



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

RESPUESTA DEL RENDIMIENTO EN CULTIVARES DE TRIGO A LA APLICACIÓN DE FUNGICIDA PARA EL CONTROL DE ROYA ANARANJADA (*Puccinia triticina*) EN EL ÁREA DE RIEGO DEL RÍO DULCE DE SANTIAGO DEL ESTERO.

Campo Experimental “Francisco Cantos” del INTA EEA Santiago del Estero

Facundo Valentini^{1a} y Matías Romani^{2-3*}.

¹ Ingeniero Agrónomo (Consultor privado) - ² Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, INTA - ³ Cátedra de Sistemas Productivos de Cereales y Forrajes – Facultad de Agronomía y Agroindustrias UNSE. *romani.matias@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Santiago del Estero, para la campaña 2020/2021 la producción total alcanzó las 468.401 toneladas de grano en una superficie de 395.974 ha lo cual representó un 5,8% a nivel nacional, con rendimiento promedio de apenas 1485 kg ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2021).

En el área de riego del Río Dulce de Santiago del Estero, a la cual está enfocado el presente trabajo, la superficie total implantada con trigo en la campaña 2020/2021 alcanzó las 31.500 ha con una producción total de 69950 toneladas de grano y un rendimiento promedio de 2282 kg ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2021). Estos valores de rendimiento por hectárea, estuvieron muy por encima de la media provincial, pero son muy bajos si se tiene en cuenta la disponibilidad de agua para riego.

El área de riego del Río Dulce se ubica en la meseta que se extiende a ambos márgenes del mismo en la provincia de Santiago del Estero. Dicha área se caracteriza por presentar un clima semiárido sub cálido, altas temperaturas con grandes amplitudes diarias y estacionales, escasez de precipitaciones, alta evapotranspiración y balance hídrico negativo (Jañez et al., 1990).

Los meses de primavera presentan temperaturas medias que varían entre los 17 y 23°C, mientras que, en los meses de verano, la temperatura oscila entre los 26 a 28°C, registrándose máximas absolutas de hasta 47°C. El periodo libre de heladas comprende unos 270 días, con un promedio de 10 heladas por año, que pueden ocurrir entre el 20 de mayo y el 28 de agosto (Cáceres, 1986).

La época de implantación de trigo en el área de riego, se ubica entre los meses de mayo, junio y julio. Así para las implantaciones tempranas, los cultivares precoces están expuestos a las heladas tardías durante la antesis y en implantaciones tardías, los

^a El presente informe es una adaptación del trabajo final de intensificación presentado por Facundo Valentini, para acceder al título de ingeniero agrónomo aprobado por Resolución FAA 392/2022.

cultivares de ciclos más largos se encuentran expuestos a las altas temperaturas de los meses de octubre y noviembre afectando el llenado de granos (Dorado, 1996).

Además del estrés térmico, existen otros factores que limitan el rendimiento y calidad del grano como las deficiencias minerales y las enfermedades (Oerke y Dehne 1997; Annone et al., 2001; Simón et al., 2002; Oerke y Dehne 2004; Duveiller et al., 2007; Carretero, 2011).

Las enfermedades de mayor importancia relativa, son aquellas que afectan los tejidos foliares, espigas y granos. Esto se debe a la difusión, frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico que alcanzan (Annone, 2004). Entre las enfermedades que se destacan por su mayor incidencia sobre el rendimiento en grano, se encuentran Mancha amarilla o bronceada (su fase sexual: *Pyrenophora tritici-repentis* y cuya forma asexual es: *Drechslera tritici-repentis*) y la roya anaranjada o de la hoja (*Puccinia triticina*) (Di Candilo y Espelet, 2019). Estas enfermedades pueden llegar a producir pérdidas de rendimiento del 30% y 55%, respectivamente. La importancia de estas enfermedades varía según el año y la subregión triguera, en función de las condiciones climáticas, ambientales y susceptibilidad de los cultivares (Pérez Fernández y Corro Molas, 1997; 2002).

