



Mancha en red de la cebada (*Hordeum vulgare*), causada por *Drechslera teres* y su efecto sobre el rendimiento¹

Net blotch of barley (*Hordeum vulgare*), caused by *Drechslera teres* and its effect on yield

A. Petta², M. Lavilla³

- ¹ Recepción: 1 de abril, 2022. Aceptación: 20 de julio, 2022. Este trabajo formó parte de la tesina de grado de Petta A. financiado por la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA), Argentina.
- ² Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Monteagudo 2772 (2700), Pergamino, Buenos Aires, Argentina. analiapetta87@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-0294-3304>).
- ³ Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Monteagudo 2772 (2700), Pergamino, Buenos Aires, Argentina. miguellavillapergamino@gmail.com (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-7282-4696>).

Resumen

Introducción. La mancha en red (MR) de la cebada (*Hordeum vulgare*), provoca mermas de rendimiento estimadas entre 23 % y 44 %, además afecta su calidad maltera. **Objetivo.** Evaluar en el tiempo la evolución de la mancha en red en diferentes cultivares de cebada cervecera con y sin aplicación de fungicida foliar, asociándola con el rendimiento y la calidad maltera. **Materiales y métodos.** El ensayo se llevó a cabo durante el 2017 en el campo experimental Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, de la ciudad de Junín (Bs. As., Argentina), con un diseño experimental en bloques con arreglo factorial 5x2 y tres repeticiones, con aleatorización al azar dentro de los bloques. El factor 1 fueron los cultivares y el factor 2 fue el tratamiento con fungicida foliar. Se utilizaron las variables patométricas incidencia y severidad, con las cuales se calculó la intensidad de la MR y a posteriori el área bajo la curva del progreso de la intensidad de la enfermedad (ABCPIE). **Resultados.** No hubo interacción entre cultivares y la aplicación de fungicida foliar. La aplicación del fungicida foliar permitió una disminución del ABCPIE en todos los cultivares evaluados. El calibre se encontró asociado significativamente ($R^2=0,67$; $p<0,0001$) e inversamente proporcional al ABCPIE. **Conclusiones.** La evolución temporal de la MR dependió del cultivar, sinfonía tuvo la menor el ABCPIE respecto a los demás cultivares evaluados. La aplicación de fungicida foliar redujo significativamente la evolución de la MR en el tiempo. La enfermedad influyó sobre los componentes de rendimiento y la calidad industrial de la cebada cervecera.

Palabras claves: calidad industrial, incidencia, patometría, severidad.

Abstract

Introduction. Barley (*Hordeum vulgare*) net blotch (MR) causes yield losses estimated between 23 % to 44 %, as well as its malting quality. **Objective.** To evaluate over time the evolution of net blotch in different malting barley cultivars with and without application of foliar fungicide, associating it with yield and malting quality. **Materials and methods.** The trial was carried out during 2017 at the experimental field Universidad Nacional del Noroeste of the



Buenos Aires province, in the city of Junín (Bs. As., Argentina) with an experimental block design with a 5x2 factorial arrangement and three repetitions, with randomization within blocks. Factor 1 was the cultivars and factor 2 was the foliar fungicide treatment. The pathometric variables incidence and severity were used to calculate the intensity of the MR and subsequently the area under the disease intensity progress curve (ABCPIE). **Results.** There was no interaction between cultivars and foliar fungicide application. The application of the foliar fungicide allowed a decrease in the ABCPIE in all the cultivars evaluated. Caliper was significantly associated ($R^2=0.67$; $p<0.0001$) and inversely proportional to ABCPIE. **Conclusions.** The temporal evolution of the MR depended on the cultivar. Sinfonia had the lowest ABCPIE compared to the other cultivars evaluated. The application of foliar fungicide significantly reduced the evolution of MR over time. The disease influenced yield components and industrial quality of malting barley.

Keywords: industrial quality, incidence, pathometry, severity.

Introducción

Entre las enfermedades que afectan al cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*), una de las más importantes es la mancha en red causada en su fase sexual por *Pyrenophora teres* (Putterill, 1954) y en su fase asexual por *Drechslera teres* (Shoemaker, 1959).

Drechslera teres es un parásito necrotrófico capaz de extraer sus nutrientes de tejidos muertos y de restos de cultivos y es transmitido en las semillas con una tasa del 21 % (Carmona et al., 2008). El monocultivo de cebada, la siembra en directo y el uso de semillas infectadas con el patógeno, propician un patosistema ideal para el desarrollo de la enfermedad (Abebe, 2021; Hampton, 1980; Jordan, 1981; Piening, 1968; Pierre et al., 2010; Tini et al., 2022).

El nivel de infección se intensifica con temperaturas crecientes a partir de los 10 °C (rango óptimo 15-25 °C) y períodos de mojado de follaje de 12 a 36 h (Miralles et al., 2011).

La mancha en red puede causar pérdidas de rendimiento en cebada entre 23 % y 44 % (Abebe, 2021; Jayasena et al., 2007).

La herramienta principal y más eficiente para lograr el control de la enfermedad es el manejo integrado, el mismo se basa en: uso de semillas sanas y/o tratamiento de las mismas con fungicidas, rotación de cultivos, siembra de cultivares de buen comportamiento, eliminación de plantas voluntarias, aplicación de fungicidas foliares (FF) cuando se alcance el umbral de daño económico (UDE). Las aplicaciones foliares con *Trichoderma asperellum* reducen significativamente la evolución en de mancha en red (MR) en las plantas de cebada cervecera (Hafez et al., 2019).

