

# Sensibilidad a fungicidas de cepas paraguayas de *Pyricularia oryzae* aisladas de trigo

## Fungicide Sensitivity of Paraguayan Strains of *Pyricularia oryzae* Isolated from Wheat

Luis Fernando Morel González<sup>1,2</sup> , Alice Rocío Chávez<sup>1,2\*</sup> , Liz Verónica Alvarenga<sup>2</sup> ,  
Jorge Andrés Domínguez<sup>1</sup>  y Man Mohan Kohli<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica Caacupé. Caacupé, Paraguay.

<sup>2</sup> Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas, Proyecto Pyricularia en Trigo. Asunción, Paraguay.

### \*Autor para correspondencia:

[alice.r.chavez@gmail.com](mailto:alice.r.chavez@gmail.com)

### Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Contribución de autores:

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales a la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de los datos, revisión del manuscrito y aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad del contenido del manuscrito.

### Financiamiento:

Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas CAPECO.

### Disponibilidad de datos

Todo el conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio está disponible mediante solicitud al autor de correspondencia. El conjunto de datos no está públicamente disponible debido a que forman parte de futuras publicaciones.

### Historial:

Recibido: 06-08-2025;  
Aceptado: 05-12-2025;  
Publicado: 16-12-2025

### Editor responsable:

Arnaldo Esquivel-Fariña   
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

### Licencia:

Artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY 4.0

## RESUMEN

El brusone del trigo causado por *Pyricularia oryzae* es una enfermedad difícil de controlar, considerando los múltiples reportes de resistencia del hongo a fungicidas triazoles y estrobilurinas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la sensibilidad de cepas paraguayas de *P. oryzae* a cinco productos fungicidas en condiciones *in vitro* mediante la determinación de la concentración inhibitoria media (CI50). El experimento se realizó en el Centro de Investigación Hernando Bertoni, IPTA, Caacupé. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con arreglo factorial 5x5x8, con 10 repeticiones. Los factores en estudio fueron cinco cepas de *P. oryzae*; cinco fungicidas (Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%; Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%; Tebuconazole 25%; Fluxapyroxad 33,3%; Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%) y ocho concentraciones de cada fungicida (0 (control); 0,1; 1; 5; 10; 20; 40 y 80 µg ml<sup>-1</sup>). La CI50 se calculó determinando el crecimiento relativo de las cepas frente a cada concentración de fungicida mediante regresión log logística de tres parámetros LL.3. La sensibilidad de las cepas y la fungitoxicidad de los fungicidas se clasificaron en función de la CI50, así como la esporulación de las cepas mediante el recuento de conidios ml<sup>-1</sup>. Se observó que las cepas presentaron sensibilidad diferenciada a los fungicidas evaluados. Ninguno de los fungicidas logró inhibir completamente la esporulación.

**Palabras clave:** *Magnaporthe oryzae*, brusone del trigo, control químico, fungicidas, sensibilidad.

## ABSTRACT

Wheat blast caused by *Pyricularia oryzae* is a challenging disease to control, considering the multiple reports of fungicide resistance in triazole and strobilurin fungicides. The objective of this work was to evaluate the sensitivity of Paraguayan strains of *P. oryzae* to five fungicide products under *in vitro* conditions through determination of the median inhibitory concentration (IC50). The experiment was conducted at the Hernando Bertoni Research Center, IPTA, Caacupé. A randomized complete block design with a 5×5×8 factorial arrangement and 10 replications was used. The factors studied were five strains of *P. oryzae*; five fungicides (Cyproconazole 12% + Azoxystrobin 20%; Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%; Tebuconazole 25%; Fluxapyroxad 33.3%; Fluxapyroxad 7.7% + Pyraclostrobin 15.5% + Revysol 11.6%), and eight concentrations of each fungicide (0 (control); 0.1; 1; 5; 10; 20; 40, and 80 µg ml<sup>-1</sup>). The IC50 was calculated by determining the relative growth of strains at each fungicide concentration using three-parameter log-logistic regression LL.3. Strain sensitivity and fungicide fungitoxicity were classified based on IC50 values, as well as strain sporulation through conidia ml<sup>-1</sup> counts. The strains exhibited differential sensitivity to the evaluated fungicides. None of the fungicides achieved complete inhibition of sporulation.