La Roya anaranjada cuyo agente causal es el hongo *Puccinia triticina*, se encuentra distribuida en todas las regiones trigueras del mundo. Las condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas de 15 a 22 °C, con una óptima de 20°C y un período de mojado de hoja o rocío no menor a 6 horas (Prescott et al., 1986; Germán et al., 2016). El patógeno puede completar su ciclo de infección a formación de nuevas pústulas en períodos relativamente cortos (8 a 10 días), por lo que su desarrollo epidémico es normalmente exponencial (Roelfs et al., 1992). Este parásito es un organismo biotrófico, que se adapta a climas húmedos y semiáridos. Los síntomas ocurren principalmente sobre la parte superior de la lámina de la hoja, donde aparecen pústulas uredosóricas redondas u oblongas, de menos de 2 mm y dependiendo de su edad, estas son de color anaranjado-marrón.

Las pústulas normalmente suelen aparecer sobre las hojas, pudiendo encontrarse raramente sobre vainas y tallos, razón por la cual se la conoce vulgarmente como roya de la hoja. El daño principal de este patógeno se traduce dentro de la espiga afectando principalmente el normal desarrollo de los granos. Las uredosporas son transportadas por el viento en días ventosos y secos, luego germinan cuando las noches son frescas y húmedas. Este patógeno incrementa su ataque desde el período de macollaje a espigazón, por lo que es un momento decisivo para realizar aplicaciones preventivas de fungicida (Socolsky, 2016).

Los rendimientos se ven afectados principalmente, como consecuencia de una disminución del área fotosintéticamente activa, provocando una mayor evapotranspiración en los tejidos afectados y por ende afectando directamente el número de granos por espiga y el peso de los granos por una menor redistribución de fotoasimilados (Alberione et al., 2016).

El período crítico para la determinación del principal componente del rendimiento del trigo, granos por unidad de superficie, abarca los 20 días antes del 50% de floración y los 10 días posteriores (Fischer, 1985). Este es el momento en que el cultivo debe presentar

un área foliar sana, capaz de aprovechar la radiación incidente para maximizar el crecimiento y la viabilidad de los granos (Slafer et al., 2004).

Para estimar el porcentaje del tejido afectado por roya se utilizan diferentes métodos, uno de ellos es la escala de Cobb modificada por Peterson et al., (1948), la cual relaciona el porcentaje real ocupado por uredinios con el grado de severidad. El método de evaluación visual de la severidad se utiliza debido a su sencillez, rapidez y bajo costo, sin embargo, el error en el cálculo puede ser alto (Sauceda-Acosta CP et al, 2015).

La utilización de cultivares con resistencia genética, es la principal estrategia de manejo cultural para el control de enfermedades. Sin embargo, en cultivares susceptibles a roya anaranjada, el control químico puede ser muy eficaz dependiendo del momento y el tipo de fungicida que se utilice (Villar y Cencig, 2016).

Con respecto al uso de fungicidas, existe actualmente una amplia gama de productos comerciales con distintos principios activos e incluso combinaciones de ellos, con dos y hasta tres principios activos en un solo producto.

Existen diferentes grupos de principios activos para el control y/o prevención de enfermedades foliares. El grupo de los triazoles, que inhiben la síntesis del ergosterol, un componente de la membrana plasmática de algunos hongos. El grupo de las estrobilurinas, que afectan el transporte de electrones en la respiración mitocondrial a nivel del complejo III y tienen una propiedad no fungicida deseable que consiste en la inhibición de la biosíntesis de etileno que retrasa la senescencia. Además, actualmente comienza a ganar terreno un grupo nuevo, denominado carboxamidas que producen una inhibición de la fosforilación oxidativa a nivel de la succinato-UQ deshidrogenasa dentro del complejo II en la cadena de transporte de electrones (Melión, 2018).

Cuando nos referimos al momento oportuno de aplicación, se hace necesario destacar la importancia del monitoreo de las enfermedades durante el ciclo de cultivo y la utilización de criterios de umbrales para la toma de decisiones.

Para la mayoría de los fungicidas, la recomendación de aplicaciones preventivas está orientada para la etapa de macollaje – hoja bandera – antesis. Sin embargo, a través de observaciones realizadas en los ensayos de la red de ensayos de trigo llevados a cabo en el Campo Experimental Francisco Cantos de INTA Santiago del Estero desde la campaña 2007/2008 hasta el presente, la aparición de esta enfermedad se ha registrado siempre a partir del momento de antesis en los cultivares susceptibles, con muy buen control de la misma utilizando fungicidas de buena acción curativa.

