

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

MANEJO DE MANCHA AMARILLA CAUSADA POR *Drechslera tritici-repentis*
Y DE ROYA ESTRIADA CAUSADA POR *Puccinia striiformis* EN EL CULTIVO
DE TRIGO

por

Dahiana BARRIENTOS MOREIRA
Alejandra ZUGARRAMURDI CAMPBELL

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (MSc., PhD.) Carlos Pérez

Ing. Agr. (MSc.) Cintia Palladino

Ing. Agr. Carolina Francia

Fecha: 7 de agosto de 2020

Autoras:

Dahiana Barrientos Moreira

Alejandra Zugarramurdi Campbell

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el apoyo constante e incondicional en el transcurso de nuestra formación.

A nuestro tutor, Ing. Agr. Carlos Pérez, por el tiempo brindado tanto a campo como en laboratorio, por responder a nuestras dudas, por su buena disponibilidad con nosotras y por hacer posible esta tesis.

A la Lic. Sully Toledo, por su colaboración y disposición en la corrección de los aspectos formales de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1.OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO	2
2.2. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE TRIGO	3
2.3. MANCHA AMARILLA DEL TRIGO	4
2.3.1. <u>Organismo causal</u>	4
2.3.2. <u>Importancia económica</u>	6
2.3.3. <u>Síntomas</u>	7
2.3.4. <u>Ciclo de la enfermedad</u>	9
2.3.5. <u>Manejo integrado de la enfermedad y sus componentes</u>	10
2.3.5.1. Resistencia genética	11
2.3.5.2. Prácticas culturales	12
2.3.5.3. Control químico	16
2.4. ROYA ESTRIADA EN TRIGO	21
2.4.1. <u>Organismo causal y síntomas</u>	21
2.4.2. <u>Razas del patógeno</u>	22
2.4.3. <u>Ciclo de la enfermedad</u>	23
2.4.4. <u>Importancia económica</u>	24
2.4.5. <u>Manejo integrado de la enfermedad</u>	25
2.4.5.1. Componentes del manejo integrado.....	25
2.5. HIPÓTESIS.....	27
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	28
3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.3. DETERMINACIONES REALIZADAS	30
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	33
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AÑO CLIMÁTICO.....	33

4.2. EFECTO DEL RASTROJO Y EL CURASEMILLA SOBRE LA IMPLANTACIÓN.....	35
4.3. EFECTO DEL RASTROJO Y DEL CURASEMILLA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE MANCHA AMARILLA EN LOS PRIMEROS ESTADIOS DEL CULTIVO.....	38
4.4. EFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS FOLIARES SOBRE EL CONTROL DE MANCHA AMARILLA Y ROYA ESTRIADA	42
4.5. RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES	48
5. <u>CONCLUSIONES</u>	53
6. <u>RESUMEN</u>	54
7. <u>SUMMARY</u>	55
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	56
9. <u>ANEXOS</u>	69

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Eficiencia de algunos fungicidas curasemillas para patógenos de trigo y cebada	17
2. Niveles críticos aproximados para algunas enfermedades de trigo	19
3. Listado de cada tratamiento con la combinación de los distintos niveles de los tres factores evaluados	29
4. Fechas de aplicación según los distintos tratamientos	30
5. Momento en que se realizaron las determinaciones y se aplicaron los tratamientos foliares	31
6. Análisis de varianza del efecto del curasemilla y el rastrojo sobre la implantación.....	36
7. Análisis de varianza para el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en base a la severidad de mancha amarilla en las dos primeras lecturas (Z23 y Z25)	38
8. Efecto del rastrojo sobre el porcentaje de severidad en distintos momentos de evaluación (Z23 y Z25) y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE).....	39
9. Efecto del fungicida curasemilla sobre el porcentaje de severidad de distintos momentos de evaluación (Z23 y Z25) y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE).....	40
10. Efectos de las estrategias de aplicación de fungicida foliar sobre el porcentaje de severidad expresado como el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en Z49, Z65 y Z73	45
11. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z49 en base al % de severidad	47
12. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z65 en base al % de severidad	47
13. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z73 en base al % de severidad	48
14. Rendimiento y componentes de rendimiento según tratamiento	50

Figura No.

1. Evolución de la producción y área sembrada del cultivo de trigo en Uruguay en los últimos 16 años	2
2. Pseudotecio de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> desarrollados sobre la cama de trigo	5
3. Ascas con ascosporas de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	5
4. Conidio de <i>Drechslera tritici-repentis</i>	6

5. Hojas de trigo afectadas por mancha amarilla.....	8
6. Ciclo de la mancha amarilla causada por <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	10
7. Relación entre cantidad de rastrojo de trigo sobre el suelo y severidad de mancha amarilla en el trigo siguiente.....	14
8. Hojas de trigo afectadas por <i>Pu. striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	22
9. Ciclo de <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	24
10. Ubicación del ensayo dentro del potrero 36 en la EEMAC	28
11. Temperatura media, máxima y mínima, promedio mensual en el período experimental para el año 2017 y temperatura media promedio histórico (2006-2016)	33
12. Precipitaciones acumuladas mensuales en el período de experimentación para el año 2017 y para la media histórica (2006-2016)	34
13. Humedad relativa (HR %) promedio mensual del período de experimentación para el año 2017 y para la media histórica (2006-2016).....	35
14. Número promedio de plantas logradas a los 23 días post siembra, según tratamiento con y sin rastrojo.....	37
15. Efecto de la combinación de los tratamientos rastrojo y curasemilla sobre el número de plantas por metro	37
16. Evolución de la severidad de mancha amarilla según la presencia de rastrojo durante los primeros estadios del cultivo	38
17. Efecto de la combinación de los tratamientos rastrojo y fungicida curasemilla en el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en Z23 y Z25	40
18. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo de los tratamientos testigo y protegido	42
19. Evolución de la severidad de roya estriada en las últimas etapas del ciclo (Z65 - Z73), según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos.....	43
20. Evolución de la severidad de mancha amarilla (MA) y roya estriada (RE) a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos.....	44
21. Severidad de mancha amarilla y roya estriada en las tres últimas observaciones del ciclo (de Z49 a Z73), según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos.....	44
22. Rendimiento en grano, promedio para cada tratamiento.....	48
23. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 8 tratamientos evaluados	49
24. Relación entre espigas/m ² y los kg de biomasa (BM) a cosecha de los ocho tratamientos evaluados	51
25. Relación entre el rendimiento y kg de biomasa (BM) a cosecha para los ocho tratamientos evaluados	51

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la agricultura en Uruguay ha sido afectada en gran escala por un conjunto de cambios que están fuertemente asociados a un proceso de intensificación. Dichos cambios, como lo son el predominio de la siembra directa, siembras en chacras donde aún se encuentra rastrojo de la misma especie consecuencia de la disminución de la diversidad de cultivos sobre el área agrícola, el uso de cultivares de alto potencial y con limitada resistencia genética a algunas enfermedades predominantes, llevaron a un aumento de la importancia de la sanidad en la producción de granos.

El trigo es uno de los cereales más importante a nivel mundial y está fuertemente influenciado por la aparición de nuevas plagas, nuevas enfermedades y el cambio climático que en muchos casos ha favorecido la ocurrencia de enfermedades, amenazando así la sostenibilidad del trigo como alimento.

El control químico de las enfermedades, dentro de un manejo integrado contribuye de forma significativa al manejo sanitario, sin embargo es necesario hacer un correcto uso del mismo, y para ello es fundamental el ajuste y la integración de distintas medidas de manejo. Por este motivo, el presente estudio busca cuantificar el impacto de distintas medidas de manejo, tendientes a un uso más eficiente de los recursos disponibles para el manejo de enfermedades.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Cuantificar el impacto de distintas alternativas de manejo de enfermedades foliares en trigo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el impacto del curasemilla y la rotación de cultivos sobre la implantación y la sanidad del cultivo de trigo en etapas iniciales del ciclo.

Cuantificar el efecto del momento de aplicación sobre el desarrollo de epidemias de enfermedades foliares en trigo.

Cuantificar el impacto de las enfermedades foliares sobre el rendimiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO

El trigo es el principal cultivo de invierno de Uruguay. Dicho cultivo es de mayor importancia para la alimentación humana pero también es empleado en la alimentación animal a través de la industria molinera que elabora harina y proporciona aflechillo y otros subproductos de importancia animal (Montevideo. COMM, s.f.). Uruguay ha sido testigo en la última década de grandes cambios en el sector agropecuario (Figura No. 1), liderada por el sector agrícola el cual registró una fuerte expansión. Dicha expansión fue encabezada por el incremento del área sembrada de soja la cual incidió en el aumento del área sembrada de trigo en el año 2000 (Uruguay XXI, 2016). El área destinada a la producción de dicho cereal aumentó de 153.500 ha en la zafra 2005/2006 a 553.000 ha en la zafra 2009/2010. Dicho aumento fue acompañado por el incremento de la producción, obteniéndose un pico histórico de ambas variables en el ejercicio 2011/2012 con un máximo de 593.400 ha y 2.016.000 toneladas de producción, registrándose desde entonces una tendencia a la baja hasta la última zafra (2018/2019) donde se sembró 198400 ha y se obtuvo una producción de 727600 toneladas (MGAP. DIEA, 2019).

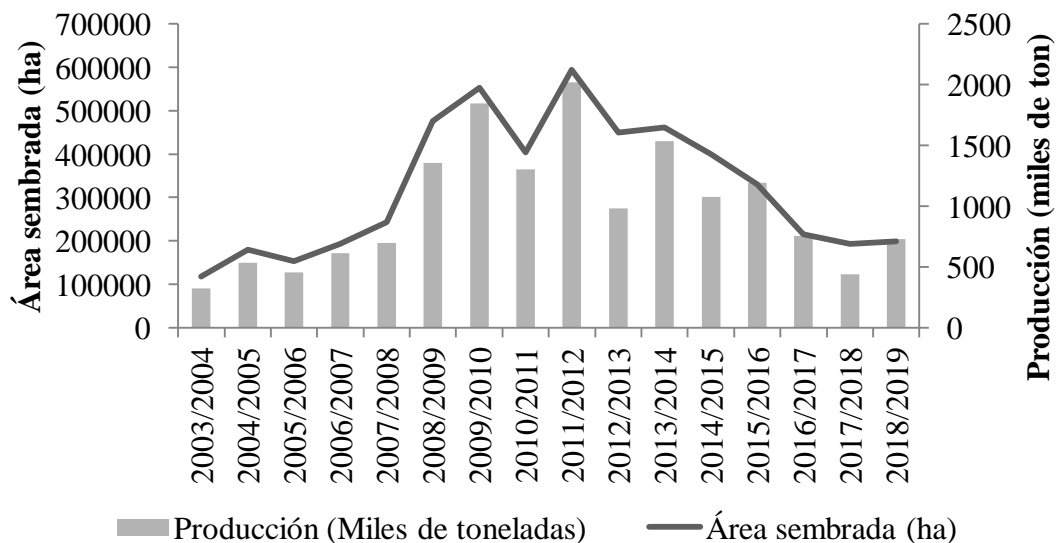


Figura No. 1. Evolución de la producción y área sembrada del cultivo de trigo en Uruguay en los últimos 16 años

Fuente: MGAP. DIEA (2011, 2019).

Cabe destacar que la cosecha anual del trigo así como la de otros cultivos, está sujeta a grandes fluctuaciones determinadas fundamentalmente por las irregularidades climáticas y por la variación de las cotizaciones del mercado (Montevideo. COMM, s.f.).

La zona agrícola se extiende del sur hacia el suroeste y el oeste del litoral Uruguayo, concentrándose la producción en los departamentos del litoral. Los departamentos de Soriano, Colonia, Río Negro y Paysandú concentran el 75 % del área, mientras que el resto se concentra en San José y Flores (Montevideo. COMM, s.f.).

2.2. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE TRIGO

En Uruguay, las condiciones de producción de trigo y cebada suelen favorecer el desarrollo de un complejo de enfermedades que incluye manchas foliares, royas, oídio, fusariosis de la espiga, entre otras. Siendo esto, uno de los factores limitantes que afecta de manera importante el rendimiento y la calidad a lo largo de los años, así como una de las principales causas de retiro de cultivares de la producción (Pereyra et al., 2011a). En un estudio, Rubio et al. (2017), observaron que, en promedio, la reducción en las pérdidas de rendimiento logradas con el uso de fungicidas generan rendimientos 15 % superiores en los tratamientos protegidos. En años con alta incidencia de enfermedades estas diferencias alcanzaron hasta un 60 %.

En cuanto a las manchas foliares, mancha amarilla o septoriosis de la hoja son las que causan mayores pérdidas de rendimiento de grano en trigo (Germán et al. 2018a, Zamuz et al., Díaz de Ackermann, citados por Germán et al., 2018a).

La mancha amarilla desde 1990 hasta el 2014, con excepción del año 1992, ha sido la mancha predominante al norte del país, donde predomina la producción de trigo sembrado sobre rastrojo de trigo. Las mermas de rendimiento de grano a nivel experimental durante 1998-2009 fueron en promedio de 32 % (3 – 84 %, Germán et al., 2018a).

Septoriosis de la hoja (MH) puede causar pérdidas importantes de rendimiento de grano si la infección llega a afectar la hoja bandera. Para el período 1967- 2002, la reducción promedio de rendimiento de grano causada por MH fue del orden de 30 %, con máximos de pérdidas nacionales de hasta 54 %. En epifitias graves los granos de las variedades susceptibles tienen menor peso, se arrugan y no son adecuados para la molienda. La calidad molinera es afectada negativamente mientras que hay poca variación en la calidad industrial y panadera (Zamuz et al., Díaz de Ackermann, citados por Germán et al., 2018a).