**Keywords:** *Magnaporthe oryzae*, wheat blast, chemical control, fungicides, sensitivity.

## INTRODUCCIÓN

La *Pyricularia* o brusone del trigo es una enfermedad causada por el hongo *Pyricularia oryzae* patotipo Triticum (PoT) la cual causa pérdidas variables que pueden ir del cinco al 100% dependiendo de factores como las condiciones ambientales, la variedad utilizada y las prácticas de manejo (Kohli, Mehta, Guzman, De Viedma y Cubilla, 2011). En general, es considerada una enfermedad de difícil control, por lo que para manejarla adecuadamente se recomienda emplear un conjunto de medidas tales como el uso de variedades resistentes, siembra en época recomendada, uso de semillas sanas y el control químico mediante fungicidas (Cruz y Valent, 2017; Kohli, Cazal y Chávez, 2020).

Aparte de la resistencia genética, el uso de fungicidas es la práctica más común para el manejo de enfermedades en el cultivo de trigo. Sin embargo, la aplicación repetitiva de un mismo fungicida (un solo principio activo o mezclas de principios activos) puede traer consigo la aparición de resistencia del patógeno a los fungicidas comúnmente utilizados (Carmona y Sautua, 2017).

La resistencia de PoT a los triazoles y estrobilurinas fue reportada en 2015 en Brasil (Castroangudín et al., 2015; Oliveira, Castroagudín, Nunes Maciel, dos Santos Pereira y Ceresini, 2015). También se conoce que la resistencia a los triazoles está presente en cepas aisladas de distintas especies de malezas asociadas al cultivo de trigo (Dorigan et al., 2019) y en distintas poblaciones de PoT en Brasil (Poloni et al., 2021).

La eficiencia de los fungicidas para el control de PoT varía mucho dependiendo de la región, de manera que un producto puede ser efectivo en una región y no en otra (Cruz et al., 2019), por lo que es importante evaluar la efectividad de los mismos a fin de recomendar los fungicidas más efectivos para cada región. Según el Comité de Acción de Resistencia a Fungicidas (*Fungicide Resistance Action Committee*, 2018), el monitoreo de la sensibilidad de un hongo a un fungicida es importante para maximizar su eficacia de control. Por esta razón, es muy importante establecer la sensibilidad para cada combinación fungicida/patógeno.

Paraguay carece de información acerca de la eficacia de los distintos productos para el control de PoT y además se desconoce la sensibilidad de distintas cepas del hongo a los diferentes principios activos. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la sensibilidad de cepas de

PoT a diferentes productos fungicidas en condiciones *in vitro* mediante el cálculo de la CI50 y la evaluación de la esporulación del patógeno frente a los diferentes productos fungicidas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio del Departamento de Fitopatología del Centro de Investigación Hernando Bertoni (CIHB), Instituto Paraguayo de Investigación Agraria (IPTA), Caacupé, Cordillera, durante los meses de noviembre de 2022 a mayo de 2023.

Se aplicó un diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo factorial 5x5x8, con 10 repeticiones, totalizando 200 tratamientos que consistieron en la combinación de los siguientes factores: cinco productos fungicidas (Ciproconazole 12% + Azoxistrobina 20%; Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%; Tebuconazole 25%; Fluxapyroxad 33,3%; Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%), cinco cepas de PoT y ocho concentraciones de cada fungicida [0 (testigo); 0,1; 1; 5; 10; 20; 40 y 80 µg ml<sup>-1</sup>]. Cada unidad experimental correspondió a una placa de Petri.

Los aislados fueron obtenidos de zonas productoras de trigo en Paraguay según se detalla en la Tabla 1.

Las mismas fueron identificadas morfológicamente mediante observación microscópica y molecularmente mediante PCR convencional utilizando los marcadores moleculares Pot-2a, el cual es un marcador general para el género *Pyricularia* y MoT3 que es específico para el patotipo Triticum de *P. oryzae* (Pieck et al., 2017).

