). La severidad del TFC se estimó visualmente durante los estados fenológicos R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>5.5</sub> y R<sub>6</sub>, utilizando como base la escala propuesta en 2019 por Lavilla (Figura 6). Para este fin se observaron 20 plantas por parcela, a las cuales se las dividió en tercios (superior, medio e inferior), tomando 60 folíolos en total (20 por cada tercio), registrando visualmente el porcentaje de área foliar con síntomas. Los valores de severidad de cada tercio fueron promediados para determinar el valor de severidad de cada planta y, luego, con los mismos obtener el valor de severidad de cada unidad experimental.

La incidencia es el porcentaje o proporción de individuos enfermos con relación al total. Los individuos pueden ser plantas, hojas, flores, folíolos, frutos, espigas, etc. Se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad. No se determinan niveles de enfermedad. El uso de este parámetro en el cultivo es particularmente útil para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades. Es un parámetro objetivo, de cálculo sencillo, y no se necesita un entrenamiento especial de parte del evaluador para su empleo (Ivancovich, *et al.*, 1998). La incidencia del TFC se estimó visualmente durante los estados fenológicos R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>5.5</sub> y R<sub>6</sub> tomando al azar 20 plantas por parcela y determinando si presentaban o no la enfermedad.



**Figura 6:** Escala para evaluar la severidad de *Cercospora Kikuchii* en el cultivo de soja (Lavilla *et al*, 2019)

En este trabajo se registró la información climática pero la misma no será asociada a la enfermedad debido que para realizar este tipo de asociaciones se requieren modelos más complejos que no es el objetivo de esta tesis.

**Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la intensidad del tizón foliar por *Cercospora*.**

La determinación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) es una técnica de análisis recomendada cuando se requiere identificar las relaciones del progreso de la enfermedad y el período de duración del área foliar, respecto al impacto sobre el rendimiento. Este método de análisis epifitiológico no necesita tipo de ajuste a modelos predeterminados y, por ende, no requiere de consecuentes transformaciones de valores que puedan enmascarar o confundir posibles efectos de tratamiento. Sin embargo, valores bajos de la enfermedad, durante el período monitoreo, tienen poco efecto sobre el ABCPE.

El ABCPE estabiliza la varianza de los valores porcentuales de la enfermedad dentro de los tratamientos. Es posible detectar efectos de los mismos que podrían no

detectarse por el análisis de tasas relativas de incremento de la enfermedad.

Los resultados pueden ser más confiables cuando, al reducir la varianza, disminuye el coeficiente de variación, el cual por lo regular es alto en este tipo de estudios, incrementando la confiabilidad de las conclusiones derivadas de este tipo de estudios epidemiológicos.

El ABCPE se calcula integrando los rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad (incidencia o severidad) alcanzada entre diferentes tiempos en que se monitorea.

Fórmula de ABCPE:

$$ABCPE = \sum_t \frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} * (t_{i+1} - t_i)$$

Donde  $Y_i$  es la intensidad de la enfermedad y  $t$  es el período de evaluación en días después de la siembra o cualquier otra escala que se desee usar en función del tiempo. En este caso las unidades serán porcentajes (%) y días. Este método de análisis epidémico considera la variación de la epidemia en el tiempo, para los análisis comparativos visuales que pudieran requerirse. Para calcular el ABCPE se considerarán las 5 mediciones realizadas con posterioridad al tratamiento con fungicida (R2).

Con el relevamiento de datos se calculó el ABCPE de la intensidad de la enfermedad (ABCPIE) que se calcula como el producto entre el ABCPEs \* ABCPEi dividido 100, el cual será utilizado como variable para analizar el progreso de la enfermedad en cada tratamiento.

### Análisis del rendimiento de grano y de sus componentes principales (número de granos y peso de mil granos)

El rendimiento de grano (R) (kg.ha-1) de cada unidad experimental se evaluó mediante cosecha manual de plantas en R8, cuando las mismas alcanzaron la humedad de cosecha, obteniendo dos muestras de 2 m<sup>2</sup> cada una, localizadas en los surcos centrales de cada parcela y su posterior desgranado con una trilladora estacionaria. El grano fue pesado y su contenido de humedad medido, a efectos de expresar los rendimientos corregidos a 13,5% de humedad.

El peso de mil granos (PMG) se determinó, primero cuantificando los 1000 granos con un contador electrónico de granos perteneciente a la sección "Semillas" de INTA Pergamino (corregido a 13,5% de humedad) y luego pesando estos granos en una balanza de precisión. Se tomaron 2 repeticiones por unidad experimental. Este dato, junto

al de rendimiento de grano, se utilizó para obtener el número de granos por metro cuadrado (NG).

## Análisis estadístico

Para un estudio general de los de las variables cuantitativas se realizó un análisis de la varianza (ANAVA) y la comparación de medias mediante una prueba de Tukey (alfa= 5%). Se corroboraron los supuestos de normalidad de distribución dos errores mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado y de homogeneidad de varianzas mediante el gráfico de residuos versus predichos, se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Renzo, 2011).

El modelo estadístico para este diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

$\mu$ : media general,  $T_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento,  $B_j$ : efecto del j-ésimo bloque y  $E_{ij}$ : error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$

Comúnmente los términos de error se asumen normalmente distribuidos con esperanza cero y varianza común.

Se utilizó el método de regresión lineal simple para analizar la asociación entre las variables ABCPIE del TFC y el R) y sus componentes (NG y PMG) (Di Rienzo, *et al.* 2011). En el modelo de regresión lineal las variables repuestas (dependientes) serán el rendimiento y sus componentes (NG y PMG) y la variable regresora (independiente) será el ABCPIE.

Modelo de regresión lineal:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon,$$

$\alpha$  es la ordenada en el origen (el valor que toma Y cuando X vale 0),  $\beta$  es la pendiente de la recta (e indica cómo cambia Y al incrementar X en una unidad),  $\varepsilon$  al que llamaremos error

Entre las variables cuantitativas también se realizó una correlación de Pearson. La correlación refleja la medida de asociación entre variables. Si se aplica en probabilidad y estadística, la correlación permite conocer la fuerza y dirección de la relación lineal que se dé entre dos variables aleatorias. En tal sentido si la correlación es igual a 1 se considera positiva perfecta, si se encuentra entre  $0 < r < 1$ , refleja que se da una correlación positiva, si la correlación es 0 indica que no hay una relación lineal. Si la correlación se encuentra entre  $-1 < r < 0$ : Indica que existe una correlación negativa. Finalmente, si la correlación es -1, Indica una correlación negativa perfecta y una dependencia total entre

ambas variables lo que se conoce como "relación inversa", que es cuando una de las variables aumenta, la otra variable en cambio disminuye en proporción constante.