Otro punto a tener en cuenta, cuando se piensa en el control y prevención de roya anaranjada, es que la mayoría de las experiencias están realizadas en ambientes del sur del país, donde el ciclo del cultivo es mucho más largo, con mayor humedad ambiental y por lo tanto está expuesto a condiciones adversas y posibles ataques de plagas durante mucho más tiempo, en comparación con la zona donde se realiza esta experiencia.

Para el área de riego del Río Dulce de Santiago del Estero, no existe información formal y publicada para trigo, donde se cuantifique la pérdida de rendimiento por efecto de la roya anaranjada o se cuantifique la diferencia de rendimiento en grano entre un cultivar susceptible y resistente cuando esta enfermedad está presente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue implantado en el campo experimental “Francisco Cantos” perteneciente a la EEA INTA Santiago del Estero (28° 03’ LS; 64° 15’ LW; 169 m.s.n.m), Argentina. El ensayo fue implantado el día 2 de junio de 2017 en un lote con suelo franco limoso, perteneciente a la serie “La María” (Angueira y Zamora, 2007) con 35 años de labranza convencional. Las propiedades del suelo en los primeros 30 cm al momento de la siembra fueron: CE 2,1 dS m⁻¹; pH 7,3; P 91 ppm; COT 0,8% y Nt 0,112%.

La implantación se efectuó en forma manual a una distancia entre surcos de 0,20 mts con una densidad de siembra aproximada de 100 kg ha⁻¹. La conducción del experimento se realizó sin limitaciones hídricas y nutricionales para lo cual se aplicaron riegos por manto cada 25–30 días durante el ciclo del cultivo, además de una fertilización con urea en el estado de macollaje. El ensayo se mantuvo libre de malezas mediante la aplicación de metsulfuron al momento de la emergencia de las malezas.

El ensayo estuvo compuesto por un tratamiento de control preventivo dirigido a controlar roya de la hoja o roya anaranjada (*Puccinia triticina*) y su testigo sin aplicación, a través de 4 cultivares comerciales de diferente largo de ciclo: Biointa 3008 (ciclo largo), Inta 615 (ciclo intermedio), Buck Saeta (ciclo corto) y Bioceres 1008 (ciclo corto).

El monitoreo de enfermedades se realizó durante todo el ciclo de cultivo en todos los tratamientos. El tratamiento testigo no recibió aplicación de fungicida, mientras que el tratamiento de control químico recibió una aplicación preventiva equivalente a 700 cm³ ha⁻¹ de fungicida (Tebuconazole 200 g/l + Azoxystrobin 120 g/l), más 500 cm³ ha⁻¹ de coadyuvante en momento de 50% de anthesis y una segunda aplicación 10 días después.

Las aplicaciones se realizaron en horas de la mañana entre las 9 y 10 hs utilizando una mochila pulverizadora JACTO PJH equipada con una barra de 4 picos con pastillas de cono hueco. Para la aplicación se utilizó un volumen total de 650 cm³ de solución el cual se aplicó hasta agotar el contenido de la mochila accionando la palanca constantemente para mantener la presión al máximo (100 psi o 6,8 bar, según informa el fabricante).

Para determinar la incidencia de roya anaranjada, se realizó un monitoreo semanal en cada parcela donde se identificó la presencia de pústulas en 20 plantas al azar utilizando siembre la hoja bandera (hoja de la espiga). A su vez, en las plantas donde se detectó la presencia de roya se estimó la severidad mediante la escala visual (Figura 1) propuesta por Peterson et al. (1948).

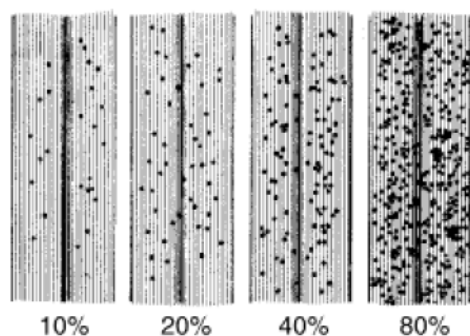


Figura 1: Escala visual para estimación del porcentaje de pústulas en hoja bandera.

La incidencia indica la cantidad de plantas enfermas con respecto al total de plantas, la severidad evalúa el porcentaje de daño en cada planta.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, donde la parcela principal fue el tratamiento de fungicida y la sub parcela estuvo compuesta por los diferentes cultivares. Cada parcela individual estuvo compuesta por 5 líneas de 3,5 metros de largo.