Para determinar la concentración inhibitoria media (CI50) de cada producto fungicida, se siguió la metodología de Dominguez, Sautua y Carmona (2021). Bajo cámara de flujo laminar, con agua destilada esterilizada se prepararon dos suspensiones madre de cada producto fungicida, de manera a obtener una concentración de 1 µg ml<sup>-1</sup> y 10 µg ml<sup>-1</sup> de principios activos. A partir de las suspensiones madre, se adicionaron las cantidades necesarias para lograr las concentraciones variables de los productos fungicidas [0; 0,1; 1; 5; 10; 20; 40 y 80 µg ml<sup>-1</sup>] al medio de cultivo de agar avena, cuando este se encontraba a una temperatura de aproximadamente 45 °C. El medio con distintas concentraciones de producto fungicida, previamente homogeneizado, fue volcado en placas de Petri. Una vez solidificado, se sembró, en el centro de cada una, un disco de agar de 6 mm conteniendo micelio activo

**Tabla 1.** Cepas de *Pyricularia oryzae* perteneciente a la colección del Proyecto *Pyricularia* en trigo CAPECO utilizadas en el experimento

Código	Localidad	Departamento	Año	Parte de la planta
P12-001	Yhovy	Canindeyú	2012	Semilla
P13-009	Capitán Miranda	Itapúa	2013	Espiga
P14-039	Estancia Flor	Alto Paraná	2014	Espiga
P18-119	Yhovy	Canindeyú	2018	Hoja
P18-121	Capitán Miranda	Itapúa	2018	Espiga

**Tabla 2.** Escala de sensibilidad basada en la CI50 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ ). Criterio de sensibilidad de hongos a fungicidas y de fungitoxicidad de acuerdo con la escala propuesta por Edgington et al. (1971).

Escala de CI50 ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ )	Sensibilidad del hongo	Fungitoxicidad del fungicida
<1	Muy sensible	Alta fungitoxicidad
1 a 10	Moderadamente sensible	Moderada fungitoxicidad
10 a 50	Poco sensible	Baja fungitoxicidad
>50	Insensible	Sin fungitoxicidad

del patógeno. Las placas inoculadas se incubaron en la cámara de cultivo a 25-27 °C con un fotoperiodo de 12 h luz/12 h oscuridad (Marangoni, Nunes, Fonseca y Mehta, 2013). Cuando el tratamiento testigo llenó la placa de Petri, a los 15 días, se realizaron mediciones del crecimiento radial del hongo con un calibre digital. Se midieron dos diámetros de la colonia en forma perpendicular, y se calculó un promedio de ambas mediciones.

El crecimiento relativo para cada combinación fungicida-cepa fue calculado de la siguiente forma: diámetro de la colonia con fungicida/diámetro de la colonia del tratamiento testigo. Por último, se realizó un promedio de las 10 placas de cada concentración de fungicida. Con estos datos se procedió a realizar una regresión ajustando un modelo log logístico de tres parámetros (LL.3) utilizando el paquete *drc* del software R versión 4.5.0 y con los valores obtenidos de dicha regresión se calculó la CI50 de cada una de las cepas y productos fungicidas en estudio. Con los valores de CI50 calculados, las cepas fueron clasificadas en base a su sensibilidad a cada uno de los productos fungicidas. La fungitoxicidad de los productos fue clasificada utilizando la escala propuesta por Edgington, Khew y Barrow (1971) (Tabla 2).

Para evaluar la esporulación de las cepas, se seleccionaron aleatoriamente, de cada concentración, cinco placas de las 10 repeticiones de cada tratamiento. Bajo cámara de flujo laminar, se procedió a remover el micelio con una varilla de vidrio en las placas que después fueron incubadas bajo luz fluorescente constante por 72 horas para favorecer la esporulación (Marangoni et al., 2013). Posteriormente, se procedió a raspar la superficie de las placas con un cepillo, agregando 10 ml de agua destilada a cada placa para remover los conidios formando una suspensión. Por último, bajo microscopio, con un hematocitómetro se realizó el recuento de los conidios del hongo extrayendo una muestra de 100  $\mu\text{L}$  de la suspensión. Se realizaron dos conteos por cada placa. El promedio de los dos conteos fue multiplicado por el factor de corrección (50.000), siguiendo la metodología de French y Hebert (1980).