La información utilizada en este estudio fue recopilada durante tres años; sin embargo, todos los análisis estadísticos se realizaron con el promedio de los datos de los tres años para cada variable cuantitativa.

## Resultados y discusión

Los resultados de esta experiencia demostraron que el R, NG, PMG son afectados por el TFC (Tabla 4). Este resultado coincide con lo observado en Paraná durante la campaña 2007 donde el rendimiento de grano fue marcadamente afectado por las EFC (INTA EEA Rafaela 2007).

El ABCPIE del TFC tuvo valores estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ) más elevados en el tratamiento 9, sin fungicida foliar (Tabla 4), esto coincide con lo observado durante las estaciones de crecimiento 2014/2015, 2015/2016 y 2016/2017 en la provincia de Tucumán (Reznikov et al. 2019).

Los valores promedios para cada tratamiento para las variables RTO, NG, PMG y ABCPIE como así también la síntesis del análisis estadístico para cada una de ellas se presentan en la tabla 4, mientras que en el anexo 2 se presenta el análisis estadístico completo.

**Tabla 4:** Evaluación del momento de aplicación de fluxapyroxad (carboxamida; 8,1%), pyraclostrobin (estrobilurina; 5%) + epoxiconazol (triazol; 5%), durante los años 2016, 2017 y 2018 sobre las diferentes variables estudiadas. Análisis de la varianza ( $\alpha = 0,05$ ).

Tratamiento	R <sup>+++</sup>	NG <sup>++++</sup>	PMG <sup>+++++</sup>	ABCPIE <sup>+++++</sup>
1	5293B <sup>+</sup>	3850B	147A	1177D
2	5575 <sup>++</sup> CD	4110CD	148A	997C
3	5958E	4100CD	151AB	913C
4	5616D	3990BC	144A	1210D
5	5379BC	3856B	145A	1303E
6	6147E	4076CD	165BC	817B
7	6430F	4178D	171C	464A
8	5970E	4086CD	154AB	918C
9	4732A	3573A	150AB	1652F
Tratamiento	**	**	*	**

Repetición	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.	1,36	1,42	3,54	2,8
D.M.S.	224,28	161,11	15,75	85,26

+Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas; ++Los valores de cada tratamiento para cada variable son los promedios de las tres repeticiones y de los tres años de evaluación; +++R: Rendimiento en granos (kg ha<sup>-1</sup>); ++++NG: número de granos m<sup>-2</sup>; +++++ PMG: peso de mil granos; ++++++ABCPIE: Área bajo la curva de la intensidad de la enfermedad; n.s.: diferencias no significativas; \*diferencias significativas, \*\*diferencias altamente significativas; D.M.S: diferencia mínima significativa; C.V: coeficiente de variación.

### Análisis del área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la intensidad del tizón por *Cercospora*

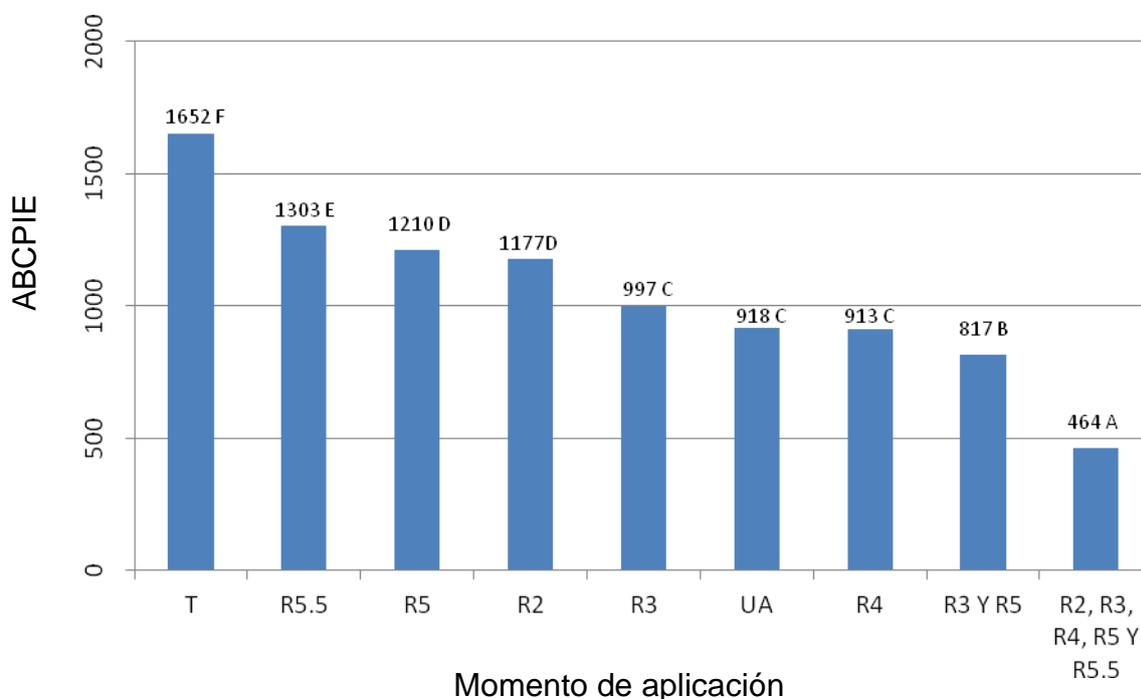
Los tratamientos presentaron diferencias en el ABCPIE. Se puede evidenciar claramente, a través de la figura 7 que los tratamientos sin fungicidas o aplicados tardíamente con fungicidas foliares presentaron valores de ABCPIE estadísticamente superiores respecto a los tratamientos fungicidas aplicados tempranamente o a las aplicaciones recurrentes de los mismos.

Esto coincide con lo expuesto por López Agüero *et al* 2008, el cual determinó el efecto de tres intervalos de aplicación del fungicida clorotalonil con diferentes niveles de resistencia sobre la epidemiología y manejo del tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y obtuvo que los valores promedios más altos de ABCPIE fueron encontrados principalmente en las parcelas con variedades susceptibles que no fueron tratadas con el fungicida.