La mancha en red (MR) en red puede afectar la calidad maltera (calidad para la fabricación de la cerveza) de la cebada, que reduce el contenido de proteína en el grano (Vahamidis et al., 2020) y el calibre de los granos (Kangor et al., 2017).

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la evolución en el tiempo de la mancha en red en diferentes cultivares de cebada cervecera con y sin aplicación de fungicida foliar, asociándola con el rendimiento y la calidad maltera.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ubicado en Junín, Buenos Aires, Argentina, Ruta 188 km 146,5 (Lat.: 34° 28' 58,99" S; Long.: 60° 52' 36,84" O) (Visor GeoINTA). Se utilizó un diseño experimental en bloques con arreglo factorial 5x2 y tres repeticiones, con aleatorización al azar dentro de los bloques.

El tamaño de cada unidad experimental fue de 12,6 m² (6 m de largo x 2,1 m de ancho). Para disminuir la variabilidad de los datos, se cosecharon dos submuestras de 2 m² por repetición, con el promedio de ambos como unidad para evaluar el rendimiento (R). Los factores a evaluar fueron, factor a) cultivar de cebada (*Hordeum vulgare*), cinco variedades: Andreia, Shakira, Sinfonía, Traveler, Overture (cultivares más utilizados en la Argentina); y factor b) fungicida: dos niveles: con y sin fungicida foliar (FF). El FF aplicado fue el compuesto por los siguientes principios activos: azoxistrobina (80 g de principio activo (g.p.a)/ha) + cyproconazole (32 g.p.a./ha), en una dosis recomendada por marbete de 400 cc/ha de producto comercial.

La siembra directa se realizó el 1º de julio de 2017, sobre rastrojo de soja a una distancia de 17,5 cm entre surcos, una densidad de 350 plantas/m² y fertilizado con 100 kg ha⁻¹ de FMA (fosfato monoamónico). En macollaje se le suministraron 200 kg ha⁻¹ de urea.

La enfermedad se monitoreó cada semana desde la emergencia del cultivo (7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91, 99, 106 y 114 días desde la emergencia).

La decisión de la aplicación del FF se realizó entre los estados fenológicos de encañado (aparición del primer nudo aéreo) - vaina engrosada [(Z3.9 – Z4.3) 77 días desde emergencia] (Zadoks et al., 1974).

La cosecha de todas las parcelas se realizó el 5 de diciembre de 2017.

Relevamiento de la evolución de la mancha en red en cebada con base en los parámetros patométricos (incidencia, severidad e intensidad)

El diagnóstico (cámara húmeda e identificación de los conidios de *D. teres* en microscopio óptico) de la enfermedad y su evolución temporal en los cultivares con y sin la aplicación de FF, se determinó con los parámetros incidencia (INC), severidad (S) e intensidad (INT). Para determinar la INC se eligieron al azar sesenta plantas de cada parcela, a las cuales se les diagnosticó la enfermedad. INC (%): (plantas enfermas / total de plantas muestreadas) * 100 (Agrios, 2005). La S es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos, afectados por la enfermedad y varía entre 0 y 100. S (%): [área de tejido enfermo / área total (sano + enfermo) * 100. La evaluación de la S de la mancha en red (MR) se realizó sobre las hojas (limbo) con la escala de la Figura 1. El parámetro de INT de la enfermedad involucra tanto a la INC como a la S, por lo tanto, amplía

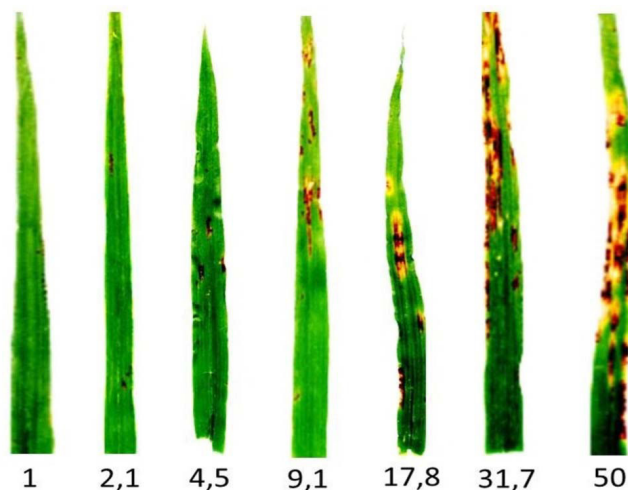


Figura 1. Escala visual de severidad de la mancha en red (*Drechslera teres*). Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017 (Petta & Lavilla, 2022).

Figure 1. Visual scale of severity of the net blotch (*Drechslera teres*). Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017 (Petta & Lavilla, 2022).

el criterio para la toma de decisiones en cuanto a la aplicación de una medida fitosanitaria, y se calcula como: INT (%): $(INC * S) / 100$ (Lavilla, 2022).

Cálculo del área bajo la curva del progreso de la intensidad de la enfermedad

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 R (Lavilla, 2022).