En cuanto a fusariosis de la espiga es considerada una de las enfermedades más importantes en el cultivo de trigo, si bien las mermas en rendimiento no son espectaculares (14 - 25 %), las especies de *Fusarium* que causan esta enfermedad

producen toxinas, que pueden provocar serios daños a los seres humanos y animales. A nivel nacional el límite máximo permitido de deoxivaleno (DON) en productos y subproductos del trigo para alimentación humana es de 1 ppm (Germán et al., 2018a).

En el caso de las royas, la roya de la hoja es una de las más importante en Uruguay, alcanzando todos los años niveles epidémicos (Germán et al., 2011). La roya del tallo fue una de las enfermedades más destructivas en el pasado y constituye una amenaza para el cultivo por el uso de cultivares susceptibles en un porcentaje importante del área (Germán et al., 2018a). Por último, la roya estriada (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) puede causar pérdidas muy elevadas (hasta 100 %) en cultivares susceptibles en condiciones extremas (Chen, 2005).

2.3. MANCHA AMARILLA DEL TRIGO

La mancha amarilla es también conocida como mancha marrón o bronceada del trigo (Bankina y Priekule 2011, Cotuna et al. 2013, Harvey et al. 2015). En Uruguay la enfermedad fue detectada en 1982 y se ha presentado principalmente con gran incidencia en el norte del país desde 1990 (Díaz de Ackermann, 1996).

La incidencia y la severidad de mancha amarilla ha aumentado significativamente en los últimos años, debido al cambio climático y a cambios en prácticas conservacionistas de suelo, por lo cual es de gran importancia desarrollar nuevas estrategias para su control (Díaz de Ackermann 1996, Bankina et al. 2014, Cotuna et al. 2015).

2.3.1. Organismo causal

El agente causal de mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis* cuyo anamorfo es *Drechslera tritici-repentis*) es un hongo necrótrofo que como tal provoca manchas cloróticas y necróticas en los tejidos foliares en trigo. Esta particular sintomatología es lo que da el nombre común a la enfermedad (Alberione et al., 2011a).

Dicho hongo tiene la capacidad de propagarse asexualmente por conidios y sexualmente por ascosporas. Los pseudotecios de *Pyrenophora tritici-repentis* son de color marrón oscuro esféricos a sub esféricos, lisos, de 400 a 500 μm de diámetro, las ascas generalmente varían entre 170 a 251 μm por 43 a 50 μm (Figura No. 2). Las ascosporas son de color parduzco, biseriadas y uniseriadas en el medio hacia el ápice respectivamente y miden generalmente entre 47 y 65 μm de longitud y entre 20 y 26 μm de ancho (Figura No. 3). Los conidióforos surgen como unidades individuales o en grupos de 2 o 3, a través de estomas, entre células epidérmicas o en paja de trigo. Son solitarios, erectos, rectos o flexibles, a veces geniculados, cilíndricos o ligeramente cónicos, generalmente son hinchados en la base. Usualmente miden 250 μm y presentan una coloración media pálida a marrón y son lisos. Poseen una pared muy delgada con 1

hasta 9 septas y son multinucleados (Figura No. 4, Bankina y Priekule 2011, Moreno et al. 2012, Mehta 2014, Cotuna et al. 2015).



Figura No. 2. Pseudotecio de *Pyrenophora tritici-repentis* desarrollados sobre la cama de trigo

Fuente: Bankina y Priekule (2011).



Figura No. 3. Ascas con ascosporas de *Pyrenophora tritici-repentis*

Fuente: adaptado de Díaz de Ackermann (1996).



Figura No. 4. Conidio de *Drechslera tritici-repentis*

Fuente: Moreno et al. (2012).

2.3.2. Importancia económica

La mancha amarilla del trigo, puede afectar a otras gramíneas, y es de distribución mundial, ya que ha sido reportada en Europa, Asia, América del Sur, América del Norte, África del Sur y Australia (Díaz de Ackermann, 1992). Los primeros informes provienen de Alemania, donde fue identificada en gramíneas en 1902 y en Japón en 1928. Un pequeño grupo de trabajadores desde 1971 hasta 1981, estableció que esta enfermedad causó pérdidas económicas generalizadas de rendimiento de trigo y amplió conocimiento de severidad, epidemiología, biología, control y de su distribución geográfica (Hosford, 1982).

En condiciones epidemiológicas severas las pérdidas de rendimiento de grano atribuibles a esta enfermedad han oscilado entre 19,7 y 49,4 %, debido principalmente a una reducción en el tamaño de grano (Sharp et al., Rees et al., citados por Shabeer y Bockus, 1988). Dichas pérdidas varían según el estado fenológico en el que se encuentre el cultivo. Un desarrollo de la epidemia en las etapas iniciales del cultivo puede significar mermas de rendimiento cercanas al 17 % de la pérdida total, mientras que en etapas tardías puede significar un 35 % (Shabeer y Bockus, 1988)

En Lituania, Roins et al. (2009), afirman una reducción en el peso de mil granos del 69 %, superando el 25 % de severidad de mancha amarilla al finalizar antesis hasta 65 % a mitad de llenado de grano. Paraschivu et al. (2010), afirman que las pérdidas de rendimiento atribuidas a esta enfermedad fluctúan entre 3 y 50 % en Rumania.

En el cono Sur, esta enfermedad sobre trigo comienza a adquirir importancia en el año 1980. Kohli et al. (1992), también mencionan que el nivel de pérdidas en

Paraguay y Argentina habrían fluctuado entre el 20 y 70 % a principios del '90. Las primeras menciones sobre la aparición de mancha amarilla en Argentina son de mediados del año 1984, en el área centro-norte de la provincia de Buenos Aires (Annone et al., 1994). Annone (2001), indica que en ensayos conducidos en esa región productora de trigo se estimaron pérdidas que fluctuaron entre 10 y 20 %.

En cambio, en Brasil la ocurrencia de esta enfermedad foliar de trigo fue detectada por Costa Neto en campos comerciales hacia fines del año 1970, y a partir de ese momento se incrementó gradualmente. A comienzos de los '90, Mehta y Gaudencio (1991) reportaron pérdidas cercanas al 40 %. Posteriormente Ranzi y Forcelini (2013), asignaron daños de hasta 80 %, los cuales coincidieron con datos proporcionados por Baldiga et al. (2013) y con Tormen et al. (2013).

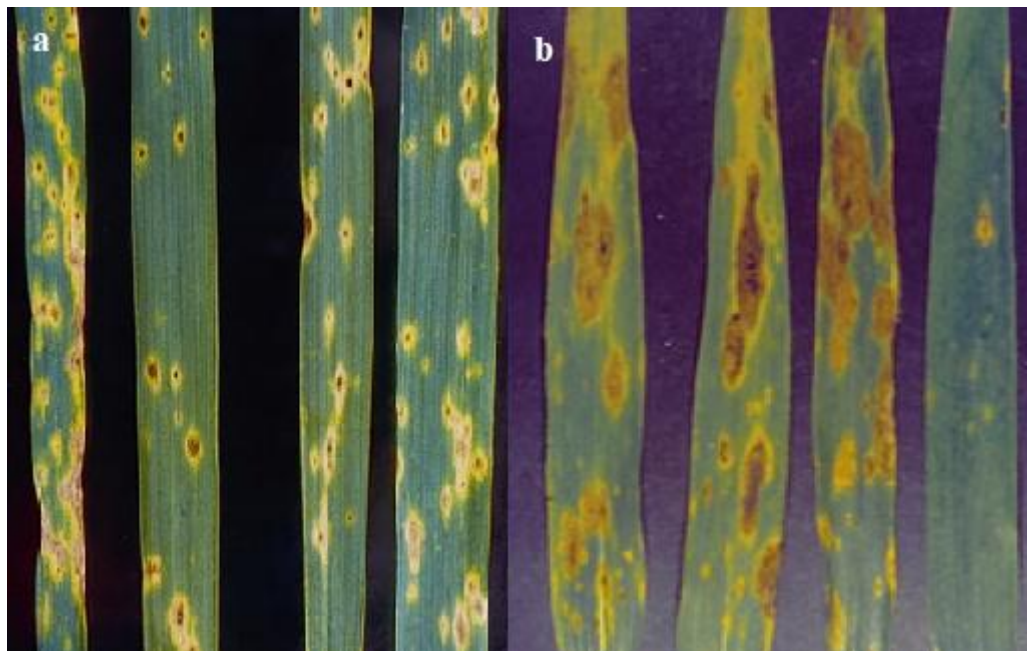
En Uruguay, la mancha amarilla fue reportada por Luzzardi et al., citados por Díaz de Ackermann (2011) en 1980. Por su parte, Díaz de Ackermann y Kohli, citados por Díaz de Ackermann (2011), reportaron la ocurrencia de importantes niveles de severidad en el norte del país, en las localidades de Salto y Young, en los años 1990 y 1991, respectivamente. Estos autores plantearon que todos los cultivares comerciales de trigo se comportan como susceptibles o moderadamente susceptibles a la enfermedad.

Desde ese año hasta la fecha con excepción del año 1992, que no hubo problemas de manchas foliares, la mancha amarilla ha sido la mancha predominante en el norte del país, situación que ha permitido en los últimos años caracterizar los cultivares según su comportamiento a *Py. tritici-repentis* o *Zymoseptoria tritici*. Las máximas pérdidas porcentuales de mancha amarilla indicadas por Germán et al. (2018a) en Uruguay fueron de 48 % en rendimiento, 12 % en el peso de grano y 2 % en el peso hectolítrico, en condiciones de siembra sobre rastrojo infectado.

2.3.3. Síntomas

En trigos susceptibles, *Py. tritici-repentis* produce síntomas típicos que se caracterizan por lesiones de forma ovalada a diamante que luego se extienden a lo largo de la hoja, y desarrollan un color marrón con halo clorótico, y un pequeño punto de color marrón más oscuro que corresponde al sitio de infección (Figura No. 5, Moreno et al., 2012). Según De Wolf et al. (1998) en trigos resistente y parcialmente resistente, el tamaño de las lesiones es reducido, la necrosis y clorosis puede estar ausente. Las primeras lesiones aparecen como pequeñas manchas (0,7-4,0 mm por 0,5-1 mm), de color marrón oscuro a negro con un centro blanquecino rodeado de un halo amarillo, como resultado del colapso de 1 a 3 células epidérmicas. El tipo, forma y tamaño de las manchas no solo dependen de los factores ambientales, sino también de la respuesta de las distintas variedades de trigo y a los distintos biotipos. Con el tiempo, las lesiones van aumentando de tamaño, convergen, y producen grandes áreas de tejido muerto, mientras

que las hojas severamente enfermas se marchitan y mueren prematuramente (Bankina y Prienklue, 2011).



a) Lesiones iniciales en forma de diamante con halo clorótico de mancha amarilla. b) Hojas de trigo gravemente infectadas que muestran síntomas de mancha amarilla.

Figura No. 5. Hojas de trigo afectadas por mancha amarilla

Fuente: adaptado de Mehta (2014).

Estos síntomas son el resultado de la producción de múltiples toxinas por parte del patógeno. El conocimiento de ellas es de gran importancia para la resistencia a mancha amarilla, ya que está asociado a la sensibilidad que tiene el cultivar a cada toxina, la cual puede estar determinada genéticamente (Antoni et al., 2010).

Pyrenophora tritici-repentis produce al menos tres toxinas selectivas para cada huésped lo que lleva al desarrollo de dos síntomas foliares distintos: necrosis y/o clorosis. En función de la capacidad de producir cada toxina o la combinación de las mismas, se han definido 8 razas. ToxA causa el daño más severo al inducir necrosis en las hojas de los genotipos de trigo sensibles a ToxA, mientras que ToxB y ToxC inducen clorosis, aunque en diferentes genotipos de trigo que albergan el Tsc2 y Tsc1 loci, respectivamente. La toxina predominante en el sistema de manchas de trigo es ToxA, y está presente en la mayoría de los aislamientos en todo el mundo. La interacción huésped- patógeno puede ser compatible e incompatible, para el caso de esta última tiene como resultado la resistencia (Moffat et al., 2014).

2.3.4. Ciclo de la enfermedad

Las principales fuentes de inóculo de esta enfermedad son las semillas, rastrojo de trigo y hospedantes secundarios. El inóculo primario puede trasladarse en las áreas de trigo por largas distancias y se introduce en nuevas áreas por semilla (De Wolf et al. 1998, Moreno et al. 2012).

En el caso de *Py. tritici-repentis*, el patógeno sobrevive en el pericarpio de la semilla, como micelio latente y la transmisión a la plántula no es sistémica (Schilder y Bergston, citados por Moreno et al., 2012). Alberione et al. (2011a), señalan que el coleoptile es infectado externamente por crecimiento de la hifa desde el pericarpio. Annone y García (2004), aseguran que las esporas de origen asexual, también pueden ser transferidas a nuevos cultivos por medio de la semilla.

Los restos como rastrojo infectados, en ausencia del cultivo de trigo, generalmente resultan en una severidad significativa de la enfermedad en la emergencia de las primeras hojas y en etapas posteriores de crecimiento debido a infecciones secundarias. Es por ello que el rastrojo es considerado por varios autores, como la principal fuente de inóculo, ya que es allí donde el hongo sobrevive como micelio, conidios y pseudotecios (Platz 2010, Moreno et al. 2012, Cotuna et al. 2013, Bankina et al. 2014).

En otros países *P. tritici-repentis* se ha reportado la ocurrencia naturalmente en varios huéspedes como *Agropyron*, *Agrostis*, *Alopercus*, *Andropogon*, *Arrhenatherum*, *Avena*, *Beckmannia*, *Bouteloua*, *Bromus*, *Calamovilfa*, *Camalogrostis*, *Cynodon*, *Dactylis*, *Elymus*, *Festuca*, *Hordeum*, *Koeleria*, *Leersia*, *Panicum*, *Phalaris*, *Poa*, *Secale*, *Schizachyrium*, *Setaria*, *Sorghastum*, *Spartina*, *Stipa*, *Triticum* y *Triticosecale* (Díaz de Ackermann 1992, Moreno 2012), de los cuales según Díaz de Ackermann (2011) solo 6 se encuentran en Uruguay (*Dactylis glomerata*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, *Avena sativa*, *Secale cereale* y *Poa*), 12 solo se encuentra el género y el resto no están presentes en el país.