Los tratamientos realizados en estados reproductivos tempranos (R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>), al igual que los tratamientos con aplicaciones recurrentes (R<sub>3</sub>-R<sub>5</sub>) y (R<sub>2</sub>,R<sub>3</sub>,R<sub>4</sub>,R<sub>5</sub> y R<sub>5.5</sub>), disminuyeron la cantidad de inóculo secundario infeccioso. Esta disminución podría haber provocado que los posteriores ciclos de infección secundarios fueran menores y, por ende, la sintomatología acumulada del TFC sería menor en los tratamientos en que se realizaron aplicaciones tempranas.

No se ha encontrado bibliografía nacional e internacional sobre el ABCPIE del TFC, para comparar con los resultados obtenidos. Sin embargo, Garcés-Fiallos y Forcelini (2011), en Passo Fundo, Brasil, estudiaron el ABCPE para las variables incidencia y severidad de la “roya de la soja”, causada por *Phakopsora pachyrhizi*, y lograron, a través de mencionadas variables, evaluar la efectividad de diferentes fungicidas y momentos de

aplicación. Lagos et al. (2011), en investigaciones sobre mancha ojo de rana en soja, causada por *Cercospora sojina*, midieron el ABCPE para la variable severidad con el objetivo de estudiar a través de la misma la efectividad del control químico en diferentes momentos de aplicación.



**Figura 7:** área bajo la curva de progreso de la enfermedad para la intensidad del tizón por *Cercospora* en función del momento de aplicación del fungicida foliar. Diferencia mínima significativa: 85,26. (\*) Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

## Evaluación del rendimiento de grano en función del momento de aplicación del fungicida foliar

La aplicación del fungicida foliar determinó aumentos estadísticamente significativos de los rendimientos de grano, variables según el momento de aplicación.

Nuevamente el tratamiento al cual se le realizó aplicaciones secuenciales desde el estado fenológico R2 hasta R5.5 (tratamiento 7) presentó el mayor valor de rendimiento diferenciándose estadísticamente del resto (Figura 8).

Los tratamientos 3 (R4), 6 (R3 y R5) y 8 (UA del Tizón foliar por *Cercospora*) podrían considerarse económicamente viables para enfrentar con éxito al TFC, debido a que con una sola aplicación de fungicida foliar tuvieron los mayores aumentos de

rendimiento respecto al testigo. Asimismo, el tratamiento 8 sería el único que es viable, pues aplicaríamos el fungicida foliar cuando el TFC llega al UA; evitando así pérdidas de rendimiento cercanas al 21% (Tabla 3). El umbral de acción se dio en R<sub>4</sub>.

En esta investigación, las pérdidas máximas de rendimiento, ocasionadas por el TFC fueron de 1698 kg.ha<sup>-1</sup> (26,4%) esto coincide con los resultados obtenidos por Carmona et al., 2004 quienes concluyeron que las enfermedades de fin de ciclo de soja en Argentina pueden reducir el rendimiento entre un 8 a un 10 % con un máximo del 30 %. El TFC reduce un 2,5% el rendimiento en los países productores de soja (Savary *et al.*, 2019).

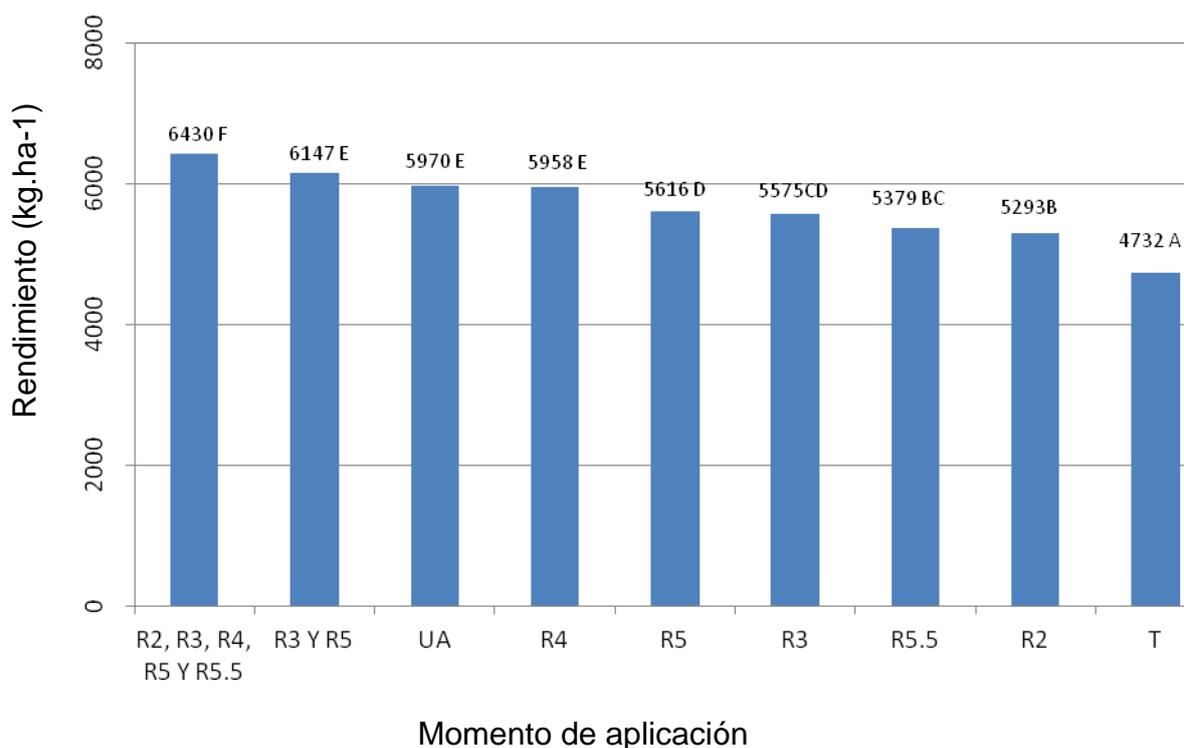
Carmona (2014) no encontró relación entre el momento de aplicación del fungicida foliar y el rendimiento de grano, aunque hubo una predisposición de obtener mayores respuestas de rendimiento de grano con una aplicación de fungicida en R<sub>3</sub>. Esta inclinación fue más marcada con elevados niveles de lluvia acumulada entre R<sub>3</sub> y R<sub>5</sub>.

Carmona (2014) llegó a la conclusión que la respuesta de rendimiento agronómico por la aplicación de fungicidas no depende exclusivamente del estadio de desarrollo del cultivo, es decir de la fenología, sino también de las precipitaciones pluviales que ocurran desde R<sub>3</sub>.