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, E incrementa la confiabilidad de las conclusiones derivadas de este tipo de estudios epidemiológicos (ecuación 1) (Jeger & Viljanen-Rollinson, 2001).

$$ABCPAPS = \sum [(Y_0 + Y_i * (t_i - t_0)) / 2] \quad (1)$$

Donde Y_i es la incidencia o severidad 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. Además, 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 área bajo la curva del progreso de la intensidad de la enfermedad (ABCPIE), se consideraron las cinco mediciones realizadas con posterioridad al tratamiento de FF, se calculó de la siguiente forma: [área bajo la curva del progreso de la severidad de la enfermedad (ABCPEs) * área bajo la curva del progreso de la incidencia de la enfermedad (ABCPEi)]/100, el cual fue utilizado como variable para analizar el progreso de la enfermedad en cada tratamiento (Lavilla, 2022).

Rendimiento y sus componentes

Para calcular el rendimiento y sus componentes se utilizó el modelo propuesto por Lavilla (2022). El número de plantas/mL se calculó con el promedio de tres muestras de 1 m lineal cada una por repetición y tratamiento.

Parámetros de calidad industrial

Los componentes de calidad son muy importantes para la industria cervecera y pueden deteriorarse a causa de las enfermedades. A continuación, se los detalla con su determinación:

- Humedad: se midió con higrómetro. Todas las muestras se llevaron a humedad comercial (14 %) para realizar los cálculos de R.
- Poder germinativo: las semillas germinaron a 20 °C en rollo de papel durante siete días (International Seed Testing Association, 2010).
- Peso hectolítrico (pH) y proteína: se calcularon mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) con el equipo AgriCheck®.
- Calibre: se midió con un calibrador de zarandas (6 mm).

Metodología estadística

Los datos de R y calidad, sus componentes y los parámetros patométricos de la enfermedad se estudiaron mediante un análisis de la varianza (ANAVA), se realizó la comprobación de supuestos teóricos correspondientes. Las comparaciones de medias se realizaron a través de la prueba de Tukey.

Las asociaciones entre el R y sus componentes, los parámetros de calidad industrial y el ABCPIE en cebada cervecera, se realizaron a través de una correlación de Pearson (Rice, 1995).

Se realizó un análisis de regresión lineal simple para las variables R y calibre de los granos en función al ABCPIE. Los análisis estadísticos se realizaron con los Software InfoStat (Di-Rienzo et al., 2011) y StatSoft (StatSoft, 2005).

Resultados

Los resultados de esta experiencia demostraron que no hubo interacción significativa ($p \leq 0,05$) entre cultivares y la aplicación de fungicida foliar.

Relevamiento de la evolución de la mancha en red en cebada con los parámetros patométricos de incidencia y severidad

Los primeros síntomas de la enfermedad se observaron entre los estados fenológicos Z2.3 - Z2.5 (macollaje). Sin embargo, la aplicación de FF se realizó el 23/09/17 en Z3.9 - Z4.3 (encañazón-vaina engrosada), cuando el promedio de la INC de la MR de la mayoría de los cultivares habían alcanzado el umbral de daño económico (25-30 % de incidencia).

Los porcentajes de INC de la MR sobre los cultivares al momento de la decisión de la aplicación del FF se detallan en la Figura 2. La variación en el porcentaje de INC indica diferentes comportamientos de los cultivares frente a la MR.

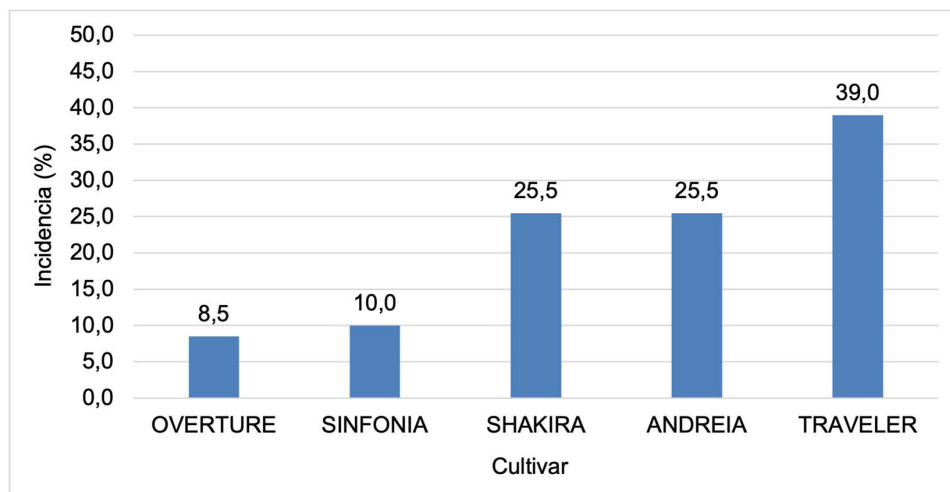


Figura 2. Porcentaje de incidencia (%) de mancha en red causada por *Drechslera teres* en cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera, en cada cultivar evaluado, Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Figure 2. Incidence percentage (%) of net blotch caused by *Drechslera teres* in malting barley (*Hordeum vulgare*) in each cultivar evaluated, Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

La S de la MR disminuyó luego de la aplicación de FF en todos los cultivares (Figura 3). La residualidad del FF fue en promedio de dieciocho días (03/10/2017 al 21/10/2017), pero en los cultivares Andreia y Sinfonía