La esporulación de los aislados se analizó mediante un modelo lineal generalizado con distribución binomial negativa, se graficaron las medias marginales en función de la concentración de fungicida. Para el análisis de la CI50 se ajustó un modelo log logístico de tres parámetros (LL.3) y se calcularon los intervalos de confianza utilizando el paquete *drc* del software R versión 4.5.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las cepas estudiadas

presentaron distintas sensibilidades a los productos fungicidas evaluados. Para el fungicida Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%, todas las cepas fueron moderadamente sensibles (Tabla 3). La cepa P13-009 para el fungicida Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%, y la cepa P18-119 para el Tebuconazole 25%, fueron muy sensibles a estos fungicidas, mientras que las demás cepas mostraron moderada sensibilidad a los mismos.

Por otra parte, el fungicida que presentó los valores de CI50 más elevados fue el Fluxapyroxad 33,3%, por lo que las cepas fueron clasificadas como insensibles al mismo. Así también, todas las cepas fueron poco sensibles al fungicida Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%. El fungicida con los valores de CI50 más bajos fue el Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%.

En la Figura 1 se presentan las curvas de concentración-crecimiento relativo obtenidas para los cinco fungicidas evaluados frente a las cinco cepas del patógeno. En todos los casos se observa una disminución progresiva del crecimiento relativo a medida que aumenta la concentración del fungicida.

Los fungicidas Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10% y Tebuconazole 25% muestran pendientes más pronunciadas en la mayoría de las cepas, lo cual indica mayor eficacia en la reducción del crecimiento relativo y menores valores estimados de CI50. Por el contrario, los fungicidas Fluxapyroxad 33,3% y Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6% presentan mayor crecimiento para todas las cepas. El fungicida Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20% presenta una mayor eficacia representada por la reducción del crecimiento relativo para las cepas más antiguas (P12-001, P13-009 y P14-039) pero no para las cepas más recientes (P18-119 y P18-121).

La cepa P18-119 muestra una discriminación más marcada entre fungicidas, mientras que las demás cepas exhiben curvas más próximas entre sí, indicando una sensibilidad relativamente homogénea entre las mismas.

Los estudios realizados por Boaretto et al. (2015) reportan que de seis aislados de *Pyricularia oryzae* evaluados, cinco resultaron muy sensibles y uno resultó insensible al Tebuconazole. A su vez, Cazón, Ascari, Santos y Emerson Medeiros (2022) obtuvieron valores de CI50 que variaron de 0,003 a 1,188  $\mu\text{g ml}^{-1}$  para este fungicida, clasificando las cepas como muy sensibles a moderadamente sensibles, lo que concuerda con este estudio donde cuatro de las cepas estudiadas fueron clasificadas como moderadamente

**Tabla 3.** Concentración inhibitoria media (CI50) de los productos fungicidas evaluados para las cinco cepas de PoT, con sus intervalos de confianza y clasificación según la escala de Edgington et al. (1971).

Fungicida	Cepa	CI <sub>50</sub> estimado µg ml <sup>-1</sup>	Intervalo de confianza 95% para la CI <sub>50</sub> µg ml <sup>-1</sup>	Clasificación Cepa/Fungicida
Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%	P12-001	7,04	1,8-12,2	Moderadamente sensibles/Moderada fungitoxicidad
	P13-009	3,09	0,54-5,64	
	P14-039	2,73	0,98-4,80	
	P18-119	7,62	4,43-10,83	
	P18-121	9,53	3,15-15,92	
Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%	P12-001	2,14	0,8-3,4	Moderadamente sensible/Moderada fungitoxicidad
	P13-009	0,65	0,10-1,19	Muy sensible/Alta fungitoxicidad
	P14-039	1,59	0,52-2,66	Moderadamente sensibles/Moderada fungitoxicidad
	P18-119	1,73	0,73-2,73	
	P18-121	2,19	0,86-3,52	
Tebuconazole 25%	P12-001	3,10	1,1-5,09	Moderadamente sensible/Moderada fungitoxicidad
	P13-009	2,63	0,35-4,91	
	P14-039	4,68	2,47-6,88	Muy sensible/Alta fungitoxicidad
	P18-119	0,73	0,11-1,35	
	P18-121	3,57	1,43-5,71	Moderadamente sensible/Moderada fungitoxicidad
Fluxapyroxad 33.3%	P12-001	78,92	50,8-107,03	Insensibles/Sin fungitoxicidad
	P13-009	54,25	37,91-70,59	
	P14-039	87,05	49,83-124,27	
	P18-119	58,41	38,67-78,16	
	P18-121	67,59	34,79-100,38	
Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%	P12-001	27,65	15,25-40,05	Poco sensibles/Baja fungitoxicidad
	P13-009	18,74	8,54-28,95	
	P14-039	24,29	15,21-33,36	
	P18-119	19,22	10,84-27,59	
	P18-121	32,59	21,85-43,34	