Carmona et al. (2011), evaluaron en Amstrong (Santa Fe), durante dos años consecutivos (2004-2005 y 2005-2006), distintos fungicidas y momentos de aplicación y al obtener los resultados, observaron que todos los tratamientos químicos generaron un aumento del rendimiento y un control eficaz de las EFC, siendo ambos momentos sugeridos para la aplicación (R<sub>3</sub> y R<sub>5</sub>), adecuados para el control de las EFC. Sin embargo, las aplicaciones en R<sub>3</sub>, presentaron una respuesta superior comparado a R<sub>5</sub>. A diferencia de la reciente investigación, el rendimiento en granos del tratamiento con aplicación en R<sub>5</sub> tuvo rendimientos mayores que el tratamiento con aplicación en R<sub>3</sub>, con diferencias estadísticamente significativas.

Couretot *et al.* (2009) llevaron a cabo un ensayo en el cual los tratamientos con aplicación de fungicidas superaron en rendimiento al testigo de manera significativa ( $p=0,004$ ), pero sin diferencias entre fungicidas o momentos de aplicación. Dicha campaña, a diferencia de la 2015/16, se caracterizó por tener severas restricciones hídricas. Podría ser ésta, una de las causas por las cuales no se obtuvieron diferencias, en rendimientos, entre momentos de aplicación.

En esta investigación la mancha marrón nunca supero el umbral de acción (25% de la altura de la planta con síntomas). En el caso de la mancha ojo de rana durante estos años no se observaron síntomas y los niveles de la enfermedad fueron tipo trazas. En tal sentido las pérdidas de rendimiento en el cultivo de soja se debieron al TFC.



**Figura 8:** Rendimiento de grano en función del momento de aplicación del fungicida foliar. Diferencia mínima significativa: 224,28

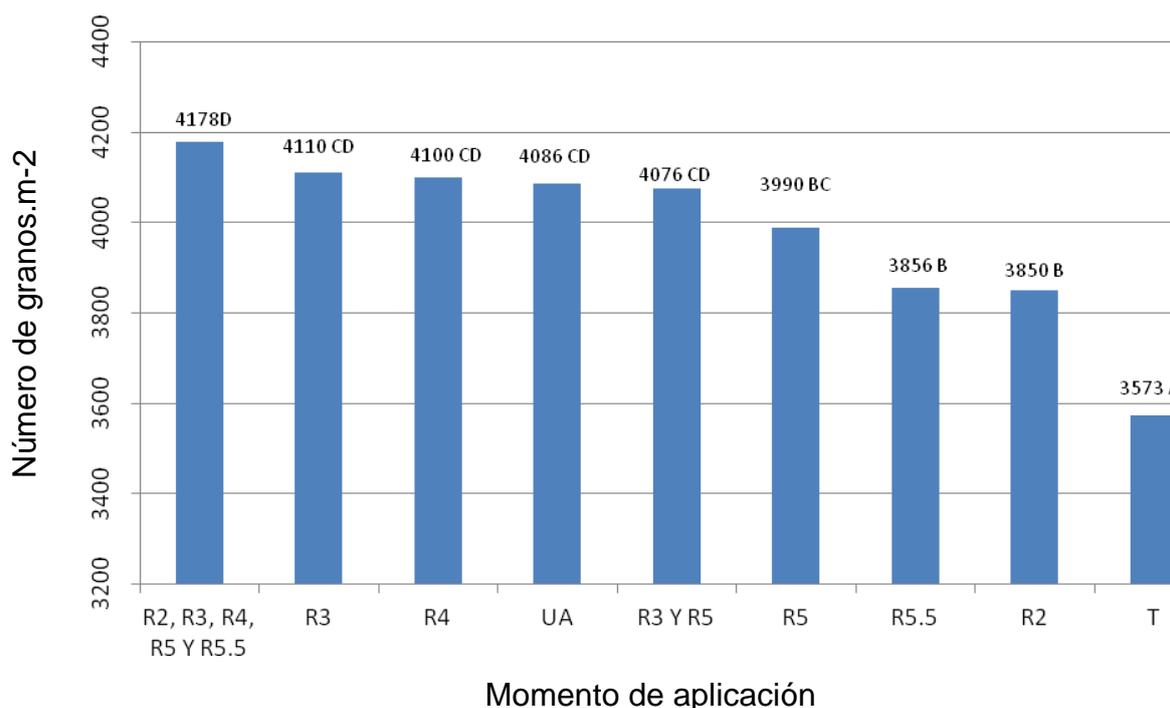
Número de granos y peso de mil granos en función del momento de aplicación del fungicida foliar.

El número de granos tuvo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo el testigo y los tratamientos con aplicaciones en R5.5 (tratamiento 5) y en R2 (tratamiento 1) los que mostraron valores significativamente inferiores (Figura 9). Al presentar, esta variable, diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, indicaría que al iniciarse temprano la enfermedad, la definición del número de destinos fue afectada por la cantidad de área fotosintéticamente activa hasta finales de R5. Dichos resultados coinciden con lo publicado por Kantolic (2013), quien llega a la

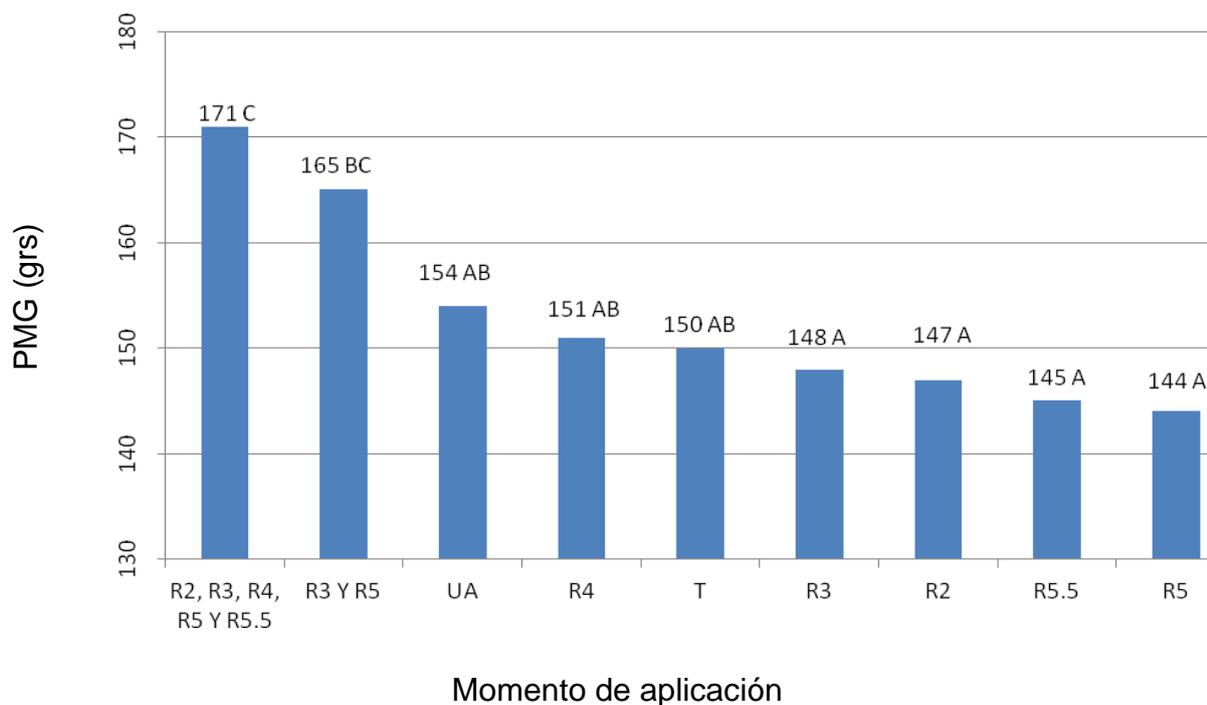
conclusión que las modificaciones en la tasa de crecimiento del cultivo durante el período crítico de definición del rendimiento (R4-R6) afectan el componente número de granos.