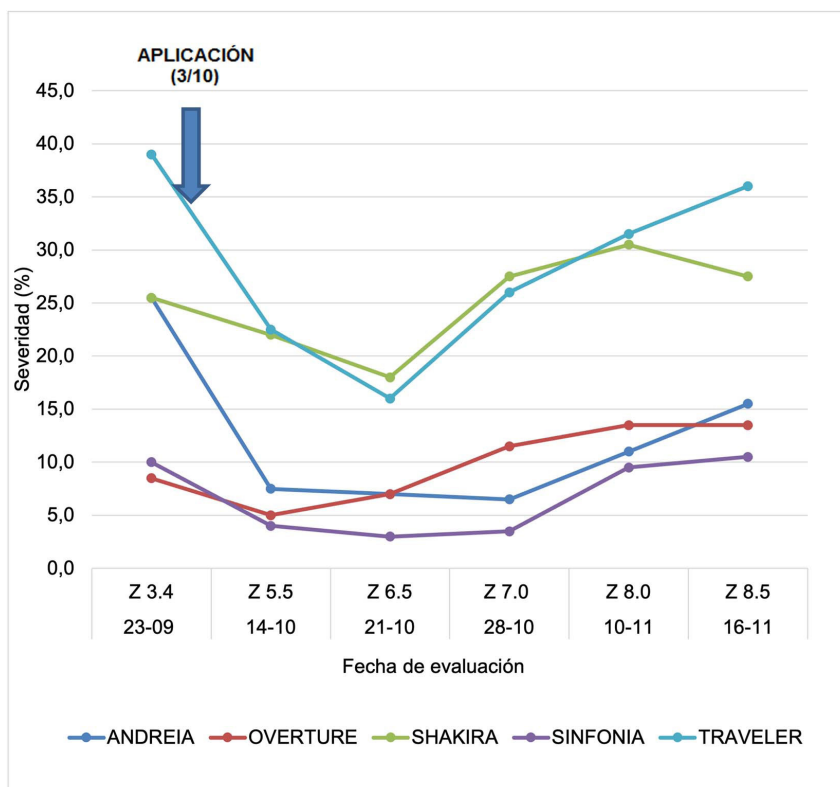


Figura 3. Valores de severidad de mancha en red (por *Drechslera teres*) en los cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera, con aplicación de fungicida foliar por fecha de evaluación. La flecha azul indica el momento y fecha de aplicación del fungicida foliar, Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Figure 3. Net blotch (by *Drechslera teres*) severity values in cultivars of malting barley (*Hordeum vulgare*) with foliar fungicide application by evaluation date. The blue arrow indicates the time and date of application of the foliar fungicide, Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

la residualidad del FF fue de veinticinco días (Figura 3). En relación con la fitopatología, el efecto residual de un FF podría ser considerado como el momento de aplicación del fungicida y la reaparición de los síntomas de la enfermedad en los tratamientos evaluados. Por ejemplo, en este caso se utilizó un solo FF (triazol + estrobilurina), pero el mismo presentó diferente residualidad según el cultivar en el que se aplicó. En los cultivares Andreaia y Shakira la residualidad fue de 28 días post aplicación (Figura 3), pero en el cultivar Sinfonía. Al presentar un mejor comportamiento frente a la MR, la residualidad del producto fue de 35 días (Figura 3).

Área bajo la curva del progreso de la intensidad de la enfermedad

Los cultivares de cebada cervecera evaluados presentaron diferentes comportamientos frente a la MR (Cuadro 1). El cultivar con mejor comportamiento frente a la MR en esta experiencia fue Sinfonía. Los cultivares moderadamente susceptibles a la MR fueron Andreaia y Overture y los más susceptibles fueron Shakira y Traveler (Cuadro 1).

Cuadro 1. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad, causada por *Drechslera teres*, de los cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera (Andreia, Overture, Shakira, Sinfonía y Traveler) y su relación con la aplicación del fungicida foliar. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Table 1. Area under the disease progress curve of the different malting barley (*Hordeum vulgare*) cultivars (Andreia, Overture, Shakira, Sinfonía, and Traveler), and its relationship with the application of the foliar fungicide. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Cultivar	ABCPIE
Andreia	456,3 B
Overture	364,0 B
Shakira	947,0 C
Sinfonía	68,0 A
Traveler	1082,3 C
Sin FF	670,3 B
Con FF	496,7 A
Cultivar (C)	**
Fungicida foliar (FF)	**
CV	11,49
DMS C	147,78
DMS F	64,33
R ²	0,98

N.S, *, **, No significativo, significativo y altamente significativo. ABCPIE: Área bajo la curva del progreso de la intensidad de la enfermedad. / N.S, *, **, Not significant, significant and highly significant. ABCPIE: Area under the curve of the progress of the intensity of the disease.

La aplicación del FF redujo significativamente ($p \leq 0,05$) el ABCPIE en todos los cultivares, los tratamientos con FF tuvieron un ABCPIE de 496,7, mientras que en aquellos sin FF el ABCPIE fue de 670,3.

Efecto de los tratamientos sobre los parámetros vinculados al rendimiento y la calidad industrial

La MR tuvo efectos estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$) sobre los componentes del rendimiento y sobre los atributos de calidad industrial (Cuadro 2).

Rendimiento y sus componentes

Solo el componente P1000 no mostró diferencias significativas entre cultivares. El rendimiento, NG/m² y la biomasa de los cultivares Andreia, Overture y Sinfonía, fueron significativamente superiores ($p \leq 0,05$) a los observados en los cultivares Traveler y Shakira (Cuadro 2). Al momento de la aplicación de FF, las variedades presentaron diferentes niveles de la enfermedad (S e INC), lo que pone de manifiesto distintos comportamientos entre cultivares.