El ciclo primario de mancha amarilla en trigo inicia por las ascosporas y los conidios, generados sobre las distintas fuentes de inóculo quienes hospedaron y permitieron la supervivencia del patógeno en el período de ausencia del cultivo de trigo. Con la producción de conidios en las lesiones primarias comienza el ciclo secundario, el cual avanza cuando los conidios se liberan y se dispersan reinfectando el cultivo (Mehta, 2014). Las hojas inferiores son principalmente infectadas por las ascosporas las cuales son expulsadas desde los pseudotecios, mientras que los conidios se ubican en la corriente de aire a través de conidióforos que se encuentran sobre tejidos foliares enfermos logrando así la infección de las hojas superiores (Figura No. 6, Platz 2010, Cotuna et al. 2015).

Las condiciones favorables para el desarrollo y dispersión de *Pyrenophora tritici-repentis* se dan con temperaturas óptimas de 19 a 22 °C con un rango de 10 a 30 °C, humedad relativa alta y períodos de mojado de entre 6 y 48 h. La maduración de los pseudotecios y las ascosporas se produce entre 5 y 20 °C, pero el rango óptimo de temperatura es de 15 a 18 °C, mientras que los conidios se producen a temperaturas entre 10 y 25 °C, con un óptimo de 21 °C. En cuanto a la dispersión total de los conidios producidos, se logra con vientos suaves de hasta 2 m/s (Platz 2010, Díaz de Ackermann 2011, Moreno et al. 2012, Cotuna et al. 2015, Ranzi et al. 2015).

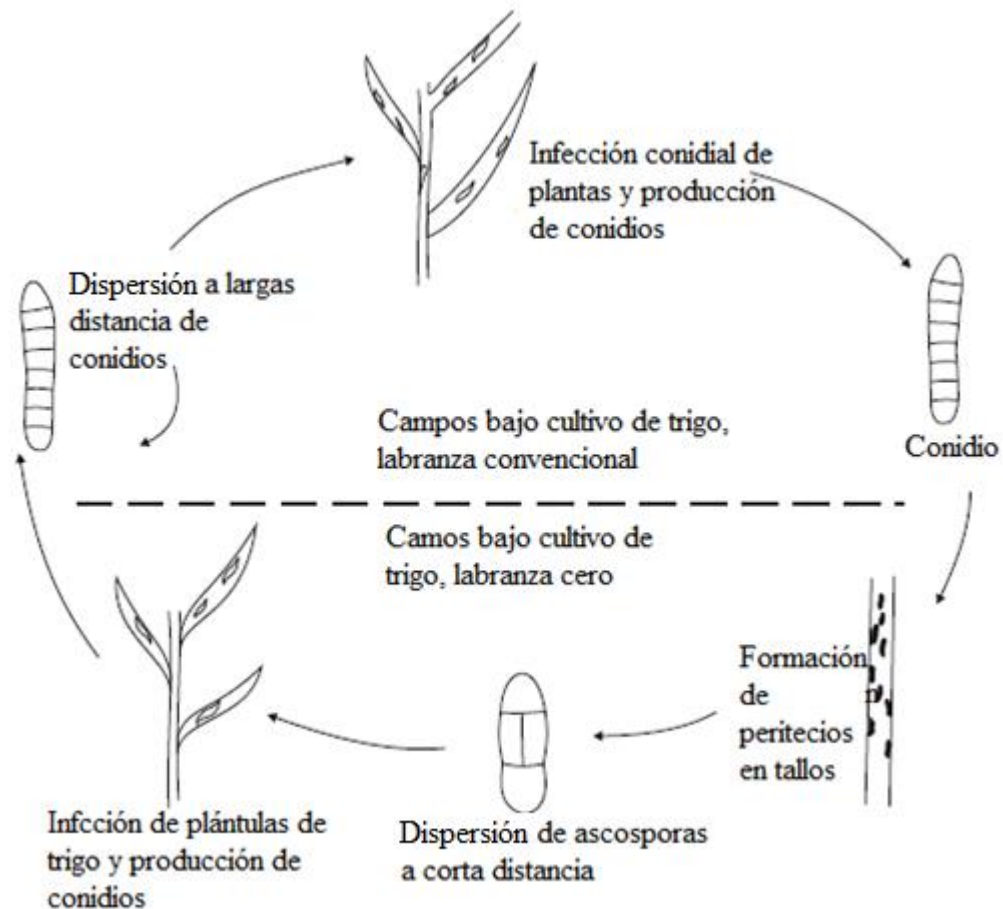


Figura No. 6. Ciclo de la mancha amarilla causada por *Pyrenophora tritici-repentis*

Fuente: adaptado de Mehta (2014).

2.3.5. Manejo integrado de la enfermedad y sus componentes

Para el control de mancha amarilla existen varias opciones disponibles, la implementación de varias medidas en conjunto minimizará los efectos de la enfermedad,

ya que ninguna parece presentar 100 % de efectividad cuando se emplean individualmente en sistemas donde trigo se siembra sobre trigo (Platz, 2010). Kohli (1996) afirma que utilizado de una forma eficiente, el manejo integrado de enfermedades (MIE) es la mejor alternativa para reducir los daños causados por las enfermedades de trigo de manera económica y duradera. Las principales estrategias de control se basan en el uso de cultivares resistentes, aplicación de fungicidas basados en el umbral de daño económico (UDE), en el uso de agentes de control biológico y en el control mediante prácticas culturales. Además, el MIE, tiene en cuenta la sustentabilidad ecológica, teniendo como principio el uso racional de fitosanitarios (Carmona 2003, Annone 2011, He et al. 2016).

En el 2003 y 2004 se llevó a cabo un ensayo en Dinamarca por Jorgensen y Olsen (2007), con el objetivo de verificar la importancia de manejo integrado para el control de mancha amarilla en trigo, evaluaron el impacto de la interacción entre método de labranza, cultivar y aplicación de fungicida, dicha integración fue nula, pero sí encontraron notorias diferencias en cuanto al nivel de enfermedad entre métodos de laboreo, siendo 4-10 veces mayor con laboreo reducido en Z31.

Simón et al. (2011), tampoco encontraron diferencias significativas cuando evaluaron la interacción entre tipo de laboreo, cultivar, tasa de nitrógeno y aplicación de fungicida, pero sí afirman que el uso de labranza cero bajo monocultivo, aumenta la gravedad de la enfermedad en trigo, siendo esta 2 veces mayor bajo siembra directa que en las parcelas bajo laboreo convencional en Z23. Bankina et al. (2014), afirman que en monocultivos de trigo, la infección de mancha amarilla alcanzó niveles muy altos de gravedad además de que comenzó más temprano en el ciclo, concordando así con los resultados de Jorgensen y Olsen (2007) y los de Simón et al. (2011).

Con respecto a los cultivares Jorgensen y Olsen (2007), encontraron diferencias de rendimiento entre un cultivar susceptible y un cultivar moderadamente resistente en tratamientos que no recibieron aplicaciones de fungicidas. Sin embargo Annone y García (2004), afirman que la resistencia es generalmente durable pero su eficiencia es restringida bajo condiciones altamente predisponentes para la enfermedad.

2.3.5.1. Resistencia genética

Es evidente que para el manejo integrado de enfermedades, el uso de cultivares resistentes juega un rol muy importante, presentando un potencial significativo para reducir la gravedad de la enfermedad y la necesidad de tratamientos con fungicidas foliares. Sin embargo, la resistencia en variedades necrotróficas, como manchas foliares y fusariosis de la espiga es más compleja de alcanzar que en las enfermedades biotróficas. Los principales problemas que presenta la resistencia genética están relacionados con cambios poblacionales (Carmona, 2008).

El uso de cultivares resistentes es la medida de manejo más efectiva y económica, dada las características de los patógenos y sus interacciones con el huésped, pero tiene limitaciones relacionadas con variación en las poblaciones de los patógenos (Carmona 2008, Germán et al. 2011, Pereyra et al. 2011a).

Se evalúa el nivel de susceptibilidad o de infección de distintos cultivares frente a las enfermedades a través del comportamiento que expresa cada uno a campo y el esperable en un futuro si no cambia la población del patógeno. Las diferencias en comportamiento se generan por la velocidad en la que se desarrollan las enfermedades de manera que en aquellos cultivares que aún teniendo la necesidad de control químico tengan mejor comportamiento relativo, la acción de los fungicidas será más eficiente y su residualidad mayor (Pereyra et al., 2011a). A nivel nacional, los cultivares que se comercializan tienen un nivel de resistencia relativamente bajo, siendo los de mejor comportamiento los que presentan una susceptibilidad intermedia-baja (Castro et al., 2020).

El concepto de resistencia genética no implica necesariamente que un cultivar sea inmune (cero o nula enfermedad), dado que es un concepto relativo. Entre resistencia total o inmunidad y susceptibilidad existe una gama de resistencias incompletas (Pereyra y Altier, 2011b).

Se le denomina resistencia duradera cuando un cultivar posee un comportamiento adecuado contra una enfermedad por un número de años y sobre un rango de ambientes y virulencias patogénicas. Esto no asegura un buen comportamiento futuro contra todas las virulencias, para el caso de las manchas foliares los cambios son paulatinos y permiten su caracterización gradual hacia mayor susceptibilidad (Kohli, 1996).

2.3.5.2. Prácticas culturales

Se define al control cultural como las actividades humanas que involucran modificaciones a prácticas o labores del cultivo que apuntan a reducir el desarrollo de las enfermedades. Estos cambios en el manejo del cultivo, representan el método más antiguo y práctico del control de las enfermedades que sigue siendo eficiente en la actualidad (Casanello, 2010).

Consiste básicamente en el manejo de las condiciones de pre-siembra y de las etapas de desarrollo del hospedante en detrimento del patógeno, priorizando la prevención o la interrupción de la epidemia por otros medios que no sean la resistencia genética o el uso de pesticidas (Carmona, 2003a). El principal objetivo del control cultural es reducir el contacto entre el hospedante susceptible y el inóculo viable, de manera de reducir la tasa de infección y el consecuente progreso de la enfermedad.

Para el control de hongos necrotróficos como el causante de la mancha amarilla las prácticas empleadas son la rotación de cultivos, la eliminación de hospederos alternativos y plantas guachas y la fertilización entre otras (Stewart et al., 2001).

Las prácticas agronómicas como la rotación de cultivos y la labranza del suelo tienen gran influencia sobre la incidencia y severidad de las manchas foliares, disminuyendo el desarrollo de las epidemias. El uso de la práctica de labranza cero para el trigo aumenta la presencia de rastrojo en la superficie del suelo, disminuyendo la erosión y la capacidad de absorción de agua, pero provoca un aumento en el riesgo de la ocurrencia de enfermedades como la mancha amarilla por una mayor presión de inóculo (Pérez 1998, Díaz de Ackermann 2011, Pérez et al. 2011, Bankina et al. 2015). Esta presión de inóculo depende de la cantidad de rastrojo y su nivel de infección. A su vez la cantidad de rastrojo depende del rendimiento del cultivo que le dio origen, el índice de cosecha del mismo, las condiciones ambientales post-cosecha, el tipo de suelo, entre otras. Además, el nivel de infección de un rastrojo está relacionado directamente con la cantidad de enfermedad que presentó el cultivo durante su crecimiento (Pérez, 2004).

Una secuencia apropiada de cultivos debe contemplar un tiempo razonable entre cultivos susceptibles para poblaciones de los patógenos que sobreviven en el rastrojo o en el suelo. Este tiempo debe permitir la descomposición del rastrojo infectado y/o la reducción de la viabilidad de las estructuras de sobrevivencia de los patógenos en el suelo, eliminando la fuente primaria de inóculo. Para los patógenos causales de manchas foliares en trigo y cebada, se ha determinado que dos inviernos sin cultivos huésped sería adecuado desde el punto de vista sanitario (Pereyra y Altier, 2011b). Carmona (2003b) afirma que *Py. tritici-repentis* puede erradicarse mediante este método, ya que los restos son eliminados biológicamente por microorganismos del suelo de tal manera que el inóculo fue eliminado o mantenido por debajo del umbral numérico de infección.

La rotación de cultivos es una práctica de manejo que busca maximizar la productividad por unidad de superficie, alternando diferentes especies de plantas en un período de tiempo dado dentro de la misma área de cultivo. Una rotación eficiente de cultivos incluye básicamente seis aspectos: 1- mantener la biodiversidad, recordando que la misma incluye diversidad de especies vegetales así como diversidad de cultivares de la especie vegetal en cuestión; 2- reducir la infestación de malezas; 3- romper el ciclo de la enfermedad; 4- mantener el suelo siempre cubierto con rastrojo o cultivos verdes; 5- suplementar algunos de los nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos; y finalmente; 6- aumentar los beneficios de los agricultores durante un período de tiempo (Stewart et al. 2004, Pérez et al. 2009, Díaz de Ackermann 2011, Cotuna et al. 2015).

Por lo tanto, un uso apropiado de cultivos no hospedantes para la subsiguiente siembra ayuda a romper el ciclo de las enfermedades causadas por patógenos necrotróficos de las plantas, debiéndose tener suficiente cuidado al seleccionar un

cultivo en particular y su cultivar, para ser utilizado en la rotación (Kohli 1996, Stewart et al. 2004, Kirkegaard et al. 2008, Pereyra y Altier 2011b, Awasthi 2015).