El peso de mil granos vario entre 114 a 171 gramos, en el cual el tratamiento 7 se diferencio estadísticamente del resto. Dicho tratamiento recibió aplicaciones de fungicida foliar desde R<sub>2</sub> a R<sub>5.5</sub>. (Figura 10)

Distefano et al 2009 observaron que las dobles aplicaciones en R<sub>3</sub> + R<sub>5</sub> con bencimidazol y de una mezcla de fungicidas fueron los tratamientos que más influyeron en el incremento del número de vainas por planta. Concluyeron que las aplicaciones dobles con una mezcla de fungicidas fueron los tratamientos que provocaron el mayor incremento en el número de semillas. Con respecto al PMG observaron que sufrió un incremento cercano al 100% con las dobles aplicaciones de la mezcla y la aplicación en R<sub>3</sub> del mismo producto. Considerando solo los momentos de aplicación, las dobles aplicaciones fueron mejores que las simples y entre estas últimas, la aplicación en R<sub>3</sub> fue mejor que el resto concluyeron.



**Figura 9:** Número de granos en función del momento de aplicación del fungicida foliar. Diferencia mínima significativa: 164,11



**Figura 10:** Peso de mil granos en función del momento de aplicación del fungicida foliar. Diferencia mínima significativa: 15,75

Relación del rendimiento, número de granos y peso de mil granos con la variable área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

El área bajo la curva de progreso de la enfermedad se relacionó negativamente con las variables rendimiento (Figura 11), número de granos (Figura 12) y peso de mil granos (Figura 13). Las tres regresiones fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.001$ ).

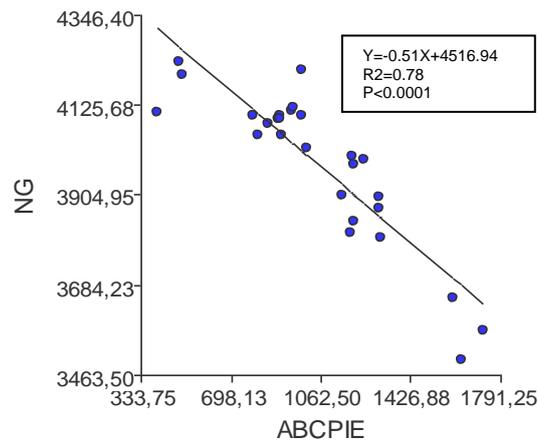
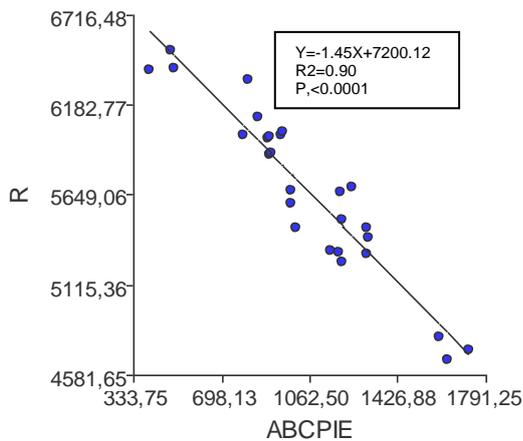
Esto coincide con lo expuesto por Zapata (2002), el cual determinó las pérdidas en el rendimiento en nueve cultivares de frijol en relación con el área bajo la curva del desarrollo de Roya causada por *Uromyces appendiculatus* y obtuvo que cuanto menor era el área bajo la curva, menor era la pérdida en el rendimiento y viceversa.

En el trabajo de Díaz *et al* 2000, el objetivo fue probar nuevos fungicidas para el control de la fusariosis de la espiga en trigo causada por *Fusarium graminearum* y determinaron que el testigo presentaba la mayor área bajo la curva de progreso de la enfermedad y a su vez presentaba menor rendimiento y menor peso de mil granos.

Para la variable rendimiento, el 90% de la variabilidad es explicada por el modelo ( $R^2=0.90$ ), luego le sigue el número de granos ( $R^2=0.78$ ) y por último el peso de mil granos ( $R^2=0.42$ ).

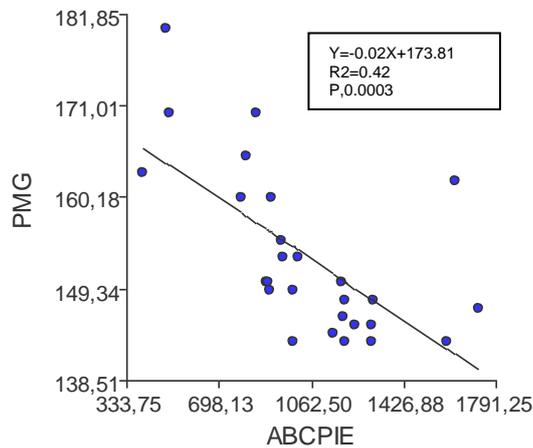
La regresión entre el rendimiento de grano y el ABCPIE, dio como resultado que por un aumento en una unidad del ABCPIE, el rendimiento de grano disminuyó 1.45kg.ha<sup>-1</sup>.