Se registraron los valores de temperatura media, mínima y máxima diaria utilizando una estación Weather Monitor II (Davis Instruments, CA, USA) ubicada a 500 mts del lote donde fue conducido el experimento.

Para caracterizar el desarrollo se utilizó el modelo de tiempo térmico (TT) diario, que resta a la temperatura media diaria, el valor base (T base) de crecimiento de 0 °C (Ritchie, 1991), siendo el modelo:

$$TT = ((T_{max} - T_{min}) / 2) - T_{base} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El método descrito no tiene en cuenta el valor térmico máximo (T max) a partir del cual el desarrollo puede detenerse o retrasarse, por lo que éste modelo puede determinar valores incorrectos en ambientes cálidos. Para evitar esto, se utilizó el modelo de corrección de la temperatura máxima diaria cada vez que la temperatura supere valores de 30 °C, de acuerdo con los resultados presentados por Ritchie (1991); utilizando el modelo propuesto por Bonhomme et al. (1994):

$$T_{maxc} = 30 - (T_{max} - 30) \quad (\text{Ecuación})$$

Donde, T_{maxc} es la temperatura máxima diaria corregida y T_{max} es la temperatura máxima registrada en la estación meteorológica. Así, el modelo utilizado para el cálculo de TT diario fue:

$$TT = ((T_{maxc} - T_{min}) / 2) - T_{base} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Durante el desarrollo del cultivo se registró el momento de espigazón del 50% de las plantas (Z5), anthesis en el 50% de las plantas (Z6) y madurez fisiológica en el 50% de las plantas (Z9) según la escala de Zadoks et al. (1974).

Se estimó la duración del llenado de granos a partir de la diferencia entre la duración del ciclo a MF y la fecha de anthesis. El rendimiento en kg ha⁻¹ fue estimado a partir de la cosecha de 2,5 metros lineales en los 3 surcos centrales de cada parcela y corregido al 14,5% de humedad. Además, se determinó las siguientes variables: número de granos (NG), altura de la planta (centímetros), peso en gramos de 1000 granos (PG) en cada parcela (corregido al 14,5% de humedad).

Todas las variables respuesta fueron evaluadas mediante ANOVA. Las medias se compararon utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (LSD, Fischer) con un nivel de significancia del 5%. Todos los análisis se realizaron utilizando el software InfoStat (2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ambiente

El ambiente térmico para el año 2017 presentó un comportamiento muy similar al registrado en la serie histórica 1989 – 2017 (Tabla 1). Así, a medida que avanzó la estación de crecimiento las temperaturas presentaron un sostenido aumento a partir de mes de agosto, donde desde la segunda década de este mes, la temperatura máxima promedio siempre estuvo por encima de los 25°C y a partir del mes de octubre este valor supero los 30°C (Tabla 1).

La humedad relativa ambiental, presentó tendencia al descenso entre junio y octubre, lo que se explica por el incremento en la temperatura y la escasas de precipitaciones (Tabla 1). Este comportamiento de temperatura y precipitaciones, además generó, un constante incremento en la evapotranspiración potencial del cultivo (Tabla 1).

Tabla 1: Valores promedio decádicos para temperatura máxima (TMAX), mínima (TMIN) y media (TMED) para la serie histórica 1989 – 2017, para el año 2017 y valores decádicos promedio de humedad relativa (HR%), suma de precipitaciones (PP) y promedio de evapotranspiración potencial (ETo).

Mes	Década	1989 - 2017			2017					
		TMAX	TMIN	TMED	TMAX	TMIN	TMED	HR%	PP	ETo
Junio	10	20.6	6.5	13.4	19.2	5.3	12.2	76	2.8	1.1
	20	19.6	6.6	13.0	22.4	3.1	12.6	71	0.2	1.4
	30	19.4	4.4	11.8	24.3	8.9	16.5	70	0.0	1.6
Julio	10	19.8	3.8	11.6	19.0	11.6	15.3	81	3.6	1.3
	20	20.2	3.3	11.8	19.0	3.8	10.7	67	1.2	1.4
	30	21.3	2.9	12.1	25.3	7.3	16.0	60	0.0	2.0
Agosto	10	22.2	4.5	13.4	24.4	7.1	15.6	65	0.0	2.2
	20	24.3	5.4	14.9	25.2	6.4	16.0	57	0.0	2.6
	30	25.5	6.6	16.1	25.4	9.6	17.7	56	0.6	2.7
Septiembre	10	25.8	7.9	16.9	26.3	10.0	18.6	58	0.4	3.1
	20	26.4	8.1	17.6	27.2	6.8	17.6	50	0.0	3.6
	30	27.2	9.5	18.6	26.6	10.6	18.4	67	10.8	3.1
Octubre	10	29.0	12.3	20.9	30.3	12.6	21.5	51	26.6	4.3
	20	30.0	13.9	22.1	29.1	12.2	20.6	62	4.0	4.2
	30	29.7	15.3	22.4	31.1	14.1	23.1	56	4.0	4.9