En ensayos a campo, comprobaron que la incidencia y la severidad de la mancha amarilla están muy relacionadas con la cantidad de rastrojo que queda sobre la superficie del suelo. Esto es muy importante ya que se puede tener la misma presión de inóculo con poco rastrojo altamente infectado que con un rastrojo con niveles menores de infección pero presente en gran cantidad. Es importante tener en cuenta que la presencia de rastrojo infectado afecta tres parámetros epidemiológicos de la enfermedad: el momento de inicio, la tasa de desarrollo y la intensidad máxima alcanzada (Reis et al., citados por Kohli 1996, Pérez 1998).

De la Figura No. 7 se puede concluir que con altas cantidades de rastrojo, los niveles de severidad en etapas más tempranas son mayores. Por otro lado, a medida que el cultivo crece la cantidad de rastrojo va perdiendo importancia relativa como fuente de inóculo, de tal manera que 10 días luego del final de la floración (Z69), no existieron diferencias en el % de severidad entre los distintos niveles de rastrojo. Esta pérdida de importancia está explicada por el aumento de inóculo secundario (conidios producidos en lesiones foliares) a medida que avanza el ciclo.

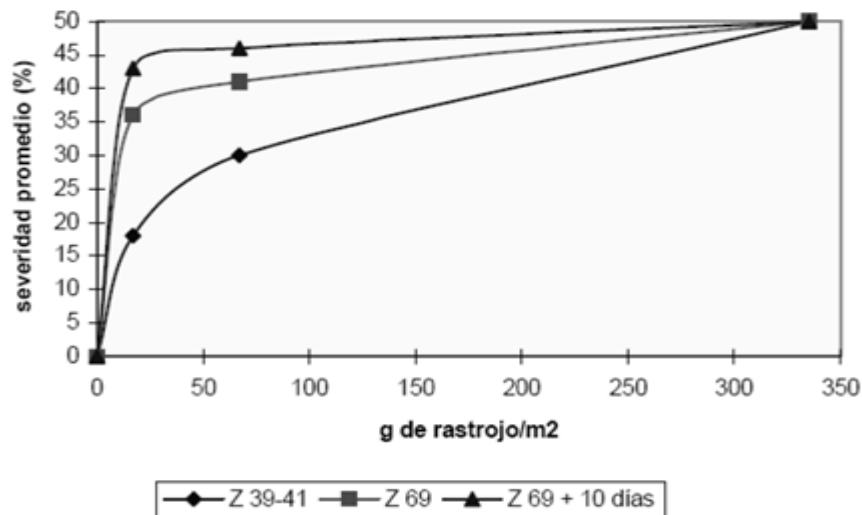


Figura No. 7. Relación entre cantidad de rastrojo de trigo sobre el suelo y severidad de mancha amarilla en el trigo siguiente

Fuente: adaptado de Rees et al. por Pérez (1998).

En los campos que carecen de rotación de cultivos y/o labranza, la gravedad de los primeros síntomas de la enfermedad es mayor (Bankina et al. 2015, Cotuna et al. 2015). Sutton y Vyn, citados por Bockus (1992), encontraron que la mancha amarilla

mostró un aumento en los niveles de infección bajo mínimo o cero laboreo, en comparación con laboreo convencional. En un estudio realizado por Simón et al. (2011), comprobaron que el uso de labranza cero bajo monocultivo aumentó la gravedad de la enfermedad causada por *Pyrenophora tritici-repentis* posiblemente debido al aumento de los niveles de residuos, esto concuerda con estudios realizados previamente (Sutton y Vyn, Bockus y Claassen, Fernández et al., Carignano et al., citados por Simón et al., 2011). También se observó aumento de la gravedad de mancha en las etapas iniciales de crecimiento del cultivo en parcelas con labranza cero respecto a las parcelas con labranza convencional, aunque los valores de ADCPE también aumentaron significativamente en promedio para ambas en labranza cero en comparación con las parcelas de labranza convencionales, probablemente como resultado de mayores niveles de inóculo al inicio de la temporada de crecimiento.

Por otra parte, Rees y Platz, citados por Bockus (1992), encontraron que la severidad de la enfermedad fue mayor en el rastrojo que no fue quemado ni laboreado, y la menor severidad se dio donde el rastrojo fue quemado seguido de un laboreo convencional. El laboreo convencional disminuyó en gran medida la gravedad de la mancha amarilla, incluso en siembras de trigo continuas debido a que aumenta la descomposición del rastrojo, reduciendo la cantidad de inóculo (Bankina et al., 2015).

Pérez et al. (2009) en un experimento de largo plazo instalado en la EEMAC en 1999, obtuvieron datos epidemiológicos de los años 2006-2008 para la mancha amarilla en el cultivo de trigo. Los mismos permiten concluir que 2 o 3 años de rotación sin cultivos susceptibles permiten minimizar el impacto del inóculo presente en el rastrojo sobre la sanidad del cultivo a sembrar.

Mazzilli et al. (2016) demostraron que el rendimiento de grano en campos donde se sembró trigo sobre trigo disminuyó con respecto a trigo sembrado sobre otros cultivos, y la eficiencia del sistema se redujo de 0,85 a 0,76. Esto significa que el rendimiento real en el caso de trigo después del trigo fue 9 % inferior al rendimiento alcanzable en el caso de la siembra de trigo después de otros cultivos anteriores.

Se ha observado una reducción considerable de la gravedad de la enfermedad en aquellas parcelas donde se practica la rotación de cultivos en sistemas de mínimo y cero laboreo con residuos (Bankina et al. 2015, Cotuna et al. 2015).

En Uruguay, el laboreo convencional o quema de rastrojo y la obligación de mantener el suelo cubierto para minimizar pérdidas por erosión están reguladas legalmente (Mazzilli et al., 2016). Por estas razones, es importante hacer un manejo integrado de enfermedades no solo para manejar eficientemente los residuos y la rotación de cultivos que son esenciales para el control de las manchas foliares, sino también introducir medidas adicionales de control como el uso de fungicidas, el control biológico y la resistencia del huésped (Kohli 1996, Cotuna et al. 2015).

2.3.5.3. Control químico

Dentro del concepto de manejo integrado, la aplicación de fungicidas también juega un papel importante y es una herramienta efectiva, la cual tiene mayor eficiencia y efecto residual en cultivares menos susceptibles (Pereyra et al., 2011a). Consiste en el uso de sustancias químicas para matar o inhibir al patógeno en alguna etapa de la patogénesis (Gepp y Mondino 2011, Mehta 2014).

Por más de 30 años han estado disponibles fungicidas sintéticos para el control de enfermedades que se han mejorado continuamente y han permitido que la agricultura moderna alcance un potencial productivo que de otro modo no habría sido posible. Hoy en día es una práctica común para controlar enfermedades en el trigo, previniendo de esta manera epidemias de enfermedades graves (Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014).

Tratamiento de semilla

La calidad de la semilla está determinada por varios factores, dentro de ellos, el que merece mayor consideración es la sanidad, dado que el 90 % de las enfermedades que afectan los cultivos destinados a producción de alimentos en el mundo son causadas por patógenos transmitidos por semillas (Neergaard, citado por González, 2011). La semilla reintroduce el patógeno en los cultivos en la que se practica la rotación de cultivos. Se piensa que los patógenos en la semilla juegan un papel muy importante como fuente de inóculo primario y por lo tanto en la epidemiología. Estos patógenos determinan infecciones tempranas en el ciclo del cultivo y como consecuencia mayores pérdidas potenciales en el cultivo (Stewart, 1996).

El tratamiento de semillas tiene como objetivo evitar la introducción de aquellos patógenos que se transmitan por semillas, ya que estos microorganismos como los no patógenos son llevados a largas distancias, como de un país a otro en el proceso de comercialización. Además se justifica el tratamiento químico dada la posibilidad de introducir nuevas razas de patógenos por semilla infectada. Desde el punto de vista agronómico el control de patógenos asociado a la semilla se realiza con el fin de evitar la transmisión semilla-plántula y mantener en un cultivo, el nivel de enfermedad por debajo del UDE. Este es considerado eficiente cuando se logra la erradicación de él o los patógenos objetos de control. La eficiencia depende de la incidencia de la semilla, de la eficiencia del fungicida, de la dosis empleada y de la calidad de la cobertura de la superficie de semilla (Carmona, 2003b). En general, el tratamiento de semillas debe realizarse fundamentalmente donde se practica rotación de cultivos o en aquellas áreas donde nunca se cultivaron cereales de invierno (Carmona 2008, González 2011). Es esencial que se empleen materiales de propagación certificados, libres de los patógenos más importantes si se busca un control eficaz de la enfermedad (Casanello, 2010).

Los tratamientos de semilla son efectivos por un período de 10 a 14 días pos-siembra. Sin embargo, moléculas de reciente desarrollo, perteneciente al grupo químico de las carboxamidas, podrían proteger a la planta por períodos de hasta 60 días post-emergencia (encañazón, González et al., 2019).

Estudios realizados por Carmona et al. (2006), indican que el tratamiento más efectivo para mancha amarilla es la mezcla de iprodione y triticonazol, reduciendo la tasa de transmisión de 31 % a 8,8 %. En cambio Sharma-Poudyal et al. (2016) encontraron que los curasemillas triadimenol y carboxim + tiram, son la mejor opción para el tratamiento de semillas, mejorando significativamente la germinación, el número efectivo de tallos y disminuyendo el número de plántulas infectadas. Para Pereyra (2016), el uso de curasemillas recomendados permite una emergencia adecuada, reduce la muerte de plántulas, y recomienda evitar sembrar sobre rastrojo de la misma especie y el uso de semillas sanas.

Cuadro No. 1. Eficiencia de algunos fungicidas curasemillas para patógenos de trigo y cebada

Ingrediente activo (Nombre comercial)	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>D. teres</i>	<i>D. tritici-repentis</i>	<i>Fusarium spp</i>	<i>Ustilago spp</i>
Carbendazim	-	-	-	***	-
Carbendazim+tiram+ Iprodione (C+T+Rovral)	***	***	-	***	-
Carbendazim+tiram+ Iprodione (Trio 400, Envion Invierno)	***	***	-	***	-
Carbendazim+tiram (C+T,Mix25/25)	*	*	-	***	-
Carboxim+ tirad (Vitavax Flo)	**	*	*	*	**
Guazatina+Imazalil	***	**	-	*	-
Iprodione (Rovral)	***	**	***	*	*
Tebuconazol (Raxil)	*	*	*	*	*
Tebuconazol+Protioconazol (Pucará)	**	**	-	*	-
Tiabendazol (TBZ)	*	*	-	***	-
Triticonazol (Real)	-	-	-	*	-
Triticonazol+Iprodione (Real+Rovral)	***	**	-	-	-

Eficiencias de control: *** >90% eficiencia, ** 80-90% eficiencia, * < 80% eficiencia, - no hay información

Fuente: Pereyra (2016).

Por otro lado, Stewart et al. (2001), observaron que si bien los curasemillas son eficientes eliminando hongos de la semilla, no fueron eficiente protegiendo las plantas que emergen a través de rastrojo infectado. Esto coincide con estudios realizados en los años 2016 y 2017 donde se evaluó la eficiencia de más de 15 productos curasemillas disponibles en el mercado para el control de mancha amarilla en trigo. Los experimentos se instalaron en chacras con rastrojo infectado por el patógeno. Al inicio de encañazón la severidad de la enfermedad fue de 5 y 25 % en el año 2016 y 2017 respectivamente, y ningún producto curasemilla fue eficiente en el control de la enfermedad (González et al., 2019).

Aplicación foliar

Cuando el tratamiento curasemilla, el nivel de resistencia genética o demás prácticas culturales que contribuyen en la reducción o eliminación del inóculo de los patógenos no es suficiente para evitar pérdidas económicas causadas por las enfermedades, el control químico, a través de la pulverización de los órganos aéreos es una medida rápida de control, que si bien aumenta el costo de producción y el riesgo de contaminación ambiental, puede tener efectos positivos en el cultivo debido al poder de inhibición de los patógenos. No pulverizar aumenta los factores de riesgo principalmente cuando aumenta el precio del trigo (Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014).

Existen solo algunos grupos de fungicidas disponibles para el control de las enfermedades predominantes (triazoles, estrobilurinas, morfolinás, inhibidores de la succinato deshidrogenasa, cloronitrilos), lo que dificulta la implementación de estrategias contra la resistencia (Jorgensen et al., 2014).

Según Carmona (2003b), entre los fungicidas recomendados, los más eficientes son los triazoles sistémicos, y el grupo de estrobilurinas, lo que concuerda con los resultados de Jorgensen y Olsen (2007), quienes obtuvieron los mejores resultados en el control de mancha amarilla cuando usaron productos que contenían estrobilurinas junto con los que contenían propiconazol. Los primeros, fueron sintetizados en la década del '80, interrumpen la síntesis del ergosterol en la membrana celular, de esta manera se comienzan a acumular esteroides tóxicos intermedios, aumenta la permeabilidad de la membrana y se interrumpe el crecimiento del hongo (Kohli 1996, Carmona y Satua 2017b). Las estrobilurinas son derivados sintéticos de compuestos producidos naturalmente por un hongo (*Strobilurus tenacellus*), tienen una actividad antifúngica de amplio espectro, actúan sobre un sitio específico resultando en la inhibición de la respiración mitocondrial, mediante la interrupción del transporte de electrones en la cadena respiratoria, siendo por su sitio de acción clasificados como inhibidores QoI (Quinone outside inhibitors, Patel et al., 2012).

Actualmente los tratamientos foliares para trigo proveen un nivel de protección intermedio a alto a través de un espectro relativamente amplio de fungicidas que incluye distintas mezclas como protioconazol + ciproconazol, propioconazol + tebuconazol, azoxistrobin + ciproconazol, piraclostrobin + epoxiconazol, kresoxim-metil + epoxiconazol, trifloxistrobin + tebuconazol y por último, piraclostrobin + epoxiconazol + fluxapiroxad, para el tratamiento de mancha amarilla (Peryera y González, 2020).