sensibles y una muy sensible al tebuconazole con valores de CI50 más elevados (entre 0,73 µg ml<sup>-1</sup> y 4,68 µg ml<sup>-1</sup>).

En cuanto a los fungicidas pertenecientes al grupo de las carboxamidas, Cazón et al. (2022) obtuvieron valores de CI50 de 3,26 a 136 µg ml<sup>-1</sup> para el Fluxapyroxad, clasificando a las cepas como moderadamente sensibles a insensibles. En este trabajo, los valores de CI50 para ese principio activo fueron de 54,25 a 87,05 µg ml<sup>-1</sup>, siendo los más altos para todas las cepas evaluadas.

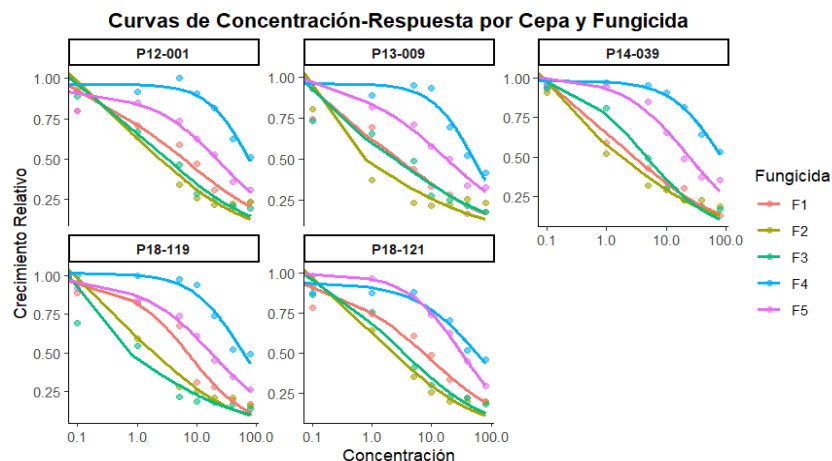
Por otro lado, la mezcla de triazoles con estrobilurinas (Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%) presentó valores de CI50 de entre 2,53 a 9,53 µg ml<sup>-1</sup>. Teniendo en cuenta que Castroagudín et al. (2015) observaron que la CI50 de la población de *Pyricularia oryzae* para el fungicida Azoxystrobina fue mayor a 10 µg ml<sup>-1</sup>, se considera que los valores de CI50 observados para la mezcla fueron debidos al triazol. No obstante, es necesario evaluar la sensibilidad de las cepas paraguayas a los principios activos por separado.