Fenología

A pesar de haber utilizado cultivares de diferente duración de ciclo, los cuatro cultivares utilizados, presentaron un comportamiento fenológico muy similar para todas las etapas registradas, tanto en tiempo cronológico como en grados día (Tabla 2). Dado que la temperatura base y óptima para el desarrollo varía entre 0 y 25°C (Slafer y Rawson, 1995), este comportamiento, se puede explicar por la incidencia de temperaturas medias moderadas y máximas muy cercanas al máximo óptimo durante la etapa vegetativa entre junio y agosto (Tabla 1).

En cuanto a la aplicación de fungicida, este tratamiento no generó variaciones en la duración de las etapas fenológicas en ninguno de los cultivares (dato no mostrado).

Tabla 2: Fecha, días y grados día acumulados desde emergencia a espigazón, antesis y madurez fisiológica para cada cultivar.

Cultivar	Fecha			día			°Cd		
	Esp	Ant	MF	Esp	Ant	MF	Esp	Ant	MF
Inta615	26-ago	4-sep	20-oct	77	86	132	1174	1329	2108
Biointa 3008	24-ago	30-ago	22-oct	75	81	134	1133	1246	2142
Buck saeta	23-ago	29-ago	17-oct	74	80	129	1114	1231	2046
Bioceres 1008	21-ago	30-ago	18-oct	72	81	130	1083	1246	2066

Monitoreo de Roya Anaranjada

En cuanto al seguimiento de roya anaranjada, se detectó la presencia de esta enfermedad el día 01/09 mediante la observación de pústulas en una sola planta en el cultivar Bioceres 1008 en el tratamiento sin fungicida (Tabla 3). Esto coincidió con la ocurrencia del estadio fenológico de antesis en los cultivares utilizados en el ensayo (Tabla 2).

Mediante el monitoreo no se registró mayor avance de la enfermedad hasta el monitoreo realizado en 29/09, momento a partir del cual se registró la presencia de la enfermedad en todos los cultivares del tratamiento sin fungicida. Este comportamiento podría explicarse por la ocurrencia de precipitaciones a finales de septiembre (Tabla 1) incrementando la humedad relativa promedio diaria a valores superiores a 80% durante tres días consecutivos y generando condiciones predisponentes para la infección de las esporas presentes (Prescott et al., 1986).

Tabla 3: Valores porcentuales de incidencia y severidad obtenidos en los tratamientos sin aplicación de fungicida.

		SIN FUNGICIDA	1-sep	8-sep	15-sep	22-sep	29-sep	6-oct	13-oct	20-oct
INCIDENCIA	Inta615	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	Biointa 3008	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	Buck saeta	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	Bioceres 1008	5	10	10	5	100	100	100	100	100
SEVERIDAD	Inta615	0	0	0	0	10	10	10	10	10
	Biointa 3008	0	0	0	0	10	10	10	10	10
	Buck saeta	0	0	0	0	10	10	10	10	10
	Bioceres 1008	2	5	5	5	40	40	40	40	40

Mediante el monitoreo no se registró mayor avance de la enfermedad hasta el monitoreo realizado en 29/09, momento a partir del cual se registró la presencia de la enfermedad en todos los cultivares del tratamiento sin fungicida. Este comportamiento podría explicarse por la ocurrencia de precipitaciones a finales de septiembre (Tabla 1) incrementando la humedad relativa promedio diaria a valores superiores a 80% durante tres días consecutivos y generando condiciones predisponentes para la infección de las esporas presentes (Prescott et al., 1986).

Si bien a partir del 29/09 el 100% de las plantas registraron presencia de pústulas (incidencia), el porcentaje de cobertura de las hojas ó severidad de la roya no superó el 10% en todos los cultivares salvo Bioceres 1008 que presentó un 40% según la escala de

referencia utilizada. Este comportamiento en Bioceres 1008, podría ser tomado como un indicador de mayor susceptibilidad a roya anaranjada en este cultivar.