Consideraciones incorrectas tales como el nivel de incidencia y/o severidad y el estado de desarrollo del cultivo determinan en muchos casos aplicaciones inoportunas y/o la necesidad de pulverizaciones adicionales con el consiguiente incremento de los costos, impacto ambiental o pérdidas de rendimientos potenciales por la menor

efectividad de los productos (Astegiano y Villar 2004, Castellarín 2009, Platz 2010, Migliorini et al. 2015).

En muchos de los cultivos de granos se han determinado períodos fenológicos y fisiológicos denominados “críticos” por la importancia que tienen los eventos que ocurren dentro de los mismos y de sus interacciones con el ambiente, en la generación del rendimiento (Carmona, 2008a). Fischer, citado por Carmona (2008a), establece que el período crítico en el cultivo de trigo comprende desde 20 a 30 días antes del 50 % de floración y 10 días posteriores al 50 % de floración. Es justamente en este período donde el cultivo debe llegar con la mayor área foliar sana posible para que la absorción de la radiación sea óptima y pueda completarse la formación de las flores y el cuaje de los granos determinándose el número final de granos por espiga.

En los últimos años una de las metodologías creadas fue la de los UDE (Carmona 2003b, Bankina et al. 2014, Jorgensen et al. 2014). El concepto de umbral de daño económico (UDE) se expresa como el valor de enfermedad en el cual la pérdida ocasionada equivale al costo de aplicación del fungicida. Los investigadores justifican que la aplicación de fungicida debe ser hecha antes que la epidemia de una enfermedad alcance o exceda el UDE, por lo tanto se sugiere el umbral de acción (UDA) como el mejor indicador del momento de aplicación de fungicidas (Carmona, 2003b).

Según Carmona (2003b) el UDE es determinado utilizando como base de cálculo la fórmula de Munford y Norton (del año 1984) modificada para enfermedades:

IE = Cc/ (Pp x Cd x Ec), donde,

IE = intensidad de la enfermedad;

Cc = costo del control; aproximadamente \$ 50/ha

Pp = precio de la tonelada de trigo, por ejemplo \$ 260

Cd = coeficiente de daño; y

Ec = eficiencia del control del fungicida usado.

Cuadro No. 2. Niveles críticos aproximados para algunas enfermedades de trigo

Enfermedad	Sev. (%)	Inc. (%)
Septoriosis	5-6	50-60
Mancha parda o amarilla	4-6	0-60
Roya de la hoja	3-5	33-60

Fuente: Pereyra (2014).

Los fungicidas no deben aplicarse preventiva ni tardíamente, solamente cuando los valores de una determinada enfermedad alcancen el umbral de aplicación. El período de protección de un fungicida (y por lo tanto la posibilidad de reinfección de un

patógeno policíclico) depende del nivel de enfermedad al momento de la aplicación, tipo y dosis de la molécula química, tecnología de la aplicación, y variables climáticas al momento de la aplicación, entre otros factores (Carmona y Satua, 2017b).

Jorgensen y Olsen (2007), en Dinamarca, en experimentos donde se dejaron grandes cantidades de paja de trigo en la superficie, obtuvieron aumentos de rendimiento de hasta 4,4 toneladas/ha para los tratamientos con fungicidas más efectivos para el control de mancha amarilla, siendo estos piraclostrobin, picoxistrobin, propiconazol y prothioconazol. Además afirman que bajo condiciones favorables para el desarrollo de un ataque severo de mancha amarilla, pueden ser necesarias tres aplicaciones con fungicidas en el ciclo de cultivo, pero en la mayoría de los casos, una o dos aplicaciones dan un control suficiente y el mejor margen sobre el costo del fungicida. Con esto se estaría considerando la sustentabilidad ecológica, teniendo como principio del manejo integrado, a la racionalización del uso de agroquímicos (Carmona, 2003a). Concordando con esto, en el 2002 y 2003 Simón et al. (2011), reportaron que con dos aplicaciones de fungicida foliar en Z22 y Z23, aumentaron los rendimientos hasta un valor aproximado de 500 kg/ha, mientras que Bankina et al. (2014) reportaron rendimientos adicionales entre 10 y 14 % aproximadamente en campos con aplicación de fungicidas foliar en comparación con los campos que no recibieron aplicación de fungicidas.

Por otra parte, en Nueva Zelanda, Harvey et al. (2015), en un experimento para determinar la eficacia de una gama de fungicidas para el control de mancha amarilla y su efecto sobre el rendimiento en grano final, señalan que tres aplicaciones de prothioconazol y propiconazol aplicados solos o en mezcla, resultaron en un mejor control sobre la enfermedad, traducido en un mayor porcentaje de área de hoja verde en Z85 cuando se compararon con los demás fungicidas, y además encontraron un alto coeficiente de correlación (0,97) entre el porcentaje de área de hoja verde en Z85 y el rendimiento en grano, por lo que este último también fue mayor cuando se utilizaron esos fungicidas. Es importante destacar que la aplicación de fungicidas redujo la gravedad de la mancha amarilla hasta cierto punto, pero ningún tratamiento controló completamente la infección.

El precio de los fungicidas ha bajado en los últimos años haciéndolos muy atractivos como medida de control y su aplicación se volvió rutina en la producción de cereales (Platz, 2010). Dado que el momento de aplicación es de los factores más importante a tener en cuenta para el control, es responsabilidad de los productores y los agrónomos monitorear los cultivos frecuentemente. Además antes de realizar una recomendación, deberán considerar la dosis adecuada, el método de aplicación, el efecto sobre el rendimiento y la calidad del producto, la evaluación económica, el efecto residual en la planta, y finalmente, efectos tóxicos en plantas, humanos y animales (Platz 2010, Mehta 2014).

Las ventajas del control químico en sostener la producción a través de los años han sido muy claras. Sin embargo, trae consigo preocupaciones relacionadas no solo en el aumento del costo de producción, sino también con su impacto ambiental, causado por las fallas en las aplicaciones y por los residuos químicos en los granos. Por estas razones debe considerarse el manejo integrado de enfermedades como una alternativa viable para lograr un uso más eficiente del control químico y disminuir así sus efectos adversos (Kohli 1996, Beresford 2010, Mehta 2014).

2.4. ROYA ESTRIADA EN TRIGO

La roya estriada de trigo, también llamada roya amarilla o lineal, fue observada y descrita por primera vez en Argentina y Uruguay en 1929 (Rudorf y Job, citados por Germán et al., 2018b). Durante 1929 y 1930 causó epidemias generalizadas y muy severas en la mayor parte de la región del cono Sur. Toma su nombre de la característica estría de uredinios que producen urediosporas de color amarillo.

2.4.1. Organismo causal y síntomas

Puccinia striiformis f. sp. *tritici* es un hongo del orden Uredinales de Basidiomicetes. El nombre del patógeno ha experimentado varios cambios, *Uredo glumarum* (Schmidt, 1827), *Puccinia striiformis* (Westendorp, 1854), *Puccinia straminis* (Fuckel, 1860), *Puccinia glumarum* (Eriksson y Henning, 1894), anteriores a su nombre actual (Hylander et al. 1953, Stubbs 1985).

El patógeno se clasifica como biotrofo, dado que es un parásito obligado que solo puede crecer y sobrevivir sobre plantas vivas del hospedero. Al no sobrevivir en material vegetal muerto, la única manera de sobrevivir de una zafra a la otra es sobre hospederos alternativos capaces de albergarlos o sobre plantas voluntarias guachas. Inicialmente la infección se da a través de esporas que se trasladan a largas distancias con el viento (Roelfs et al. 1992, Stewart et al. 2004).

El síntoma de la enfermedad es además el signo de la misma y se presenta en forma de pequeñas pústulas de color amarillo anaranjado, que se distribuyen de forma paralela, linealmente (o en estrías) en la lámina de la hoja (0,5 a 1 mm, Figura No. 8). Las pústulas rompen la cutícula y expone de esta forma las masas de uredosporas al exterior para facilitar su diseminación. Dependiendo del nivel de susceptibilidad y severidad de la infección, puede cubrir completamente la hoja e incluso colonizar la espiga, pudiendo incluso esporular entre el grano y las glumas (Almacellas y Sánchez 2015, Germán et al. 2018b).



a) Síntoma de roya estriada, pústulas dispuestas en forma de estrías. b) Síntoma con puntuaciones oscuras (teliosoros).

Figura No. 8. Hojas de trigo afectadas por *Pu. striiformis* f. sp. *tritici*

2.4.2. Razas del patógeno

Las variantes patogénicas dentro de *Pu. striiformis* f. sp. *tritici*, se han identificado con el uso de sets de diferenciales de trigo que permiten determinar la virulencia / avirulencia de cada raza frente a determinado gen de resistencia (Chen 2005, Wellings et al. 2012).

Un análisis global de brotes de Pst que involucró 887 aislamientos genéticamente diversos en 35 países (2009–2015) reveló que algunas razas genéticas altamente divergentes están impulsando sus epidemias y que sus poblaciones están siendo moldeadas en gran medida por la invasión a través de áreas geográficas. PstS1 fue predominante en América del Norte; PstS2 en Asia occidental y África del Norte; y tanto PstS1 como PstS2 en África Oriental. PstS4 prevaleció en el norte de Europa con triticale; PstS5 y PstS9 prevalecieron en Asia Central; mientras que PstS6 prevaleció en epidemias en África Oriental. PstS7, PstS8 y PstS10 representaron tres razas genéticas prevalentes en Europa (Ali et al., 2017).

En Uruguay probablemente los grupos genéticos presentes son PstS13 y PstS7, de acuerdo al perfil de avirulencia/virulencia (Germán, 2019). Cada raza supone una combinación de un conjunto de genes de virulencia en una subpoblación que se comporta de una determinada manera al infectar una variedad. En el caso del trigo se

han encontrado numerosas razas del hongo, ya que cada nuevo estudio realizado caracteriza más razas que suponen nuevas combinaciones de genes de virulencia, generando dificultades para la obtención de variedades resistentes (Almacellas y Sánchez, 2015). Esto demuestra la necesidad de realizar *screening* y selección para resistencia en forma continua (Pereyra y Altier, 2011b).

2.4.3. Ciclo de la enfermedad

El ciclo biológico de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* está constituido por una fase asexual y otra sexual. Es un hongo heterohecio (coloniza más de una especie huésped) y macrocíclico, con cinco estadios diferentes conocidos de esporulación: uredinio, telio, basidio, picnio y ecio (Almacellas y Sánchez, 2015).

Recientemente la ocurrencia del ciclo sexual de *Pu. striiformis* f. sp. *tritici* fue demostrada en varias especies del género *Berberis* (Jin et al., 2010), aunque en América del Sur aún no ha sido demostrada. En la región el inóculo primario se considera proveniente de plantas voluntarias que sobreviven durante el verano, o de hospederos secundarios. Por otro lado, dado que es una enfermedad policíclica la producción de inóculo secundario se da a partir de infecciones primarias o de sucesivos ciclos de infección, que puede avanzar rápidamente cuando se trata de materiales susceptibles y las condiciones son favorables para su desarrollo (Germán et al., 2018b).

Para que la roya estriada se desarrolle, las urediniosporas necesitan condiciones que les permitan germinar e infectar; la temperatura óptima es 10-15 °C, más fresca que para roya de la hoja (20 °C) y roya del tallo (25 °C). Además, requiere al menos 6 horas de agua libre sobre las hojas, ya sea por rocío o lluvias leves. Las esporas pueden mantenerse viables por varios días si perduran secas, así mismo son capaces de sobrevivir a una temperatura de -4 °C. El período de latencia de las esporas es de 10 días desde la infección hasta la producción de esporas en condiciones favorables (Roelfs et al. 1992, Germán et al. 2011, Germán et al. 2018b).

Cuando las condiciones climáticas cambian, desfavoreciendo el crecimiento del hongo, el aspecto de la enfermedad en la hoja se modifica, presentando unas puntuaciones de color oscuro o negro, los teliosoros. Estas estructuras contribuyen a la evolución del hongo hacia la fase sexual, si se diera el desarrollo en la región (no siendo este el caso), durante el verano y la primavera las teliosporas producidas en los teliosoros colonizarían el huésped alternativo *Berberis* spp., dando origen a la fase basídica (Almacellas y Sánchez, 2015).

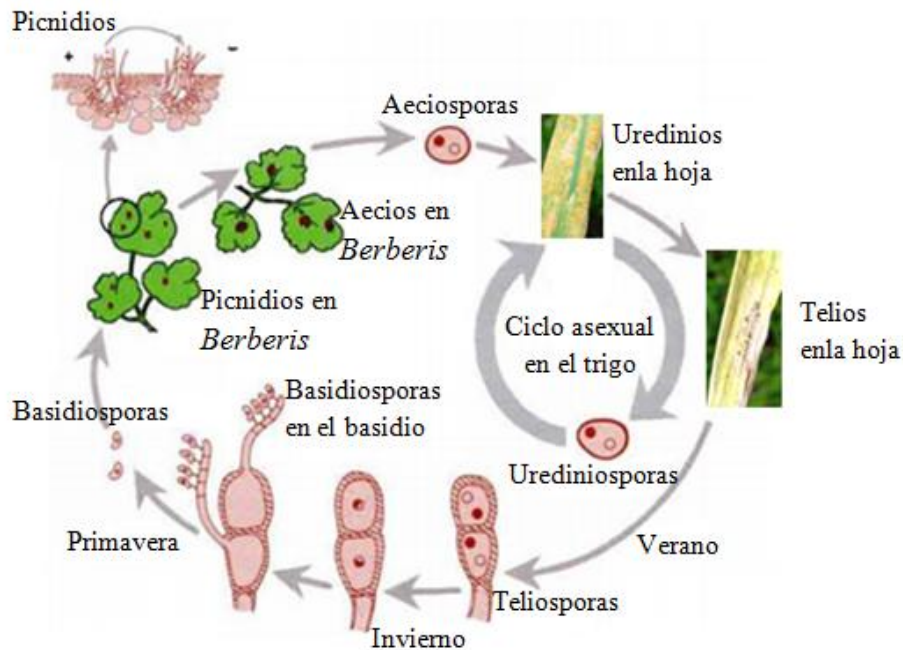


Figura No. 9. Ciclo de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*

Fuente: adaptado de Roelfs et al. (1992).