Cuadro 2. Cuadro resumen de análisis estadístico y comparaciones de medias de los componentes de rendimiento de los distintos cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*), y su relación con la aplicación del fungicida foliar para el combate de *Drechslera teres*. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Table 2. Summary table of statistical analysis and comparisons of means of the yield components of the different malting barley (*Hordeum vulgare*) cultivars and their relationship with the application of the foliar fungicide to combat the *Drechslera teres*. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Cultivar	Componentes de rendimiento							
	Pl/m	E/m ²	Esp/E	Granos/E	Biomasa (kg ha ⁻¹)	Rto (kg ha ⁻¹)	NG/m ²	P1000 (g)
Andreia	255,0 C	608,5 B C	27,3 A B	26,6 A B	10551,3 B C	4797,5 B	10670,6 B	45,0 A
Overture	198,0 A	665,0 C D	28,5 B	28,1 B	11387,5 C	5202,5 B	11193,2 B	46,6 A
Shakira	226,0 B	589,0 B	26,5 A B	26,1 A B	8220,6 A	3638,8 A	8132,5 A	44,7 A
Sinfonia	247,0 BC	683,5 D	28,1 A B	27,9 A B	10968,1 C	5452,5 B	11816,2 B	46,1 A
Traveler	246,5 BC	485,0 A	25,9 A	25,7 A	8660,6 A B	3708,1 A	8355,5 A	44,3 A
Sin FF	234,5 A	579,0 A	27,7 A	27,3 A	9820,8 A	4387,0 A	9891,6 A	44,2 A
Con FF	234,5 A	633,4 B	26,8 A	26,5 A	10094,5 A	4732,8 A	10175,5 A	46,5 B
Cultivar	**	**	*	*	*	*	*	N.S
(C)								
Fungicida foliar (FF)	N.S	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	*
CV	4,53	5,29	4,12	4	10,16	9,6	9,65	2,36
DMS C	23,4	70,63	2,47	2,37	2229,48	964,87	2133,05	2,35
DMS F	10,19	30,75	1,03	1,03	970,57	420,04	928,59	1,02
R ²	0,84	0,89	0,56	0,58	0,7	0,82	0,78	0,73

N.S, *, **, No significativo, significativo y altamente significativo. Pl/m: plantas por metro lineal, E/m²: espigas por metro cuadrado, Esp/E: espiguillas por espiga, Granos/E: granos por espiga, Rto: rendimiento, NG/m²: número de granos por metro cuadrado, P1000: peso de mil granos. / N.S, *, **, Not significant, significant and highly significant. Pl/m: plants per linear meter, E/m²: spikes per square meter, Esp/E: spikelets per spike, Grains/E: grains per spike, Yield, NG/m²: number of grains per square meter, P1000: weight of thousand grains.

Parámetros de calidad industrial

La enfermedad, estudiada a través del ABCPIE, influyó significativamente sobre la calidad industrial y alguno de sus componentes (Cuadro 3).

La aplicación del FF tuvo efectos significativos sobre el calibre de los granos, los cultivares que superaron el 80 % (valor mínimo de tolerancia de recibo) fueron Sinfonía, Andreia y Overture, los mismos fueron los que mejor comportamiento tuvieron frente a la MR, además fueron significativamente superiores a Shakira y Traveler, las cuales no alcanzaron dicho valor (Cuadro 3).

En cuanto al componente de calidad proteica, la aplicación de FF no influyó significativamente sobre el mismo, de todos modos, los porcentajes estuvieron dentro de los parámetros requeridos. Los cultivares presentaron diferencias significativas entre ellos, pero ninguno presentó porcentajes inferiores a 9,5 % (mínimo de tolerancia de recibo requerido para su recepción en la industria cervecera). Por lo tanto, la MR no influyó en este componente de calidad (Cuadro 3).

Respecto al parámetro de calidad PG, solo Shakira, Andreia y Traveler presentaron más de 95 % de germinación (valor mínimo de tolerancia de recibo requerido para una buena calidad maltera). La aplicación del FF no mejoró significativamente este parámetro y parece independiente de la presencia de la MR, ya que los cultivares que tuvieron mejor porcentaje de PG, fueron los más susceptibles (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen de análisis estadístico y comparaciones de medias de los componentes de calidad de los distintos cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera y su relación con la aplicación del fungicida foliar para el combate de *Drechslera teres*. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Table 3. Summary of statistical analysis and comparisons of means of the quality components of the different malting barley (*Hordeum vulgare*) cultivars, and their relationship with the application of the foliar fungicide for combat the *Drechslera teres*. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Cultivar	Componentes de calidad				
	PH (kg/hL)	Proteína (%)	PG (%)	Calibre (g)	H° (%)
Andreaia	59,7B	11,0 A B	95,0 B	86,0 B C	11,9 A
Overture	55,1 A	10,2 A	90,0 A	87,5 C	11,6 A
Shakira	58,1B	11,6 B	97,0 B	75,1 A B	11,8 A
Sinfonia	58,5 B	9,9 A	93,0 A B	85,3 B C	11,8 A
Traveler	57,8 A B	11,6 B	96,0 B	67,3 A	11,6 A
Sin FF	57,7 A	11,1 A	94,3 A	76,0 A	11,8 A
Con FF	57,9 A	10,7 A	94,1 A	84,5 B	11,7 A
Cultivar	*	*	*	*	N.S
(C)					
Fungicida foliar (FF)	N.S	N.S	N.S	*	N.S
CV	2,13	6,01	2	6,51	2,53
DMS C	2,7	1,44	4,15	11,5	0,65
DMS F	1,17	0,63	1,8	5	0,28
R ²	0,69	0,64	0,71	0,81	0,23

N.S, *, **, no significativo, significativo y altamente significativo. PH: peso hectolítrico, PG: poder germinativo, H°: humedad. / N.S, *, **, Not significant, significant and highly significant. PH: hectoliter weight, PG: germinative power, H°: humidity.