Lo mismo ocurre con el producto mezcla de carboxamidas

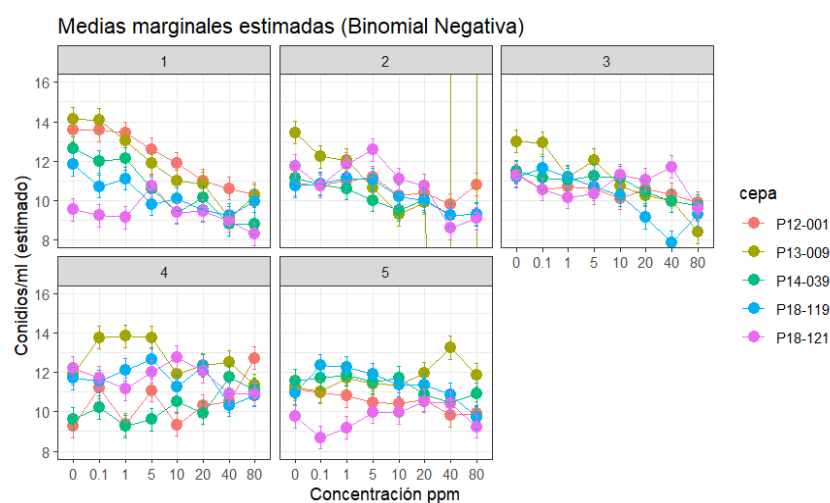
y estrobilurinas, a base de Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%, cuyos valores de CI50 variaron entre 0,65 a 2,19 µg ml<sup>-1</sup> para las cepas evaluadas. Considerando que Oliveira et al. (2015) reportaron resistencia cruzada a las estrobilurinas en la población de *Pyricularia oryzae*, y que Cazón et al. (2022) reportan valores de CI50 de 0,001 a 0,044 µg ml<sup>-1</sup> para el Benzovindiflupyr, los valores de CI50 observados en este trabajo se consideran altos en comparación a lo reportado por los mencionados autores.

El producto a base de una triple mezcla de principios activos (Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%) presentó valores de CI50 de entre 18,74 y 32,59 µg ml<sup>-1</sup>, siendo estos valores mayores a los observados para los productos mezcla de triazol más estrobilurina y carboxamida más estrobilurina, indicando que la triple mezcla podría no ser más efectiva para el control de PoT.

En la Figura 2 se presentan las medias marginales del recuento de conidios ml<sup>-1</sup> de las cepas estudiadas para los productos fungicidas evaluados. Se observó esporulación de todas las cepas en todas las concentraciones y todos los productos fungicidas evaluados. Esto implica que



**Figura 1.** Curvas de concentración-crecimiento relativo para los fungicidas evaluados sobre las cinco cepas del patógeno. F1: Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%; F2: Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%; F3: Tebuconazole 25%; F4: Fluxapyroxad 33,3%; F5: Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%.



**Figura 2.** Medias marginales estimadas del recuento de conidios  $\text{ml}^{-1}$  en función de la concentración de fungicida para las cinco cepas estudiadas para cada fungicida, ajustadas mediante un modelo de regresión binomial negativa. Los puntos representan las medias marginales estimadas del modelo. Las barras de error verticales indican los intervalos de confianza del 95% para cada punto de datos. Los paneles etiquetados 1 a 5 representan diferentes fungicidas: 1. Ciproconazole 12% + Azoxystrobina 20%; 2. Benzovindiflupyr 5% + Picoxystrobin 10%; 3. Tebuconazole 25%; 4. Fluxapyroxad 33,3%; 5. Fluxapyroxad 7,7% + Pyraclostrobin 15,5% + Revysol 11,6%. Los colores distinguen las cepas: P12-001 (rojo), P13-009 (verde oliva), P14-039 (verde azulado), P18-119 (azul claro), P18-121 (magenta).

ninguno de los productos evaluados inhibe por completo la esporulación.

Para las cepas más antiguas (P12-001, P13-009 y P14-039) se observó un efecto dosis-respuesta significativo, donde concentraciones crecientes de los fungicidas resultaron en una reducción de los conidios  $\text{ml}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ), no así para las cepas más recientes (P18-119 y P18-121), que mantienen una esporulación constante a pesar del aumento de las concentraciones. En general, la esporulación de las cepas mostró sensibilidad diferenciada a los distintos fungicidas. Para los fungicidas 1, 2 y 3 se observó una tendencia decreciente en el recuento de conidios  $\text{ml}^{-1}$  con el aumento en la concentración de fungicida. Mientras que para los fungicidas 4 y 5, el recuento de conidios  $\text{ml}^{-1}$  de la mayoría de las cepas se mantiene, lo que sugiere que estos productos tienen menor eficacia de control sobre la

esporulación del patógeno. Ninguno de los fungicidas logró inhibir la esporulación de las cepas en la concentración más alta estudiada ( $80 \mu\text{g ml}^{-1}$ ).