La variedad susceptible (NIDERA 5009), permitió detectar diferencias en el comportamiento de las plantas tratadas en lo que hace a la intensidad de la enfermedad y al rendimiento, entre el testigo sin tratar y las plantas tratadas con terapicos.



**Figura 11.** Relación entre el rendimiento y el ABCPIE

**Figura 12.** Relación entre el número de granos y el ABCPIE



**Figura 13.** Relación entre el peso de mil granos y el ABCPIE

El rendimiento, el NG y el PMG tuvieron una correlación inversamente proporcional y estadísticamente significativas (-0.95 p=0,001, -0,88 p=1,1E-09 y -0,65 p=2,6E-04 respectivamente) con el ABCPIE (Tabla 5). En otras palabras, al incrementarse el ACBPIE disminuye el rendimiento, el NG y el PMG y viceversa.

En la tabla 5 se puede apreciar una estrecha relación positiva entre el rendimiento y el número de granos por metro cuadrado. Estos resultados concuerdan con los de Satorre et al. (2012), Egli (1998), Kantolic y Carmona (2005) y Couretot et al. (2013) donde el número de granos por metro cuadrado fue el componente principal que explicó diferencias de rendimiento de granos en el cultivo de soja.

En cambio podemos observar una estrecha relación negativa con el rendimiento y el área bajo la curva de progreso de la enfermedad.

**Tabla 5** Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	NG	R	PMG	ABCPIE
NG	1,00	1,8E-10	0,06	1,1E-09
R	0,90	1,00	5,4E-04	0,00
PMG	0,37	0,62	1,00	2,6E-04
ABCPIE	-0,88	-0,95	-0,65	1,00

## Conclusiones

La pérdida de rendimiento causada por la enfermedad depende de los niveles de incidencia y severidad y del estado del cultivo en que se presenta.

El UA (50% de incidencia y 25% de severidad) para el TFC, consensuado mediante la experiencia y el análisis exhaustivo de la bibliografía, pudo corroborarse a campo, siendo así el primer reporte a nivel nacional del UA a utilizar para el control químico del TFC. Este avance científico favorecerá al uso racional de fungicidas foliares y empoderar aún más el manejo integrado de enfermedad en soja.

Hay una asociación y correlación significativa ( $p \leq 0,05$ ) e inversamente proporcional entre el rendimiento, el número de granos y el peso de mil granos con la ABCPIE.

## Bibliografía

Almeida, A.M.R, Piugo, F.F., Marin, S.R.R., Binneck, E., Sartori, F., Costamilan, L.M., Texeira, M.R.O. y Lopes, M. 2005. Pathogenecity, molecular characterization, and cercosporin content of Brazilian isolates of *Cercospora kikuchii*. *Fitopatologia Brasileira* 30: 594-602

Bluhm, B.H., Burnham, A.M. y Dunkle, L.D., 2010. A circadian rhythm regulating hyphal melanization in *Cercospora kikuchii*, *Mycologia* 102: 1221-1228.

Carmona, M. A. 2014. Enfermedades de fin de ciclo y mancha ojo de rana en el cultivo de soja: desarrollo y validación de un sistema de puntuación y determinación del umbral de control. p. 56-72.

Carmona, M.; Gally, M.; Sautua, F.; Abello, A. y Lopez, P. 2011. Uso de mezclas de azoxistrobina y triazoles para controlar enfermedades de fin de ciclo de la soja. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.2, p.134-139, 201.

Carmona, M., Moschini, R., Cazenave, G. y Satua, F. 2010. Relación entre la precipitación registrada en estados reproductivos de la soja y la severidad de *Septoria glycines* y *Cercospora kikuchii*. *Tropical Plant Pathology* 35(2): 71-78.

Carmona, M.A., Ploper, P., Grijalba, M., Gally, D. y Barreto, D. 2004. Enfermedades de fin de ciclo del cultivo de soja. Guía para su reconocimiento y manejo. Buenos Aires.20pp

Chen, M., Lyda, S. y Halliwell, R. 1979. Infection of Soybeans with *Conidia* of *Cercospora kikuchii*. *Mycologia*, 71(6), 1158-1165. Doi: 10.2307/3759102.

Chupp, C. 1954. A monograph of the fungus genus *Cercospora*. Published by the autor, Ithaca, New York. 667pp.

Couretot, L., Magnone, G., Ferraris, G. y Russian, H. 2013. Eficacia de nuevas moléculas de fungicidas para el control de mancha marrón y mancha ojo de rana en soja. Campaña 2011/12. INTA EEA Pergamino.

Couretot, L, Mousegne, F, Ferraris, G. 2009. Caracterización de la respuesta a la aplicación de fungicidas foliares para el control de Mancha marrón de la hoja y Mancha ojo de rana en soja bajo un ambiente de stress hídrico. INTA EEA Pergamino.

Departamento de estimaciones agrícolas-Bolsa de cereales 2019. Disponible en: <http://www.bolsadecereales.com/imagenes/archivos/2019-07/8845-informecierresoja201819.pdf>

Díaz de Ackermann, M., Kohli, M.M. 2000. Control químico de la fusariosis de la espiga en trigo. Trabajo presentado en el XXXIV Congreso Brasileiro de Fitopatologia. Sao Pedro, SP, 5 al 10 agosto de 2001

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Distefano, S.G. y Gadbán, L.C. 2009. Efecto de la aplicación de fungicidas foliares de distintos grupos químicos en diferentes estadios fenológicos del cultivo de soja sobre la intensidad de mancha ojo de rana (*Cercospora sojina*) y los componentes de rendimiento. INTA EEA Marcos Juárez.

Egli, D; 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB International. Wallingford, UK, p. 178.

Fehr, W.R. y Caviness, C.E. 1977. Stages of soybean development. Spec. Rep. 80, Iowa State University, Ames, Iowa.

Fernandez, F., Glawe, D. y Sinclair, J. 1991. Microcycle Conidiation and Nuclear Behavior during Conidiogenesis in *Cercospora kikuchii*. *Mycologia*, 83(6), 752-757. Doi: 10.2307/3760432.

Garcés-Fiallos, F. R. y Forcelini, C.A. 2011. Control químico de la roya asiática de la soja en el Planalto Medio, R.S., Brasil. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237063715>

Goodwin, S.B., Dunkle, L.D. y Zismann, V.L. 2001 Phylogenetic analysis of *Cercospora* and *Mycosphaerella* based on the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA. *Phytopathology* 91:648-658

Guan, J., Yang, X.B., Ivancovich, A., Nutter, F.W. 2004. Using high-resolution satellite images to assess soybean yield losses caused by leaf blight in Argentina. Dept. Plant Pathology, Iowa State University, Ames, IA 50011; (2) INTA Pergamino, Argentina. *Phytopathology* 94:S158. Publication no. P-2004-0017-NCA.