2.4.4. Importancia económica

Es una enfermedad grave en trigo sobre todo durante el invierno o principios de primavera, ya que reduce el rendimiento, la calidad en grano y la biomasa producida dependiendo de la susceptibilidad del cultivar, la precocidad de la infección, la tasa de desarrollo, y la duración de la misma. Cuando se presenta temprano y las condiciones climáticas son favorables, a menudo se observan plantas debilitadas y como consecuencia las pérdidas de rendimiento pueden ser grandes, de hasta un 50 %, a causa de los granos que presentaron limitantes en el llenado y los macollos dañados. Las semillas producto de cultivos dañados tienen bajo vigor y por lo tanto un bajo porcentaje de germinación posterior. En condiciones extremas, si la infección se produce temprano y continúa su desarrollo durante la estación de crecimiento del cultivo la roya estriada puede provocar pérdidas del 100 % (Roelfs et al. 1992, Chen 2005).

Históricamente es una de las enfermedades prevalente en la zona sur de Chile, consecuencia del ambiente de producción en condiciones más frescas y alta altitud. En Uruguay y los países vecinos la roya estriada aparece regularmente en trigo pero no era común que alcance niveles epidémicos (Germán et al., 2007). En el país, la enfermedad presentó niveles epidémicos después de varios años en 1998, donde se registró de manera generalizada en los cultivos, principalmente en cultivares susceptibles con pérdidas que se estimaron hasta en un 45 % del rendimiento (Germán y Caffarel, 1999).

La roya estriada estuvo presente también en las zafras 2010 y 2015 causando infecciones localizadas. Durante 2017 causó una epidemia generalizada y muy severa en Argentina y Uruguay (Germán et al., 2018b).

2.4.5. Manejo integrado de la enfermedad

Para el caso de la roya estriada se debe integrar principalmente la resistencia del cultivar, el monitoreo, y por último el control químico. El monitoreo periódico y frecuente se recomienda no solo en los cultivares con baja o nula resistencia al patógeno, dado que hay un alta probabilidad de aparición de nuevas razas y cambios en el comportamiento de los cultivares. Cuando se presenta la enfermedad, ante los primeros síntomas es recomendable la aplicación de fungicidas (Germán et al., 2018b).

Otras prácticas como el manejo del rastrojo de la cosecha anterior o el tratamiento de la semilla con fungicidas, no influyen en la cantidad de inóculo que puede afectar al cultivo dado que es no es capaz de sobrevivir en el rastrojo por ser un organismo biótrofo obligado (Almacellas y Sánchez, 2015).

2.4.5.1. Componentes del manejo integrado

Resistencia genética

Se considera a la resistencia genética como una reacción de defensa del hospedero, que resulta de una suma de factores que tienden a disminuir la capacidad del patógeno para producir y desarrollar enfermedad, una vez establecido el contacto con el hospedante (Carmona, 2008). Se evalúa el nivel de susceptibilidad o de infección de distintos cultivares frente a las enfermedades a través del comportamiento que expresa cada uno a campo y el esperable en un futuro si no cambia la población del patógeno. Las diferencias en comportamiento se generan por la velocidad en la que se desarrollan las enfermedades de manera que en aquellos cultivares que aún teniendo la necesidad de control químico tengan mejor comportamiento relativo, la acción de los fungicidas será más eficiente y su residualidad mayor (Pereyra et al., 2011a).

En el caso de la royas el uso de cultivares resistentes es la medida de manejo más efectiva y económica, dada las características de los patógenos y sus interacciones con el huésped, pero tiene limitaciones relacionadas con variación en las poblaciones de los patógenos (Carmona 2008, Germán et al. 2011, Pereyra et al. 2011a). Este tipo de control tiene ventajas sobre el control químico, dado que no causa costo extra para el productor, y además, no causa daño al ambiente (Huerta et al., 2014).

En el país, la información respecto al comportamiento de los cultivares frente a esta enfermedad es escasa dado que su impacto ha sido mayor en los últimos años. De acuerdo con la caracterización del comportamiento sanitario de cultivares de trigo en

Uruguay, los cultivares que presentan menores niveles de susceptibilidad han sido evaluado solo 3 años (NST Malevo, Gingko, LG 1701 y NST Berretin) o son cultivares que tienen varios años en el mercado pero son más susceptibles frente a las demás enfermedades (INIA Tijereta, INIA Gorrión, Baguette premium 11, Basilio, entre otros) principalmente mancha amarilla y roya de la hoja (Castro et al., 2020).

Prácticas culturales

Las plantas voluntarias son el principal sitio de sobrevivencia durante el verano de las royas y oídios, siendo fuente de inóculo primario y su eliminación disminuye el riesgo de epidemias tempranas en la chacra (Pereyra et al., 2011a).

Control químico

La aplicación de fungicidas es una herramienta efectiva, la cual tiene mayor eficiencia y efecto residual en cultivares menos susceptibles (Pereyra et al., 2011a). Al detectarse la enfermedad, se recomienda la aplicación cuando pueden observarse los primeros síntomas (Germán et al., 2018b).

Entre los grupos de fungicidas más utilizados se encuentran los triazoles y las estrobilurinas. Por la existencia de nuevas razas y la mayor sensibilidad a las estrobilurinas, es recomendable usar mezclas de triazoles más estrobilurinas, al igual que para manchas, o las nuevas mezclas que incluyan también carboxamidas ya que se observa a campo mayor control y tiempo de protección en comparación a cuando se usan solo triazoles. En caso de utilizar solo triazoles, es importante tener en cuenta que el período de protección y actividad preventiva es menor, se ha visto que frenan nuevas infecciones pero no son eficientes con infecciones más viejas. Estas moléculas también controlan la roya de la hoja, pero con mucho menos eficiencia que las mezclas (triazoles + estrobilurinas, triazoles + estrobilurinas + carboxamidas, Carmona y Satua, 2017b).

En Uruguay, la caracterización de fungicidas evaluados por INIA en base a eficiencia de control por ADCPE y severidades en al menos 2 años consistente para cada enfermedad muestra que los triazoles como metconazol + epoxiconazol (1,5 l/ha), protioconazol + tebuconazol (0,75 l/ha), mezclas de triazoles y estrobilurinas como piraclostrobin + epoxiconazol (1 l/ha), azoxistrobin + ciproconazol + protioconazol (0,5 l/ha), trifloxistrobin + protioconazol (0,7 l/ha) y mezclas de triazoles, estrobilurinas y carboxamidas piraclostrobin + epoxiconazol + fluxapirroxad (1,2 l/ha) presentan alta eficiencia de control. Además otras mezclas de estrobilurinas y triazoles como azoxistrobin + ciproconazol (0,4 l/ha), azoxistrobin + ciproconazol (0,4 l/ha) presentan eficiencia de control alta-intermedia (Pereyra y González, 2020).

El uso intensivo de fungicidas ha dado lugar a problemas de resistencia en la mayoría de los países y para la mayor parte de los fungicidas disponibles (Jorgensen et

al., 2014). El desarrollo a una nueva resistencia es casi inevitable dado que la selección de biotipos resistentes aumenta a medida que hay mayor exposición del patógeno al fungicida. Como consecuencia del aumento de las normas en materia de seguridad para los operadores, los consumidores y el medio ambiente, los nuevos ingredientes activos que se produzcan tengan modos de acción específicos, lo que los hará más propensos a seleccionar patógenos con resistencia, y los multisitios desaparezcan. Esto provoca un aumento en los costos de desarrollo y que los agricultores deban manejar enfermedades con menos ingredientes activos (Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014, Mehta 2014).

Mainez y Formento (2018), cuando evaluaron el efecto de fungicida como una medida de control, obtuvieron un incremento en rendimiento de 23 y 30 %, con una aplicación de fungicida y con dos aplicaciones respectivamente, en relación a un testigo sin aplicación de fungicida, y observaron mediante un análisis marginal del uso de una o dos aplicaciones de fungicidas para disminuir el impacto negativo de las royas del trigo en relación con los distintos componentes del rendimiento, que realizar una sola aplicación de fungicidas en forma temprana (Z30 o Z37) fue la alternativa económica más favorable.

En Uruguay no existen suficientes investigaciones relacionadas al control químico de la roya estriada basado en UDE. En otros países, se recomiendan UDE alrededor del 1 % del área de hoja afectada, que sería aproximadamente presencia de la enfermedad en 35 hojas de cada 100 (Mc Lean et al., 2010).

Basado en la escasa información respecto al efecto del momento de aplicación y el impacto conjunto de distintas tecnologías de manejo sobre el desarrollo de epidemias de enfermedades foliares en trigo se plantean las siguientes hipótesis.

2.5. HIPÓTESIS

El uso de fungicida curasemilla mejora la implantación del cultivo y reduce el inóculo inicial de mancha amarilla.

La presencia de rastrojo de trigo condiciona la sanidad del cultivo en etapas iniciales.

El apilamiento de tecnologías de manejo de enfermedades potencia la eficiencia de cada una.

La eficiencia del control químico y su impacto en el rendimiento está condicionado por el nivel de infección al momento de la aplicación.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

Este estudio se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, ubicada en el km 363 de la Ruta Nacional No. 3, en el departamento de Paysandú. Los ensayos se llevaron a cabo en el potrero 36 de dicha estación (32, 379965° S y 58, 047705° O).



Figura No. 10. Ubicación del ensayo dentro del potrero 36 en la EEMAC

Fuente: Google (s.f.).

3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se sembró el 5 de junio del 2017, con el cultivar Algarrobo, de comportamiento susceptible a mancha amarilla y roya estriada. El diseño experimental fue un factorial completo de tres factores: rastrojo (con 2 niveles, con y sin rastrojo), curasemilla (con 2 niveles, con y sin curasemilla) y aplicación de fungicidas foliares (con 3 niveles, testigo, protegido y con aplicación estratégica, Cuadro No. 3.).

Cuadro No. 3. Listado de cada tratamiento con la combinación de los distintos niveles de los tres factores evaluados

Tratamiento	Rastrojo	Curasemilla	Fungicida
1	Sin	Sin	Testigo
2	Sin	Sin	Tecnológico
3	Sin	Sin	Protegido
4	Sin	Con	Testigo
5	Sin	Con	Tecnológico
6	Sin	Con	Protegido
7	Con	Sin	Testigo
8	Con	Sin	Tecnológico
9	Con	Sin	Protegido
10	Con	Con	Testigo
11	Con	Con	Tecnológico
12	Con	Con	Protegido

El diseño del experimento fue de bloques completo aleatorizados, con 4 repeticiones. La unidad experimental fue de 5 m de longitud (Anexo No. 1), con una sembradora experimental Wintersteiger, de 6 surcos separados a 19 cm. La densidad de siembra fue con un objetivo de población de 40 pl/m, por lo que se sembraron 56 semillas/m, con un 95 % de germinación, 95 % de pureza y 80 % de implantación. La semilla utilizada tenía un peso de mil semillas (PMS) de 32 g, por lo cual previo a la siembra se prepararon sobres con 72 g cada uno, que correspondieron a la cantidad de semillas sembradas por parcela.

Para la siembra de los tratamientos con y sin curasemilla, en primer lugar se procedió al curado de la semilla con fungicida curasemilla Sistiva® (fluxapiraxad al 33 % (carboxamida)) a 75 cc + Premis® (triticonazole) a 25 cc cada 100 kg de semilla con caldo al 1 %. Se pesó 2 kg de semilla, la cual fue colocada en una bolsa de nylon, donde se le aplicó 1,5 cc de Sistiva® + 0.5 cc de Premis® + 18 cc de agua se revolvió y se mezcló bien para lograr una buena cobertura de las semillas con el curasemilla. Luego del curado, se dejó secar y se prepararon 24 sobres con 72 g de semillas de Algarrobo sin curar, y 24 sobres con semillas curadas.

Entre los bloques se dejó una distancia de 5 m, donde se sembró *Avena sativa* para minimizar la diseminación del patógeno entre bloques. Luego de la siembra del cultivo, se le agregó rastrojo de trigo del año anterior, a las parcelas que correspondían a los tratamientos con rastrojo, con una distribución homogénea sobre la superficie, logrando una cobertura de 90 %.

Una vez emergido el experimento en cada parcela se marcó un surco de 2 m lineales con dos estacas entre las dos hileras centrales, el cual fue el área de seguimiento de componentes del rendimiento.

La aplicación de fungicidas foliares se vio modificada dado que comenzó a desarrollarse una epidemia de roya estriada (causada por *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*), por lo cual se modificó el diseño experimental a partir de Z25. A partir de este momento se cambió el diseño donde sólo quedó como factor el momento de aplicación, diseñado para el manejo de la roya estriada. Los tratamientos evaluados en este segundo diseño fueron:

Cuadro No. 4. Fechas de aplicación según los distintos tratamientos

Tratamientos	Z32	Z34	Z49	Z65	Z73
Testigo	-	-	-	-	-
Z32+49	19-set.	-	27-oct.	-	-
Z32+49+73	19-set.	-	27-oct.	-	24-nov.
Z34+65	-	6-oct.	-	8-nov.	-
Z34-65-73	-	6-oct.	-	8-nov.	24-nov.
Z49	-	-	27-oct.	-	-
Z49+65	-	-	27-oct.	8-nov.	-
Protegido	19-set.	6-oct.	27-oct.	8-nov.	-

Para la aplicación de los fungicidas foliares se utilizó una mezcla de los siguientes principio activo, fluxapiroxad 50 g/L + piraclostrobin 81 g/L + epoxiconazol 50 g/L (Xantho®) a una dosis de 1 L/ha aplicado con mochila, con un volumen de caldo equivalente a 150 L/ha.