La cepa P13-009, una de las más antiguas de la colección, fue más consistente en la producción de conidios en la mayoría de las concentraciones, lo que sugiere una menor sensibilidad (mayor tolerancia) a los fungicidas evaluados. Así también, las cepas aisladas más recientemente (P18-119 y P18-121) presentaron una menor sensibilidad al aumento de las concentraciones.

Cabe destacar que este es el primer trabajo en el cual se evalúa la esporulación del patógeno frente a productos fungicidas, ya que trabajos realizados anteriormente por lo general miden la germinación de los conidios (Dorigan et al., 2019; Poloni et al., 2021; D'Ávila, Corsi de Filippi



y Café-Filho, 2021). Por lo que sería importante tener en cuenta estas dos variables para determinar con exactitud la eficacia de los principios activos para el control del patógeno.

Considerando que se utilizaron productos comerciales para obtener las distintas concentraciones, y también un número reducido de cepas, sería importante repetir esta investigación utilizando los principios activos por separado y un mayor número de cepas, a fin de tener un panorama más amplio de lo que ocurre con la población del patógeno en Paraguay. No obstante, los resultados logrados en este trabajo son claves para monitorear la sensibilidad de las cepas paraguayas de PoT a los fungicidas utilizados en el campo.

Teniendo en cuenta la diferencia en la sensibilidad de las cepas estudiadas a los productos evaluados y también que ninguno inhibió por completo la esporulación (cantidad de conidios  $\text{ml}^{-1}$ ), estos resultados deben ser una llamada de alerta para los productores y técnicos de campo. Cabe mencionar especialmente la identificación de cepas como P13-009, que siguen con alta cantidad de esporulación bajo todos los tratamientos y que pueden ser importantes para las epidemias futuras en el país.

Los resultados de este trabajo servirán como referencia para la sensibilidad de las cepas paraguayas de PoT y continuar con el monitoreo del comportamiento de otras cepas frente a los diferentes principios activos recomendados para el control de las enfermedades en trigo.

## CONCLUSIÓN

Las cepas paraguayas de *Pyricularia oryzae* estudiadas en este trabajo mostraron sensibilidad diferenciada a los productos fungicidas evaluados. Las distintas cepas mostraron su capacidad de seguir produciendo conidios en distintas concentraciones de los fungicidas utilizados. Ninguno de los productos fungicidas inhibió la esporulación de las cepas por completo.