Correlaciones entre los parámetros estudiados y análisis de regresión lineal

El rendimiento, el NG/m² y la biomasa tuvieron una correlación inversamente proporcional y estadísticamente significativa (-0,88 p=2,50E-07, -0,85 p=2,30E-06 y -0,75 p=1,40E-04, respectivamente) con el ABCPIE. Asimismo, dentro de los parámetros de calidad maltera el ABCPIE redujo de manera significativa (p=9,70E-06) el calibre de los granos (Cuadro 4).

Existe una correlación significativa (p≤0,05) entre el ABCPIE y el calibre (-0,82), rendimiento (-0,88), NG/m² (-0,85) y P1000 (-0,61), por lo tanto, la disminución de estos componentes del rendimiento y calidad, se pueden explicar por el aumento del ABCPIE (Cuadro 4).

Sobre el calibre incidieron a nivel positivo los componentes: rendimiento, P1000 y NG/m² y con mayor influencia el P1000, ya que a mayor peso de cada grano mayor será el calibre del mismo (Cuadro 4).

La proteína tuvo una correlación negativa con el rendimiento, es decir, a mayor rendimiento menor porcentaje de proteína. El rendimiento dependió del P1000 y el NG/m², por lo tanto, serían el P1000 y el NG/m² los que favorecen el rendimiento y cuando aumenta el peso del grano disminuye de forma proporcional la concentración de proteína en el mismo (Cuadro 4).

El rendimiento es el principal objetivo de todo sistema productivo y en esta experiencia pudo corroborarse que se vio afectado por la MR (R²=0,78) (Cuadro 5), a medida que aumentó la enfermedad menor fue el rendimiento (pendiente negativa: -1,93; Cuadro 5).

El calibre es un componente clave en la calidad comercial. El calibre estuvo asociado significativamente (R²=0,67; p<0,0001) e inversamente proporcional al ABCPIE (Cuadro 5).

Cuadro 4. Correlaciones entre las variables de calidad y rendimiento y el área bajo la curva de progreso de la intensidad de la enfermedad (ABCPIE) causada por *Drechslera teres* en cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Table 4. Correlations between the different quality and performance variables and the area under the disease intensity progress curve (ABCPIE) caused by *Drechslera teres* in malting barley (*Hordeum vulgare*). Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

	Pl/m	E/m ²	Esp/E	Granos/E	Biomasa	R	NG/m ²	PH	H°	P1000	Proteína	PG	Calibre	ABCPIE
Pl/m	1	0,4	0,07	0,06	0,61	0,68	0,9	3,20E-03	0,75	0,14	0,35	0,04	0,29	0,82
E/m ²	-0,2	1	0,2	0,19	0,01	5,30E-04	1,50E-03	0,62	0,98	0,01	1,00E-03	0,01	2,60E-04	4,50E-06
Esp/E	-0,41	0,3	1	0	0,04	0,02	0,02	0,38	0,49	0,34	0,1	0,04	0,08	0,01
Granos/E	-0,43	0,31	0,98	1	0,04	0,02	0,02	0,21	0,74	0,35	0,07	0,02	0,13	0,01
Biomasa	-0,12	0,59	0,46	0,46	1	3,30E-10	2,10E-11	0,42	0,72	0,08	0,04	0,06	3,00E-03	1,40E-04
Rto	-0,1	0,7	0,51	0,51	0,95	1	0	0,76	0,81	0,01	2,70E-03	0,03	1,00E-04	2,50E-07
NG/m ²	-0,03	0,66	0,5	0,5	0,96	0,99	1	0,79	0,93	0,07	0,01	0,05	1,10E-03	2,30E-06
PH	0,62	-0,12	-0,21	-0,29	-0,19	-0,07	-0,06	1	0,12	0,9	0,56	0,03	0,65	0,93
H°	0,08	0,01	0,17	0,08	-0,08	-0,06	-0,02	0,36	1	0,29	0,26	0,66	0,92	0,88
P1000	-0,34	0,56	0,23	0,22	0,4	0,56	0,41	-0,03	-0,25	1	2,60E-04	0,12	1,00E-05	3,90E-03
Proteína	0,22	-0,68	-0,38	-0,41	-0,46	-0,63	-0,55	0,14	0,27	-0,73	1	3,60E-03	2,10E-04	6,00E-05
PG	0,46	-0,54	-0,46	-0,51	-0,43	-0,47	-0,45	0,5	0,11	-0,36	0,62	1	0,04	0,01
Calibre	-0,25	0,73	0,4	0,35	0,63	0,76	0,68	0,11	-0,02	0,82	-0,74	-0,46	1	9,70E-06
ABCPIE	0,05	-0,84	-0,56	-0,56	-0,75	-0,88	-0,85	-0,02	-0,04	-0,61	0,77	0,58	-0,82	1