En cuanto a la fertilización, el criterio utilizado fue que los nutrientes no sean limitantes para la generación y concreción del rendimiento. Para esto se realizó un ajuste de nitrógeno a siembra, otro en Z 22 y por último en Z30 (Hoffman et al., 2010).

El control de malezas se realizó con el fin de que estas no sean una interferencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se aplicó una mezcla de aminopiridid 44,4 g/L + metsulfuron metil 30 g/L (Tronador Xtra a una dosis de 13,4 g/ha en macollaje).

3.3. DETERMINACIONES REALIZADAS

A los 53 días post-siembra se determinó el número de plantas presentes en los 2 m de dos surcos centrales elegidos por buena implantación (evitando fallas de emergencia), cuando el experimento se encontraba en el estado de 3 hojas (Z13).

A partir del 21 de agosto (Z23) se comenzó a cuantificar las enfermedades foliares mediante la estimación de severidad e incidencia. Estas lecturas se repitieron en 6 momentos a lo largo del ciclo del cultivo (Cuadro No.5).

Cuadro No. 5. Momento en que se realizaron las determinaciones y se aplicaron los tratamientos foliares

Fecha	Estado fenológico	Actividad	Tratamientos
05/07/2017		Siembra	
21/08/2017	Z23	Lectura 1	
31/08/2017	Z25	Lectura 2	
		Aplicación	Protegido
18/09/2017	Z32	Lectura 3	
19/09/2017		Aplicación	Z32 y protegido
04/10/2017	Z34	Lectura 4	
06/10/2017		Aplicación	Z34 y protegido
25/10/2017	Z49	Lectura 5	
27/10/2017		Aplicación	Z49 y protegido
08/11/2017	Z65	Lectura 6	
		Aplicación	Z65 y protegido
23/11/2017	Z73	Lectura 7	
24/11/2017		Aplicación	Z73
13/12/2017		Cosecha	

Para llevar a cabo cada lectura, se tomaron 10 plantas al azar por parcelas evitando los bordes de cada parcela, para evitar efecto borde e interferencia de parcelas vecinas. De cada planta se tomó el tallo principal y se determinó, mediante estimación visual el porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad en cada hoja. En base a esta cuantificación se estimó incidencia y severidad promedio por parcela.

El 13 de diciembre se realizó la cosecha manual de los dos metros lineales marcados previamente en cada parcela. Los tallos fueron cortados al ras del piso, formando un mazo por parcela. Se determinó biomasa total, y se cuantificó el número de espigas. A su vez, de esas espigas se eligieron diez y se trillaron en forma manual para cuantificar número y peso de los granos. En base a estos datos se determinó el número de granos por espiga, el peso de mil granos y se estimó rendimiento. Para determinar el rendimiento del mazo, la trilla se realizó con una trilladora estacionaria. El resto de la parcela se cosechó con cosechadora autopropulsada marca Wintersteiger. De cada parcela se determinó peso total del grano y se estimó el peso de mil granos en base al conteo y peso de tres submuestras tomadas al azar de 100 granos cada una.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar implantación y sanidad en las primeras etapas del cultivo (siembra-Z25) se utilizó un diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas donde la parcela mayor fue rastrojo y la parcela menor curasemilla.

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + R_i + \varepsilon_{ik} + \Gamma_j + (R \times \Gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

- μ = media
- β = efecto bloque
- R = efecto rastrojo
- Γ = efecto curasemilla
- $R \times \Gamma$ = interacción rastrojo x curasemilla
- ε_{ik} = error experimental de las parcelas mayores
- ε_{ijk} = error experimental de las parcelas menores
- i = con; sin rastrojo
- j = con; sin curasemilla
- k = 1; 2; 3; 4 bloques
- l = 1;2;3 repeticiones de curasemilla en rastrojo

Para evaluar rendimiento y sanidad en las últimas etapas del cultivo (Z49-Z73), se utilizó un diseño de bloques completos al azar.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \Gamma_j + \varepsilon_{ij} \quad \varepsilon_{ij} \text{ iid } \sim N(0; s^2)$$

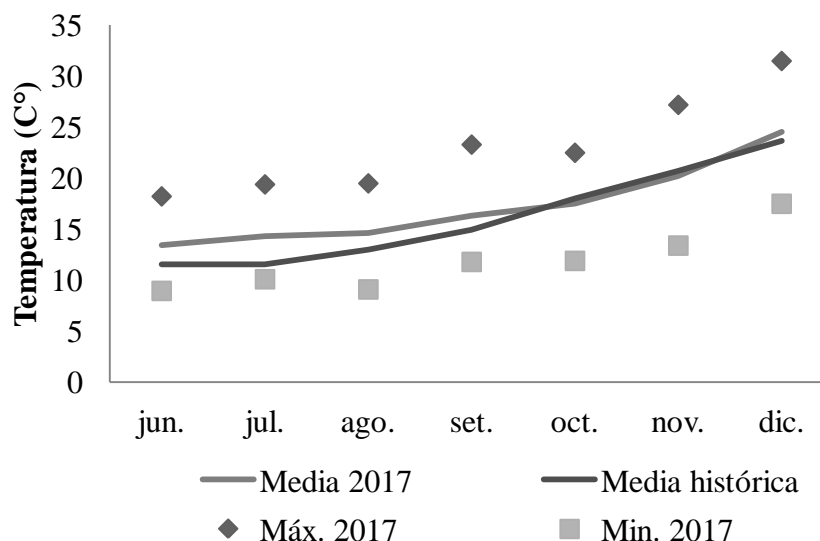
- μ = media
- β = efecto bloque
- Γ = efecto tratamientos
- ε_{ij} = error experimental
- i = 1; 2; 3; 4 bloques
- j = 1; 2;...;8 tratamientos

Cuando en el análisis de varianza la prueba de F fue significativa ($P \leq 0,10$) la separación de medias de los tratamientos para todas las variables se realizó mediante la prueba de Duncan ($P > 0,10$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AÑO CLIMÁTICO

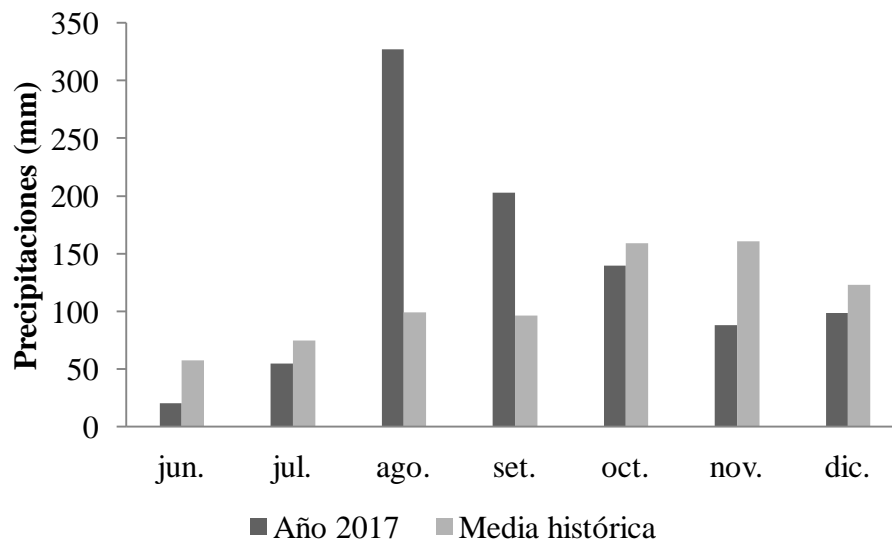
Durante el período de experimentación, comprendido entre junio-diciembre, la temperatura estuvo por encima del promedio de 10 años entre 2006-2016. Los meses de junio, julio, agosto y setiembre fueron más calurosos manteniéndose por encima de la media histórica, luego la temperatura fue similar al promedio histórico (Figura No. 11).



Datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la FAGRO. EEMAC, Paysandú.

Figura No. 11. Temperatura media, máxima y mínima, promedio mensual en el período experimental para el año 2017 y temperatura media promedio histórico (2006-2016)

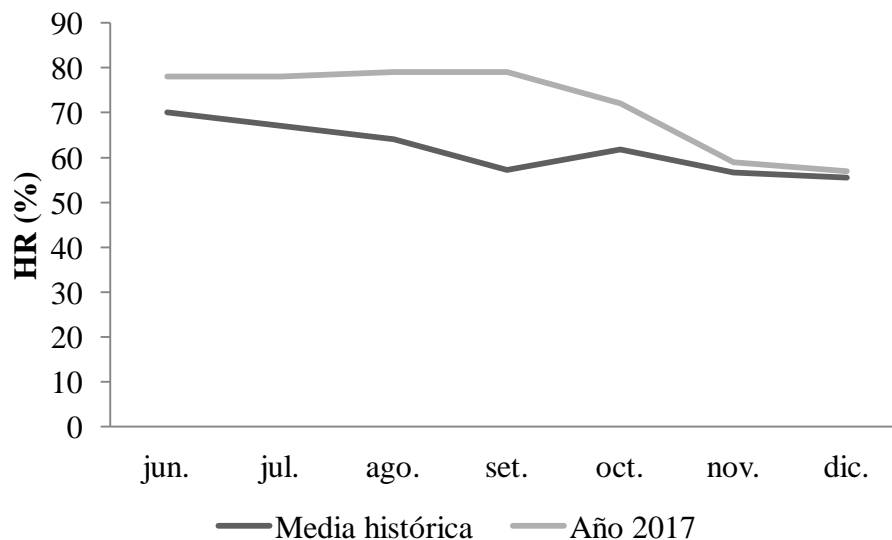
El período se caracterizó por presentar precipitaciones por debajo de la media en los meses de junio y julio, pero más marcadas en el mes de junio. En el mes de agosto se registraron abundantes precipitaciones llegando a 327 mm, 228 mm por encima de la media histórica mensual. En setiembre también se registraron 107 mm por encima de la media mensual histórica. A partir de octubre las precipitaciones fueron inferiores a las medias históricas pero no fueron una limitante durante el período crítico (comprendido entre 20 días pre-antesis y 10 días post-antesis), y de llenado del grano (Figura No. 12).



Datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la FAGRO. EEMAC, Paysandú.

Figura No. 12. Precipitaciones acumuladas mensuales en el período de experimentación para el año 2017 y para la media histórica (2006-2016)

Con respecto a la humedad relativa (HR), en todo el período experimental se mantuvo por encima de la media histórica con excepción en los meses de noviembre y diciembre que mantuvo casi el mismo valor. Los valores más altos de HR corresponden a los meses de agosto y setiembre, donde se registraron abundantes precipitaciones y altas temperaturas medias invernales entorno a los 15 °C (Figura No. 13).



Datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la FAGRO. EEMAC, Paysandú.

Figura No. 13. Humedad relativa (HR %) promedio mensual del período de experimentación para el año 2017 y para la media histórica (2006-2016)

Las abundantes precipitaciones, la ocurrencia de altas temperaturas y los altos valores de HR afectaron negativamente el cultivo de trigo por estrés biótico y abiótico, manteniendo condiciones predisponentes para el desarrollo de epidemias, como la ocurrencia de mancha amarilla (*Py. tritici-repentis*) y de roya estriada (*Pu. striiformis* f. sp. *tritici*). Durante el llenado de grano la temperatura media estuvo por debajo de la media histórica, si bien esta situación es propicia para el llenado de grano, el estrés ocurrido en etapas tempranas pudo ser determinante de los bajos rendimientos registrados.

En síntesis, el año en estudio se caracterizó por ser cálido y seco a inicios del ciclo del cultivo (junio-julio), luego se mantuvo cálido y comenzó a ser húmedo por el aumento de las precipitaciones (agosto-setiembre), lo que favoreció la epidemia de mancha amarilla, finalizando la primavera (octubre-noviembre) con un clima fresco lo que favoreció la ocurrencia de epidemia de roya estriada.

4.2. EFECTO DEL RASTROJO Y EL CURASEMILLA SOBRE LA IMPLANTACIÓN

El rastrojo y el fungicida curasemilla no tuvieron efecto significativo sobre la implantación del cultivo (Cuadro No. 6). Se sembraron 56 semillas/m lineal y se obtuvo un promedio de 56 plantas/m lineal cuando se sembró con curasemilla y 55 pl/m sin curasemilla, por lo que la implantación fue casi del 100 % (Figuras No. 14 y No. 15).

Esto podría estar explicado por los eventos de lluvia ocurridos al momento de la siembra y en los días posteriores, que si bien fueron periódicos, no permitieron acumular suficiente agua que causara anoxia y afecta negativamente la oxigenación de la semilla. Sin embargo, el continuo humedecimiento del suelo sumado a las altas temperaturas fueron favorables para la emergencia de las plántulas y una buena implantación, tanto en el suelo con rastrojo como en el sin rastrojo.

Cuadro No. 6. Análisis de varianza del efecto del curasemilla y el rastrojo sobre la implantación

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	234, 81	3	78, 27	0, 54	0, 6571
Rastrojo	13, 44	1	13, 44	0, 09	0, 7623
Curasemilla	6, 25	1	6, 25	0, 04	0, 8365
Rastrojo*curasemilla	215, 11	1	215, 11	1, 49	0, 2312
Error	4621, 44	32	144, 42		
Total	4856, 25	35			

Alberione et al. (2011) no detectaron efecto significativo del uso de curasemilla sobre la implantación, como consecuencia de una infección muy baja del patógeno en la semilla, y concluyen que es de esperar respuesta a la aplicación de productos fungicidas curasemillas cuando se determina en la semilla presencia de patógenos en niveles significativos. En el presente estudio, no se determinó la carga fúngica de la semilla utilizada, por lo cual es probable que la misma haya sido baja, y pese a que hubieron condiciones favorables para que determinados patógenos afecten la implantación (*Alternaria* spp., *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Rizotocnia solanni*, *Phytium* spp, *Phytophthora* spp.), estas no se manifestaron.