Hartman, G.L., Sinclair, J.B. y Rupe, J.C. 1999. Compendium of soybean diseases. 4th Ed. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul MN, USA, p. 100.

Hartman, P.E., Dixon, W.J., Dahl, T.A. y Daub, M.E. 1988. Multiple modes of photodynamic action by cercosporin. *Photochem. Photobiol.* 47:699-703.

Hildebrand, D.F., Phillips, G.C. and Collins, G.B. *Biotechnology in Agriculture and forestry volume 2, Soybean [Glycine max (L.) Merr.]* p 283-308.

INTA EEA Rafaela. Enfermedades foliares de la soja: momento de aplicación de fungicidas y rendimiento. INTA- EEA Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2007. Publicación miscelánea N° 108

Ivancovich, A., Botta, G., Ploper, D.A., Laguna, I., Annone, J.G. 1998. IV Curso de diagnóstico y manejo de enfermedades de soja. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. EEA INTA Pergamino. 54 p.

Ivancovich, A. 2011 a. Diagnostico y manejo de enfermedades de soja. Buenos Aires: INTA. p100.I1.Color

Ivancovich, A. 2011b. Enfermedades de soja: Diagnostico y manejo, INTA EEA Pergamino.78p. I1. Color

Ivancovich, A., Botta, G., D'Andrea, F., Marchi, L., Rostango, J. y Sillon, M. 2002. Relevamiento de enfermedades de fin de ciclo de la soja en areas sojeras de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe (Argentina)- pautas para su manejo a través del uso de fungicidas.II Congreso Brasileiro de soja y Mercosoja 2002. Resumen pag. 30; y XI Jornadas Fitosanitarias Argentinas. Universidad Nacional de Rio Cuarto. Actas de resúmenes, pág. 59.

Kantolic, A. G. y Carmona, M. A. 2005. Bases ecofisiológicas de la generación de rendimiento: relación con el efecto de las enfermedades foliares y el uso de fungicidas en el cultivo de soja. En: Manual para ao manejo das doencas de soja. Ed. Universidade Passo Fundo,Brasil.

Kuyama, S. y Tamura, T. 1957. Cercosporin: a pigment of *Cercospora kikuchii* Matsumoto et Tomoyasu. 1. Cultivation of the fungus, insolation and purification of the pigment. J. Am. Chem. Soc. 79:5725-5726.

Lagos, M. E.; Marcolini, P. A.; García, A. V.y Ferreri, N. M. 2011. Aplicación oportuna de fungicidas para el control de mancha ojo de rana en soja. INTA EEA Oliveros.

Lavilla, M., Ivancovich, A. y Diaz Paleo, A. 2016. Prevalencia y severidad de tizon foliar por *Cercospora* en diferentes regiones sojeras de Argentina. INTA EEA Pergamino.

Lavilla, M., Ivancovich, A., Díaz Paleo, A. 2019. Umbral de daño económico para el tizón foliar por *Cercospora* causado por *Cercospora kikuchii* en soja. Publicado en 7° Congreso de la Soja del MERCOSUR. MERCOSOJA 2019. 5p.

Lavilla, M.A., Ivancovich, A., Diaz Paleo, A., Montero, A., Piubello, S.M. y Tonello, A. 2019. Elaboración de una escala diagramática para la evaluación del tizón foliar por *Cercospora kikuchii* en foliolos y tallos de soja.

López Agüero, J., Zeledón León, W. 2008. Efecto de la combinación fungicida protectante y variedad sobre el tizón tardío [*Phytophthora infestans* (Montagne) De Bary]

en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en época de primera en la localidad La Tejera, San Nicolás, Estelí. P.29

Lúra, M.C., Latorre Rapela, M.G., Vaccari, M.C., Soldano, A., Mattio, M. y González, A.M. 2011. Genetic diversity of *Cercospora Kikuchii* isolates from Soybean cultured in Argentina as revealed by molecular markers and cercosporin production. *Mycopathologia* 171: 361-371.

March, G.J., Oddino, C.M., Garcia, J., Marinelli, A.D., Rago, A.M. 2011. Umbral de daño económico de la viruela del Maní según eficiencia fungicida y potencial de rendimiento. INTA EEA Manfredi.

McLean, K.S. y Roy, K.W. 2009. Purple seed stain of soybean caused by isolates of *Cercospora kikuchii* from weeds, *Canadian Journal of Plant Pathology*, 10:2, 166-171, DOI:10.1080/07060668809501749.

Reznikov, S., De Lisi, V., Claps, P., González, V., Devani, M., Castagnaro, A., Ploper, D., 2019. Evaluation of the efficacy and application timing of different fungicides for management of soybean foliar diseases in northwestern Argentina. Article Number: 104844

Ross, J.P. 1975. Effect of overhead irrigation and benomyl sprays on late- season foliar diseases, seed infection and yields of soybean. *Plant Dis. Rep.* 59:809-813.

Satorre, E. H.; Benech Arnold, R. L.; Slafer, G. A.; De la Fuente, E. B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E. y Savin, R. 2012. Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Universidad de Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía

Simko, I. y Piepho, H.P. 2011. The Area Under the Disease Progress Stairs: Calculation, Advantage and Application. U.S. Department of Agriculture-Agricultural Research Service, Crop Improvement and Protection Research Unit, 1636 East Alisal Street, Salinas, CA 93905; and second author: Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Fruwirthstrasse 23, D-70593 Stuttgart, Germany.

Turino, L. 2007. *Cercospora kikuchii* aislada en la provincia de Santa Fe: diversidad genética de los aislamientos. Producción de cercosporina. Inactivación de la toxina por sistemas biológicos. 2007. Tesina de grado. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. UNL. N0:52:61p.

Upchurch, R.G., Walker, D.C. y Rollins, J.A., Ehrenshaft, M. y Daub, M.E. 1991. Mutants of *Cercospora kikuchii* altered in cercosporin synthesis and pathogenicity. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 2940-2945.

Velicheti, R.K. and Sinclair, J.B. 1994. Production of cercosporin and colonization of soybean seed coats by *Cercospora kikuchii*. *Plant Dis.* 78:342-346.