Pl/m: plantas por metro lineal, E/m²: espigas por metro cuadrado, Esp/E: espiguillas por espiga, Granos/E: granos por espiga, R: rendimiento (kg/ha), NG/m²: número de granos por metro cuadrado, P1000: peso de mil granos. PH: peso hectolítrico, H°: humedad (%), PG: poder germinativo, ABCPIE: área bajo la curva de progreso de la intensidad de la enfermedad. Valores por encima de la diagonal de 1 son los p (p< 0,05 correlación significativa); valores por debajo de la diagonal de 1 correlaciones entre las variables asociadas/ Pl/m: plants per linear meter, E/m²: spikes per square meter, Esp/E: spikelets per spike, Grains/E: grains per spike, R: Yield (kg/ha), NG/m²: number of grains per square meter, P1000: weight of thousand grains, PH: hectoliter weight, H°: humidity (%), PG: germinative power, ABCPIE: area under the disease intensity progress curve. Values above the threshold of 1 are p (p<0.05 significant correlation); values below the diagonal of 1 correlations between the associated variables.

Cuadro 5. Análisis de regresión lineal simple, para las variables rendimiento (kg ha⁻¹), área bajo la curva de progreso de la intensidad de la enfermedad (ABCPIE) causada por *Drechslera teres* y calibre del grano de cebada (*Hordeum vulgare*) cervecera. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

Table 5. Simple linear regression analysis for the variables yield (kg ha⁻¹), area under the disease intensity progress curve (ABCPIE) caused by *Drechslera teres*, and malting barley (*Hordeum vulgare*) grain size. Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.

VI	VD	N	R ²	constante	p-valor	Pendiente	p-valor
ABCPIE	R (kg ha ⁻¹)	20	0,78	5687,86	<0,0001	-1,93	<0,0001
	Calibre	20	0,67	92,37	<0,0001	-0,02	<0,0001

VI: variable independiente, VD: variable dependiente, N: número de datos, R²: coeficiente de determinación. / VI: independent variable, VD: dependent variable, N: number of data, R²: coefficient of determination.

El conocimiento del comportamiento de los cultivares frente a la MR, permitió posicionar la aplicación de FF en momentos propicios para evitar pérdidas del rendimiento en granos y la calidad industrial por causa de la MR. En tal sentido, cuanto más susceptible sea el cultivar a la MR, más frecuentes deben ser los monitoreos para evitar tener efectos adversos por causas de la enfermedad (Cuadro 5).

Discusión

Con los resultados de esta experiencia podría considerarse la evaluación de nuevos umbrales de acción con base en la intensidad (INT) de la enfermedad como parámetro para evaluar la mancha en red (MR) y el comportamiento de los cultivares frente a la enfermedad.

Estudios realizados sobre diferentes cultivares de cebada cervecera demostraron elevadas severidades de MR durante el inicio de la fase de llenado de grano, lo cual conduce a una reducción significativa en el rendimiento en granos, a través de una disminución del peso medio del grano (Vahamidis et al., 2020). La utilización de FF, en esta experiencia, incrementó en un 5 % el peso de 1000 granos; además, redujo el ABCPIE. Estos resultados coinciden con los de Pereyra (2010), quien observó una disminución en el área bajo la curva de progreso de la enfermedad de la MR en los tratamientos con diferentes fungicidas foliares y distintas dosis sobre el cultivo de cebada cervecera.

La MR tuvo efectos estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$) sobre los componentes del rendimiento y los atributos de calidad industrial. La infección por MR en etapas tempranas del cultivo y la no utilización de FF en cultivares como Traveler, provocaron pérdidas de rendimiento en granos y de la calidad industrial del mismo, esto coincide con lo observado por Pereyra (1996) en los cultivares de cebada cervecera.

La combinación de azoxistrobina (80 g.p.a/ha) + cyproconazole (32 g.p.a./ha) a una dosis de 400 mL ha⁻¹ pudo controlar a la MR en especial en el cultivar Andreia. En otras investigaciones, el uso de otros principios activos de fungicidas foliares como el bixafen + protriocanazole + tebuconazole o bixafen + tebuconazole, redujeron significativamente la evolución de la MR medida a través del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (Beyene & Abera, 2020). Sin embargo en el mundo ya se han identificado cepas de *D. teres* (fase sexual *Pyrenophora teres*) resistentes a fungicidas inhibidores de la quinona externa (QoI) (Backes et al., 2021).

La MR produjo en promedio una pérdida del 8 % del rendimiento en granos cuando la misma no fue controlada con FF o cuando la misma superó los valores del UDE. Estos resultados son congruentes a lo de otras investigaciones en donde encontraron pérdidas de rendimiento en granos de hasta un 23 % por causa de la MR (McLean & Hollaway, 2019).

Conclusiones

La evolución temporal de la MR dependió del cultivar, la variedad Sinfonía tuvo la menor el ABCPIE respecto a los demás cultivares evaluados.

La aplicación de fungicida foliar redujo significativamente la evolución de la MR en el tiempo.

La enfermedad (MR) influyó sobre los componentes de rendimiento y la calidad industrial de la cebada cervecera.