Un punto muy importante a destacar, es que este incremento en la incidencia se produjo casi 30 días después de anthesis, cuando el grano estaba en un estado avanzado de llenado teniendo el patógeno menor posibilidad de afectar el rendimiento ya que la severidad no fue importante en tres de los cuatro cultivares utilizados.

Rendimiento y sus componentes

Si bien, la variable rendimiento en grano presentó diferencias significativas para cultivares y tratamiento fungicida, ambos tratamientos registraron una interacción significativa (Tabla 4).

Tabla 4: Resultado y análisis de la varianza para rendimiento en Kg ha⁻¹ (RTO), número de granos por m² (NG), peso de 1000 granos en gr (PG), altura de planta en cm (Alt) y número de espigas por metro lineal (Nesp) a través de los diferentes cultivares y tratamientos con y sin fungicida (CF y SF, respectivamente).

	RTO	NG	PG	Alt	Nesp
Buck saeta	4022 a	11163 a	36.1 b	80.5 b	81.5 a
Inta 615	3871 ab	10425 ab	37.3 ab	90.4 a	83.2 a
Biointa 3008	3824 b	9808 bc	39.1 a	79.7 b	65.7 b
Bioceres 1008	3323 c	9299 c	35.6 b	80.8 b	83.4 a
CF	3911 a	10237 a	38.4 a	83.1 a	77.8 a
SF	3609 b	10110 a	35.7 b	82.6 a	79.1 a
Cultivar	***	**	NS	***	**
Fungicida	**	NS	**	NS	NS
Cultivar*Fungicida	**	NS	NS	NS	NS
CV	4.1	8.1	6.2	2.6	8.1

CV: Coeficiente de variación; **: p<0,05; ***: p<0,0001

La interacción entre cultivares y fungicida para rendimiento en grano, se explica principalmente por variaciones en el comportamiento de Bioceres 1008 y en menor medida de Buck Saeta (Figura 2). En el cultivar Bioceres 1008, se presentó un rendimiento muy similar al promedio del ensayo cuando se le aplicó fungicida con una caída muy importante y significativa cuando no se aplicó fungicida (966 kg ha⁻¹). Por otra parte, en el cultivar Buck Saeta la aplicación de fungicida generó una leve pero significativa diferencia en la producción de grano (364 kg ha⁻¹), en comparación al tratamiento testigo sin fungicida.

La disminución del rendimiento en Bioceres 1008 en el tratamiento sin fungicida (966 kg ha⁻¹ en promedio), se explica por la severidad de la enfermedad en este cultivar (40%). Este hecho se ve reflejado en el mayor porcentaje de pústulas registradas lo que indica una mayor susceptibilidad de este cultivar a roya anaranjada. Este comportamiento, coincide con estudios previos donde se informó la susceptibilidad a esta enfermedad en Bioceres 1008, con altos valores de severidad registrados (Gieco et al., 2018; Terrile et al., 2019).

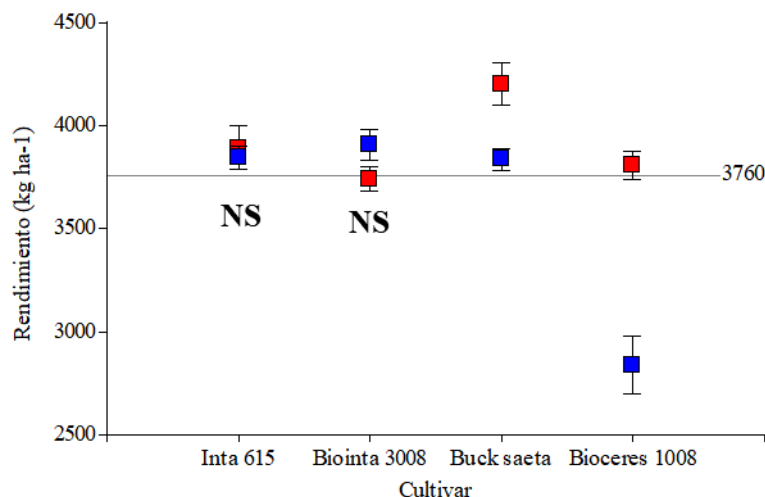


Figura 2: Rendimiento promedio en función del cultivar sin aplicación de fungicida (■) y con aplicación de fungicida (■). La línea horizontal marca el rendimiento promedio de todo el ensayo (3760 kg ha⁻¹). NS: diferencia no significativa entre control tratado y sin tratamiento fungicida dentro del mismo cultivar.