Vilella, F., Senesi, S., Dulce, E., Pérez San Martín, R. y Daziano, M. 2010. El sistema de agronegocios de la soja en la Argentina, su cadena prospectiva al 2020. Ed. Horizonte A, Buenos Aires. P 352.

Walters, H.J. 1980. Soybean leaf blight caused by *Cercospora kikuchii*. *Plant Dis.* 64:961-962.

Zapata, J.C. 2002. Principios básicos de Fitoepidemiología. Ed. Universidad de Caldas, Colombia. Capítulo 13, p 317.

# **ANEXOS**

## Anexo I. Variedad de soja utilizada en el estudio

**Tabla 6:** Características de la variedad de soja utilizada en el estudio

<b>Variedad</b>	<b>A Nidera 5009 RG</b>
Grupo de madurez	V corto
Habito de crecimiento	Indeterminado
Ciclo* (Días a R1)	49(1)
Ciclo* (Días a R8)	147(1)
Color de flor	Blanca
Color de pubescencia	Castaño oscuro
Peso de 1000 semillas(gr)*	200
Altura	100(1)
Comportamiento al vuelco*	Muy bueno
Ramificación *	Alta
Porte	Medio

**Tabla 7:** Perfil sanitario de la variedad A Nidera 5009 RG

<b>Perfil sanitario</b>	
Cancro de tallo	R
Podredumbre de la raíz y tallo	MR
Mancha ojo de rana	MS

Referencias:

(1) Datos de Venado Tuerto (Santa Fe), en siembras de 1er quincena de noviembre. (\*) Los valores informados son de referencia y permiten a su vez poder comparar entre variedades. Corresponden a datos promedio de ensayos de investigación realizados durante las últimas dos campañas en condiciones óptimas de cultivo. Estos datos podrán variar de acuerdo a la zona, clima, manejo, tecnología aplicada, fecha de siembra, mayor presencia de enfermedades y otros. Fuente: Catálogo de productos Nidera semillas.

## Anexo II. Análisis estadístico

### Análisis de la varianza y prueba de Tukey para la variable rendimiento

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
R	27	0,99	0,98	1,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	6337926	10	633792,6	106,3	<0,0001
Tratamiento	6285376	8	785672	131,77	<0,0001
Repetición	52550,3	2	26275,15	4,41	0,0299
Error	95395,7	16	5962,23		
Total	6433322	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=224,28424

Error: 5962,2315 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
9	4732,67	3	44,58	A
1	5293,33	3	44,58	B
5	5379,67	3	44,58	B C
2	5575	3	44,58	C D
4	5616,67	3	44,58	D
3	5958,67	3	44,58	E
8	5970	3	44,58	E
6	6147,67	3	44,58	E
7	6430	3	44,58	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Análisis de la varianza y test de Tukey para la variable número de granos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NG	27	0,94	0,91	1,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	867711,9	10	86771,19	27,18	<0,0001
Tratamiento	867061	8	108382,6	33,95	<0,0001
Repetición	650,96	2	325,48	0,1	0,9036
Error	51075,7	16	3192,23		
Total	918787,6	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=164,11245

Error: 3192,2315 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
9	3573,33	3	32,62	A
1	3850,33	3	32,62	B
5	3856,67	3	32,62	B
4	3990	3	32,62	B C
6	4076,67	3	32,62	C D
8	4086,67	3	32,62	C D
3	4100,67	3	32,62	C D
2	4110	3	32,62	C D
7	4178,33	3	32,62	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Análisis de la varianza y test de Tukey para la variable peso de mil granos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PMG	27	0,81	0,7	3,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2066	10	206,6	7,02	0,0003
Tratamiento	1980	8	247,5	8,41	0,0002
Repetición	86	2	43	1,46	0,2612
Error	470,67	16	29,42		
Total	2536,67	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,75401

Error: 29,4167 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
4	144,67	3	3,13	A	
5	145,33	3	3,13	A	
1	147,33	3	3,13	A	
2	148,33	3	3,13	A	
9	150,67	3	3,13	A	B
3	151,33	3	3,13	A	B
8	154,33	3	3,13	A	B
6	165	3	3,13		B C
7	171	3	3,13		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Análisis de la varianza y test de Tukey para la variable ABCPIE

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ABCPPIE	27	0,99	0,99	2,8

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2728225	10	272822,5	316,59	<0,0001
Tratamiento	2718535	8	339816,9	394,34	<0,0001
Repetición	9690,07	2	4845,04	5,62	0,0141
Error	13787,93	16	861,75		
Total	2742013	26			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=85,26756

Error: 861,7454 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

7	463,67	3	16,95	A				
6	816,67	3	16,95		B			
3	913,33	3	16,95			C		
8	918,67	3	16,95			C		
2	996,67	3	16,95			C		
1	1177,67	3	16,95				D	
4	1209,67	3	16,95				D	
5	1303,33	3	16,95					E
9	1652,67	3	16,95					F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### Regresión lineal entre el peso de mil granos y el ABCPIE

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
PMG	27	0,42	0,40	74,54	190,58	194,46

#### **Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	173,81		5,09	163,34	184,28	34,18	<0,0001	
ABCPIE	-0,02		4,6E-03	-0,03	-0,01-4,25	0,0003	18,09	1,00

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	1065,06			1	1065,06	18,09	0,0003
ABCPIE	1065,06			1	1065,06	18,09	0,0003
Error	1471,61	25	58,86				
Total	2536,67	26					

### Regresión lineal entre el rendimiento y el ABCPIE

#### **Análisis de regresión lineal**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
R	27	0,90	0,89	31096,16	356,06	359,94

### Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF	
const	7200,12		108,94	6975,75	7424,49		66,09	<0,0001	
ABCPIE		-1,45	0,10	-1,65	-1,24	-14,60	<0,0001	213,13	1,00

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5757934,05	1	5757934,05	213,13	<0,0001
ABCPIE	5757934,05	1	5757934,05	213,13	<0,0001
Error	675388,02	25	27015,52		
Total	6433322,07	26			

Regresión lineal entre el número de granos y el ABCPIE

### Análisis de regresión lineal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
NG	27	0,78	0,77	10220,44	323,59	327,48

### Coeficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF	
const	4516,94		59,71	4393,96	4639,92	75,65	<0,0001		
ABCPIE		-0,51	0,05	-0,62	-0,40	-9,39	<0,0001	88,21	1,00

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	715888,22	1	715888,22	88,21	<0,0001
ABCPIE	715888,22	1	715888,22	88,21	<0,0001
Error	202899,41	25	8115,98		
Total	918787,63	26			