Referencias

Abebe, W. (2021). Barley net blotch disease management: A review. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 7(9), 69–81. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5554528>

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02037-6>
- Backes, A., Guerriero, G., Ait Barka, E., & Jacquard, C. (2021). *Pyrenophora teres*: Taxonomy, morphology, interaction with Barley, and mode of control. *Frontiers in Plant Science*, *12*, Article 614951. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.614951>
- Beyene, N., & Abera, A. (2020). Evaluation of different fungicides for the control of net blotch (*Pyrenophora teres*) disease on barley (*Hordeum vulgare* L.) at West Showa zone, Ethiopia. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, *11*(1), Article 487. <https://doi.org/10.35248/2157-7471.20.11.487>
- Carmona, M., Barreto, D., Moschini, R., & Reis, E. (2008). Epidemiology and control of seed-borne *Drechslera teres* on barley. *Cereal Research Communications*, *36*(4), 637–645. <https://doi.org/10.1556/crc.36.2008.4.13>
- Di-Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). *InfoStat*. Grupo InfoStat. <http://www.infoesstat.com.ar>
- Hampton, J. G. (1980). The role of seed-borne inoculum in the epidemiology of net blotch of barley in New Zealand. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, *8*(3–4), 297–299. <https://doi.org/10.1080/03015521.1980.10426277>
- Hafez, Y., Abdelfatah, A., El-Nashar, F., Badr, M., & Elkady, S. (2019). Management of barley net blotch using *Trichoderma asperellum* (T34), eugenol, non-traditional compounds and fungicides. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *29*, Article 88. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0179-8>
- International Seed Testing Association. (2010). *International rules for seed testing* (2010 version). <https://bit.ly/3uCadHi>
- Jayasena, K. W., Van Burgel, A., Tanaka, K., Majewski, J., & Loughman, R. (2007). Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch. *Australasian Plant Pathology*, *36*, 429–433. <https://doi.org/10.1071/ap07046>
- Jeger, M. J., & Viljanen-Rollinson, S. L. H. (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, *102*, 32–40. <https://doi.org/10.1007/s001220051615>
- Jordan, V. (1981). Aetiology of barley net blotch caused by *Pyrenophom teres* and some effects on yield. *Plant Pathology*, *30*(2), 77–87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1981.tb01232.x>
- Kangor, T., Sooväli, P., Tamm, Y., Tamm, I., & Koppel, M. (2017). Malting Barley Diseases, yield and quality – Responses to using various agro-technology regimes. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, *71*(1–2), 57–62. <https://doi.org/10.1515/prolas-2017-0010>
- Lavilla, M. (2022). Efecto sobre el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum*) de la roya amarilla causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Agronomía Mesoamericana*, *33*(1), Artículo 46141. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46141>
- McLean, M. S., & Hollaway, G. J. (2019). Control of net form of net blotch in barley from seed- and foliar-applied fungicides. *Crop and Pasture Science*, *70*(1), 55–60. <https://doi.org/10.1071/cp18142>
- Miralles, D. J., Benech-Arnold, R. L., & Abeledo, L. G. (2011). *Cebada cervecera*. (1^a ed.) Orientación gráfica Editora.
- Pereyra, S. (1996). *Estrategias para el control químico de enfermedades en cebada*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <https://bit.ly/3W4diw2>
- Pereyra, S. A. (2010). *Evaluación de fungicidas para enfermedades en cebada*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Petta, A., & Lavilla, M. (2022). Determinación de una escala diagramática de severidad para mancha en red en cebada cervecera (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomía Mesoamericana*, *33*(3), Artículo 49035. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49035>

- Piening, L. (1968). Development of barley net blotch from infested straw and seed. *Canadian Journal of Plant Science*, *48*, 623–625. <https://doi.org/10.4141/cjps68-118>
- Pierre, S., Gustus, C., Steffenson, B., Dill-Macky, R. y Smith, K. P. (2010). Mapping net form net blotch and septoria speckled leaf blotch resistance loci in barley. *Phytopathology*, *100*(1), 80–84. <https://doi.org/10.1094/phyto-100-1-0080>
- Putterill, K. M. (1954). Some graminicolous species of *Helminthosporium* and *Curvularia* occurring in South Africa. *Bothalia*, *6*(2), 347–378. <https://doi.org/10.4102/abc.v6i2.1694>
- Rice, J. A. (1995). *Mathematical statistics and data analysis* (2nd ed.). Duxbury Pres.
- Shoemaker, R. A. (1959). Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris*, grass parasites segregated from ‘*Helminthosporium*’. *Canadian Journal of Botany*, *37*(5), 879–887. <https://doi.org/10.1139/b59-073>
- StatSoft. (2005). *STATISTICA Data analysis software system*. <https://statistica-update.software.informer.com/7.1/>
- Tini, F., Covarelli, L., Ricci, G., Balducci, E., Orfei, M., & Beccari, G. (2022). Management of *Pyrenophora teres* f. *teres*, the causal agent of net form net blotch of barley, in a two-year field experiment in central Italy. *Pathogens*, *11*(3), Article 291. <https://doi.org/10.3390/pathogens11030291>
- Vahamidis, P., Stefopoulou, A., Lagogianni, C. S., Economou, G., Dercas, N., Kotoulas, V., Kalivas, D., & Tsitsigiannis, D. I. (2020). *Pyrenophora teres* and *Rhynchosporium secalis* establishment in a mediterranean malt barley field: Assessing spatial, temporal and management effects. *Agriculture*, *10*(11), Article 553. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110553>
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, *14*(6), 415–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>