Número y peso de granos

La interacción antes descrita para la variable rendimiento, entre los tratamientos con y sin fungicida para el cultivar Bioceres 1008, se puede explicar a través del comportamiento del número y peso de granos. Así, la aplicación de fungicida registró una diferencia en el número de granos del 11%, a favor del tratamiento con fungicida, mientras que en el caso del peso de granos dicha diferencia fue del 16,3%. Estos resultados coinciden con estudios previos donde la utilización de combinaciones de triazoles y estrobilurinas, para el control de roya anaranjada en un cultivar de trigo susceptible, registró diferencias significativas en número de granos y peso de mil granos (Fleitas et al., 2016).

Al analizar el comportamiento de los componentes del rendimiento en Buck Saeta, se detectó que solo la variable peso de granos generó una diferencia significativa donde el tratamiento con fungicida superó en un 11,1% al tratamiento testigo.

Análisis económico de la aplicación de fungicida

El análisis económico de la aplicación del fungicida, se realiza teniendo en cuenta las variables económicas al día 15 de febrero de 2022.

*Cotización del dólar vendedor tipo de cambio banco nación \$112,87

*Precio del fungicida por litro u\$s 29,90: costo u\$s 20,93 por hectárea

*Precio del coadyuvante por litro u\$s 7,88: costo u\$s 4,94 por hectárea

*Precio de la aplicación con contratista local u\$s 6 por hectárea

*El precio de la tonelada de trigo en bolsa de comercio de Rosario \$25.700

Teniendo en cuenta estas variables, el costo de **dos aplicaciones** de fungicida para la dosis utilizada fue de \$7.193,58; mientras que la diferencia de rendimiento en grano para el

cultivar Bioceres 1008 equivale a \$24.826,20. Un punto muy importante a tener en cuenta, es que se realizaron dos aplicaciones para asegurar que el tratamiento control con fungicida estuviera libre de roya. Así, la aplicación de una sola dosis de fungicida, hubiera sido suficiente en condiciones de manejo normal para el caso de un cultivo comercial en el lugar y año donde se realizó el experimento.

Debe aclararse que los resultados económicos de este análisis, serán diferentes de acuerdo a los precios de los productos químicos empleados y la disponibilidad de contratistas en la zona o del empleo de maquinaria propia.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos para la campaña 2017 - 2018, en el cultivar susceptible la disminución del rendimiento en grano por efecto de la roya anaranjada representó un 25% entre el tratamiento con control preventivo y el tratamiento testigo sin aplicar, con un costo de pérdida 3,4 veces mayor al costo del control de la enfermedad.

Para el resto de los cultivares, solo Buck Saeta presentó diferencias significativas entre el tratamiento con control preventivo y el tratamiento testigo sin aplicar. Sin embargo, estas diferencias fueron 1,3 veces el costo de control.

Claramente, el monitoreo constante del cultivo es una herramienta indispensable para poder utilizar los agroquímicos de forma responsable y aumentar los márgenes económicos de cualquier actividad agrícola.

Los resultados presentados en este trabajo sirven de forma informativa y orientativa en cuanto al efecto de roya anaranjada en el cultivo de trigo. Sin embargo, estudios más detallados con mayor número de cultivares, son requeridos para llegar a conclusiones más firmes sobre esta enfermedad.

BIBLIOGRAFÍA

Alberione E, Donaire G, Cossavella F, Miloc P, Conde B, Juárez IEM (2016) Eficiencia en el control químico de roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y roya del tallo (*Puccinia graminis*) en cultivares de trigo pan (*Triticum aestivum* L). Evaluación de cultivares de trigo en la EEA Marcos Juárez Actualización campaña 2016.

Angueira C y Zamora E (2007) Oeste del Área de Riego del Río Dulce, Santiago del Estero, Argentina. Serie de informes técnicos EEA Santiago del Estero, N ° 40.

Annone JG, García R, Botta G, Ivancovich A (2001) Pérdidas de rendimiento ocasionadas por la "Roya de la Hoja" y la "Mancha Amarilla" del trigo: estimaciones en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Revista de Tecnología Agropecuaria Vol. VI, Núm. 16. E.E.A. INTA Pergamino. pp 21-23.