## AGRADECIMIENTOS

A las empresas CORTEVA y BASF por los productos fungicidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boaretto, C., Nunes Maciel, J. L., Durante Danelli, A. L., Boller, W., y Cunha Fernandes, J. M. (2015). *Sensibilidade in vitro de Pyricularia oryzae do trigo a fungicidas*. EMBRAPA-Trigo. p.46. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1020916>
- Carmona, M., y Sautua, F. (2017). La problemática de la resistencia de hongos a fungicidas. Causas y efectos en cultivos extensivos. *Agronomía y ambiente*, 37 (1), 1-19. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/agronomiayambiente/2017carmonamarcelo.pdf>
- Castroagudín, V. L., Ceresini, P. C., de Oliveira, S. C., Reges, J. T., Maciel, J. L., Bonato, A. L., Dorigan, A. F., & McDonald, B. A. (2015). Resistance to QoI Fungicides Is Widespread in Brazilian Populations of the Wheat Blast Pathogen *Magnaporthe oryzae*. *Phytopathology*, 105(3), 284-294. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-06-14-0184-R>
- Cazón, L. I., Ascari, J. P., Santos, G. B., é Emerson Medeiros, P. (2022) Differential response to DMI, QoI and SDHI fungicides in wheat and signal grass blast populations from Minas Gerais, Brasil. *Plant Pathology*, 72 (3), 449-467. DOI:10.1111/ppa.13678
- Cruz, C. D., Santana, F., Todd, T., Maciel, J., Kiyuna, J., Baldeomar, D., Cruz, A., Lau, D., Seixas, C., Goulart, A., Sussel, A., Schipanski, C. A., Chagas, D. F., Coelho, M., Montecelli, T. D. N., Utimada, C., Custodio, A. P., Rivadeneira, M. G., Bockus, W. W., & Valent, B. (2019). A multi-environment assessment of fungicide performance for managing wheat head blast (WHB) in Brasil and Bolivia. *Tropical Plant Pathology*, 44, 183-191. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-018-0262-9>
- Cruz, C.D., & Valent, B. (2017). Wheat blast disease: danger on the move. *Tropical Plant Pathology*, 42, 210-222. Springer. DOI: 10.1007/s40858-017-0159-z
- D'Avila, L.S., Corsi de Filippi, M.C., & Cafe-Filho, A. (2021). Sensitivity of *Pyricularia oryzae* populations to fungicides over a 26 year time frame in Brazil. *Plant disease*, 105 (6), 1771-1780. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-20-1806-RE>
- Dominguez, J. A., Sautua, F. J., & Carmona, M. A. (2021). Sensitivity of *Bipolaris sorokiniana* to strobilurin, triazole, and carboxamide premixes. *Archives of Phytopathology and plant protection*, 54, 1764-1777. <https://doi.org/10.1080/03235408.2021.1938920>
- Dorigan, A. F., de Carvalho, G., Poloni, N. M., Negrisoli, M. M., Maciel, J. L. N., & Ceresini, P. C. (2019). Resistance to triazole fungicides in *Pyricularia* species is associated with invasive plants from wheat fields in Brazil. *Acta Scientiarum Agronomy*, 41 (1), e39332. Doi: 10.4025/actasciagron.v41i1.39332
- Edgington, L.V., Khew, K.L., & Barrow, G.L. (1971). Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. *Phytopathology*, 61, 42-44.
- French, E. R., y Hebert, T. T. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica*. Costa Rica. IICA, 289 p.
- Fungicide Resistance Action Comitee (FRAC). (2018). *Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering)*. <http://www.phi-base.org/images/fracCodeList.pdf>
- Kohli, M., Mehta, Y. R., Guzman E., De Viedma, L., & Cubilla, L.E. (2011). *Pyricularia* blast- a threat to wheat cultivation. *Czech Journal Genet Plant*, 47, 130-134. <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/>

cjg/2011/10/06.pdf

- Kohli, M., Cazal, C.C., & Chávez, A. (2020). Integrated management of wheat blast disease, pp. 175-194. In: Kumar, S.; Kashyap, P.L.; & Singh, G.P. (eds). *Wheat blast*. Boca Raton. FL. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429470554>
- Marangoni, M., Nunes, M., Fonseca, N., & Mehta, Y.R. (2013) Pyricularia blast on white oat- a new threat to wheat cultivation. *Tropical Plant Pathology*, 38,3 <https://doi.org/10.1590/S1982-56762013005000004>
- Oliveira, S. C., Castroagudín, V. L., Nunes Maciel, J. L., dos Santos Pereira, D. A., & Ceresini, P. C. (2015). Resistência cruzada aos fungicidas IQo azoxistrobina e piraclostrobina no patógeno da brusone do trigo *Pyricularia oryzae* no Brasil. *Summa Phytopathologica*, 41 (4), 298-304. <https://www.scielo.br/j/sp/a/9PH99LmWFwZqgw8KL4ff74m/?lang=pt>
- Pieck, M., Ruck, A., Farman, M., Peterson, G., Stack, J., Valent, B., & Pedley, K. (2017). Genomics-based marker discovery and diagnostic assay development for wheat blast. *Plant Disease*, (101), 1, 103-109. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30682315/>
- Poloni, N. M., Carvalho, G., Nunes Campos Vicentini, S., Dorigan, A. F., Nunes Maciel, J. L., McDonald, B. A. M., Intra Moreira, S., Hawkins, N., Fraaije, B.A, Kelly, D.E, Kelly, S.L., & Ceresini P.C. (2021). Widespread distribution of resistance to triazole fungicides in Brazilian populations of the wheat blast pathogen. *Plant Pathology*, 70 (2), 436-448. <https://doi.org/10.1111/ppa.13288>