Annone JG (2004) Manejo integrado de las principales enfermedades del trigo en siembra directa: Logros obtenidos y asignaturas pendientes. XII Congreso de AAPRESID. Rosario, 10 al 13 de agosto. p. 111-118.

Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2021. Informe cierre de campaña trigo 2020/21. Disponible en <https://www.bolsadecereales.com/imagenes/informes/2021-01/157-informecierret trigo202021.pdf>

Cáceres JM (1986) Determinación del mapa de zonas geo-agro-ecológicas homogéneas de la provincia de Santiago del Estero. Primera parte: estudio de las características climáticas de la provincia de Santiago del Estero. Dirección General de Catastro de la Provincia de Santiago del Estero. 33 pág.

Carretero R (2011) Una aproximación mecanística al problema de las enfermedades foliares en el cultivo de trigo. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 96 pp.

Di Candilo PE y Espelet CF (2019) Efecto del tratamiento con fungicida sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo de trigo (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata (UNLP)).

Duveiller E, Singh R, Nicol J (2007) The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*, 157: 417-430.

Fleitas MC, Gerard GS, Simón MR (2016) Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano.

Fischer RA (1985) Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science* 105: 447-461.

Germán, S., Pereyra, S., Castro, M., Azzimonti, G., Quincke, M., Kohli, M. M., ... & Campos, P. (2016). Las royas del trigo: situación a nivel regional y amenazas para el cultivo. VIII Congreso Nacional de Trigo. In VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur (Vol. 14).

Gieco LC, Milisich HJ, Schutt LS, Sanchez LM, Ocampo OA (2018) Evaluación de cultivares de trigo en Entre Ríos (Sub región III). Ciclo agrícola 2017/18.

Jañez H, Semproni G y Neme H (1990) Caracterización del sector agropecuario de la provincia de Santiago del Estero. Estudio para la implementación de la reforma impositiva agropecuaria. Proyecto PNUD Argentina 85/019. 150 pag.

Melió D (2018) Trigo: la sanidad, ante todo. AER Bragado. Ministerio de Agroindustria de la Nación disponible en: <https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas>.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2021). Disponible en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones> (consulta: 14/09/2021)

Oerke EC, Dehne HW (1997) Global crop production and the efficacy of crop protection-current situation and future trends. *European Journal of Plant Pathology*, 103:203-215.

- Oerke EC, Dehne HW (2004) Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23:275-285.
- Pérez Fernández J y A Corro Molas (1997) “Actualización técnica del cultivo de trigo” *Boletín 58*, capítulo 7.
- Pérez Fernández J y A Corro Molas (2002) “Actualización técnica del cultivo de trigo”, *Boletín 76*, capítulo 9.
- Peterson RF, AB Campbell and AE Hannah (1948) A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research* 26:496-500.
- Prescott JM, Burnett PA, Saari EE (1986) Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. *Cimmyt*. México, D.F., México. Pág 2-3.
- Roelfs AP, Singh RP, Saari EE (1992) Las royas del trigo; conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F., *cimmyt*. 81 p.
- Sauceda-Acosta CP, Lugo-García GA, Villaseñor-Mir HE, Partida-Ruvalcaba L, Reyes-Olivas Á (2015) Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) en trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 427-434.
- Slafer GA and Rawson HM (1995) Base and optimum temperatures vary with genotype and stage of development in wheat. *Plant Cell and Environ.* 18: 671 – 679.
- Slafer GA, Miralles DJ, Savin R, Whithchurch EM, González FG (2004) Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en trigo. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Facultad de Agronomía. UBA. Ciudad de Buenos Aires. Pp.99-132.
- Socolsky L (2016) “Alternativas de control químico de roya anaranjada (*Puccinia triticina*)”.
- Simón MR, Perelló AE, Cordo CA, Struik PC (2002) Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Science*, 42: 1974-1981.
- Terrile II, Couretot LA, Samoiloff, A (2019) Panorama y comportamiento sanitario de variedades de trigo en la zona norte de la provincia de Buenos Aires-Campaña 2018. Ediciones INTA.
- Villar PJJ y Cencig AG (2016) Control químico de la roya de la hoja del trigo: momento de aplicación. *Publicación miscelánea*. EEA Rafaela, (101).
- Zadoks JC, TT Chang, and CF Konzak (1974) A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415