El proceso de germinación se ve afectado por diversos factores tanto internos como externos de la semilla, y dentro de estos la disponibilidad de agua y la temperatura son los factores fundamentales para la fase de imbibición, elongación del embrión y ruptura de la testa (Suárez y Melgarejo, 2010). El rastrojo tiene efecto en la temperatura y humedad del suelo, impidiendo que los rayos de luz caigan directamente sobre la superficie, lo cual reduce la evapotranspiración, pues el suelo permanece con menor temperatura que el que no tiene rastrojo en superficie; como consecuencia el suelo descubierto es más propenso a perder humedad (Ávila, 2008). El efecto es muy marcado en las capas superficiales del suelo, brindando la humedad necesaria para lograr la implantación de manera independiente de las precipitaciones (Stewart et al. 2001, Uribe y Rouanet 2002, Ernst y Siri-Prieto 2008). Por el contrario, los resultados obtenidos en este experimento no coinciden, esto puede estar dado por las precipitaciones ocurridas al momento de la siembra y en los días posteriores, anulando las diferencias que genera la presencia de rastrojo en la dinámica del agua respecto al suelo descubierto.

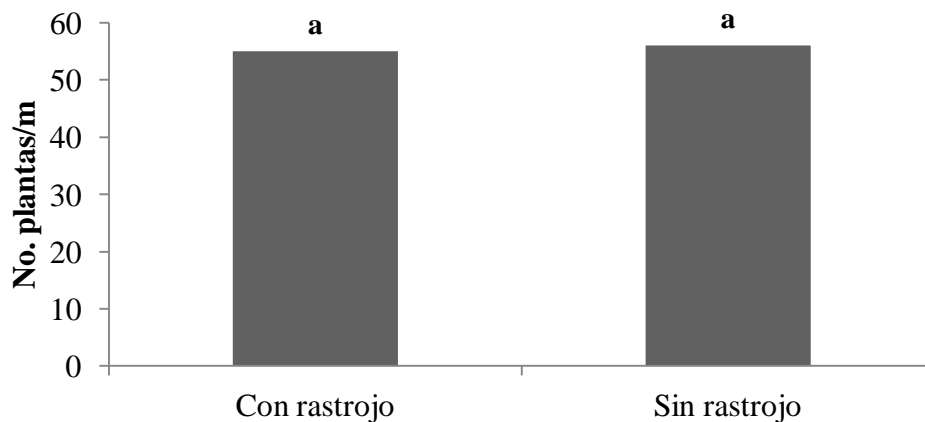
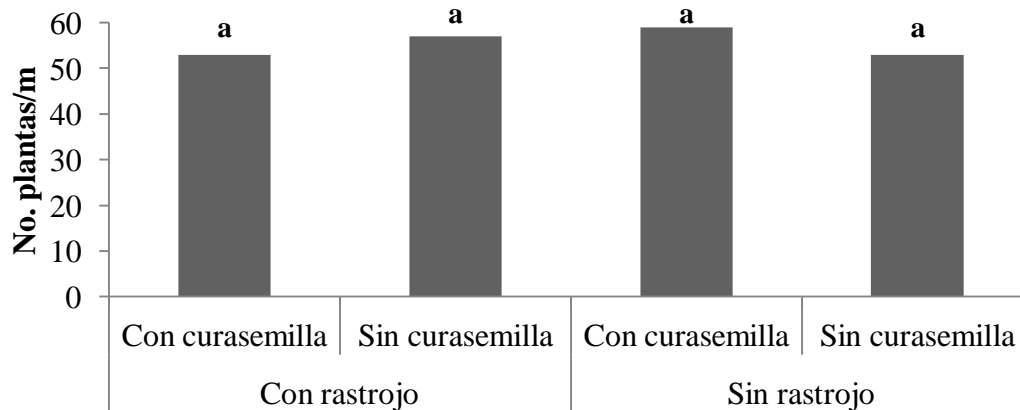


Figura No. 14. Número promedio de plantas logradas a los 23 días post siembra, según tratamiento con y sin rastrojo

Además, no hubo efecto significativo de la interacción curasemilla-rastrojo ($p=0,2312$), indicando que los factores estudiados actúan independientemente sobre el número de plantas/m, por lo que el fungicida curasemilla se comportó de igual manera ante la presencia o ausencia del rastrojo (Figura No. 15).



No hubo efecto de los tratamientos sobre estas variables (p-valor: 0, 762 y CV: 21, 62).

Figura No. 15. Efecto de la combinación de los tratamientos rastrojo y curasemilla sobre el número de plantas por metro

No hubo efecto del curasemilla ni del rastrojo sobre la implantación, sin embargo el uso del curasemilla no deja de ser una técnica esencial en el control de patógenos que complementa la rotación de cultivos (González, 2011).

4.3. EFECTO DEL RASTROJO Y DEL CURASEMILLA SOBRE LA EVOLUCIÓN DE MANCHA AMARILLA EN LOS PRIMEROS ESTADIOS DEL CULTIVO

El inicio de la epidemia de mancha amarilla se registró en las primeras etapas del cultivo (Z23), momento en que se observó efecto significativo del rastrojo sobre niveles de mancha amarilla, resultando con mayor cantidad de enfermedad aquellos tratamientos que presentaban rastrojo en superficie (Cuadro No. 7 y Figura No. 16).

Cuadro No. 7. Análisis de varianza para el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en base a la severidad de mancha amarilla en las dos primeras lecturas (Z23 y Z25)

F. V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15853,58	3	5284,53	4,89	0,0323
Rastrojo	14214,08	1	14214,08	13,15	0,0067
Curasemilla	720,75	1	720,75	0,67	0,4378
Rastrojo*curasemilla	918,75	1	918,75	0,85	0,3835
Error	8645,33	8	1080,67		
Total	24498,92	11			

A partir de Z23 se detectaron los primeros síntomas de mancha amarilla (Figura No.16), inclusive en las parcelas que no presentaban rastrojo, lo cual indica que probablemente la semilla tenía inóculo de *Py. tritici-repentis*.

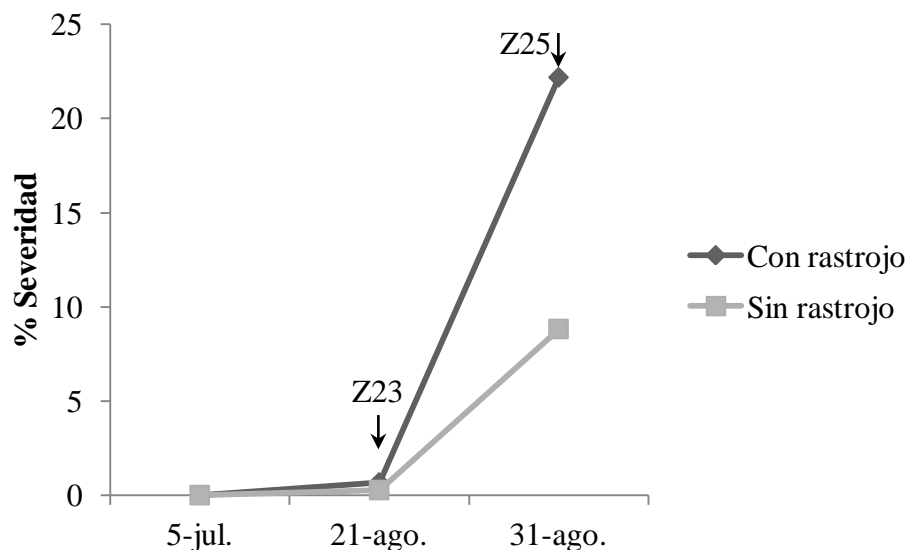


Figura No. 16. Evolución de la severidad de mancha amarilla según la presencia de rastrojo durante los primeros estadios del cultivo

La presencia de rastrojo infectado resultó en una mayor presión de inóculo primario y determinó un desarrollo de la enfermedad superior a las situaciones sin rastrojo (Cuadro No. 8). El sembrar sin presencia de rastrojo resultó en una disminución del 60 % de severidad en las primeras etapas del ciclo en comparación a sembrar con rastrojo en superficie. Esto concuerda con Pérez (1998), Madariaga (2015) quienes afirman que si al momento de la siembra existe una alta presión de inóculo en el rastrojo, la inoculación de las plantas que están emergiendo está asegurada, y si se dan las condiciones favorables para el desarrollo del hongo, el riesgo de que se desarrolle una epifitía es muy alto. Cuanto mayor sea la cantidad de rastrojo es de esperar mayor cantidad de inóculo, y con ello mayor severidad de la enfermedad en el cultivo.

Cuadro No. 8. Efecto del rastrojo sobre el porcentaje de severidad en distintos momentos de evaluación (Z23 y Z25) y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE)

Rastrojo	% Severidad		
	Z23	Z25	ADCPE
Con	0,67 a	22,2 a	114, 50 a
Sin	0,27 b	8.8 b	45, 67 b
CV %	41,01	42,41	41,05
p-valor	0,0069	0,0079	0,0067

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

La enfermedad estuvo presente en todos los tratamientos, esto indica que además de que el inóculo estaba presente en la semilla el agregado de fungicida curasemilla probablemente no fue eficiente en la erradicación total del inóculo del patógeno, ya que no hubo efecto significativo en las condiciones del ensayo (Cuadro No. 9).

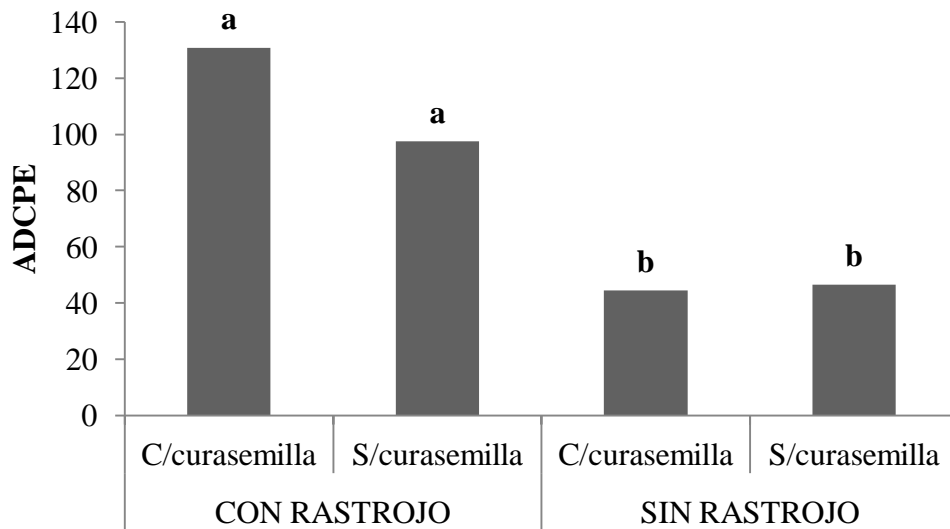
Además, la transmisión de la enfermedad desde la semilla a la plántula puede ser afectada por muchos factores, como la susceptibilidad del cultivar, porcentaje de semilla infectada, método de detección, agresividad de la cepa, humedad del suelo, temperatura, prácticas culturales, profundidad de siembra, lluvia y luz (Carmona et al., 2006).

Cuadro No. 9. Efecto del fungicida curasemilla sobre el porcentaje de severidad de distintos momentos de evaluación (Z23 y Z25) y el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE)

Curasemilla	% Severidad		
	Z23	Z25	ADCPE
Con	0,50 a	17,03 a	87, 83 a
Sin	0,44 a	13,96 a	72, 33 a
CV %	41, 01	42, 41	41, 05
p-valor	0, 61	0, 44	0, 44

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Al mismo tiempo, el uso de fungicida curasemilla no tuvo efecto significativo sobre el desarrollo de la enfermedad cuando se sembró con rastrojo en superficie, por lo tanto en las condiciones del ensayo, el curasemilla tampoco fue eficiente protegiendo a la plántula del inóculo que provenía del rastrojo (Figura No. 16). En este sentido, Stewart et al. (2001) en ensayos realizados durante tres años con producto curasemilla para trigo en siembra directa, con el objetivo de proteger plántulas emergiendo entre rastrojo de su propia especie en condiciones de alta presión de inóculo, encontraron que las máximas eficiencias de control de mancha amarilla fueron bajas entre 26-29 %.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Figura No. 17. Efecto de la combinación de los tratamientos rastrojo y fungicida curasemilla en el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en Z23 y Z25

Carmona et al. (2006) afirman que el tratamiento con fungicida curasemilla, por lo general no es completamente exitoso. Estos autores determinaron que la mezcla de iprodiona + triticonazol redujo la tasa de transmisión de *Py. tritici-repentis* de semillas del 31 % al 8.8 %. Asimismo, Gerard et al. (2015) concluyeron que la mezcla de triazol (triticonazol 100 g/L) y carboxamida (fluxaproxad 333 g/L) a una dosis de 75 cc/100 kg de semilla, presentó mayor eficacia de control y residualidad respecto a los demás tratamientos (testigo sin tratar, solo triticonazol 100g/L a una dosis de 25 cc/100 kg de semilla y la mezcla de triazol y carboxamida a una dosis 30 cc/100 kg de semilla) y por lo tanto menor ADCPE. Coincidiendo con Gerard et al. (2015), González et al. (2019) concluyeron que en general la duración de la protección de los curasemilla se extiende por un período de 10 a 14 días pos-siembra aunque puede presentar variaciones, las cuales dependen del patógeno, condiciones climáticas predisponentes, tasa de crecimiento del cultivo, dosis de aplicación de fungicidas, entre otros. Incluyendo algunos ingredientes activos desarrollados recientemente, pueden proteger a la planta por períodos de hasta 60 días post-emergencia. Esto es importante, ya que los tratamientos curasemilla pueden contribuir a una menor dependencia de las aplicaciones foliares en controles tempranos de algunas enfermedades.

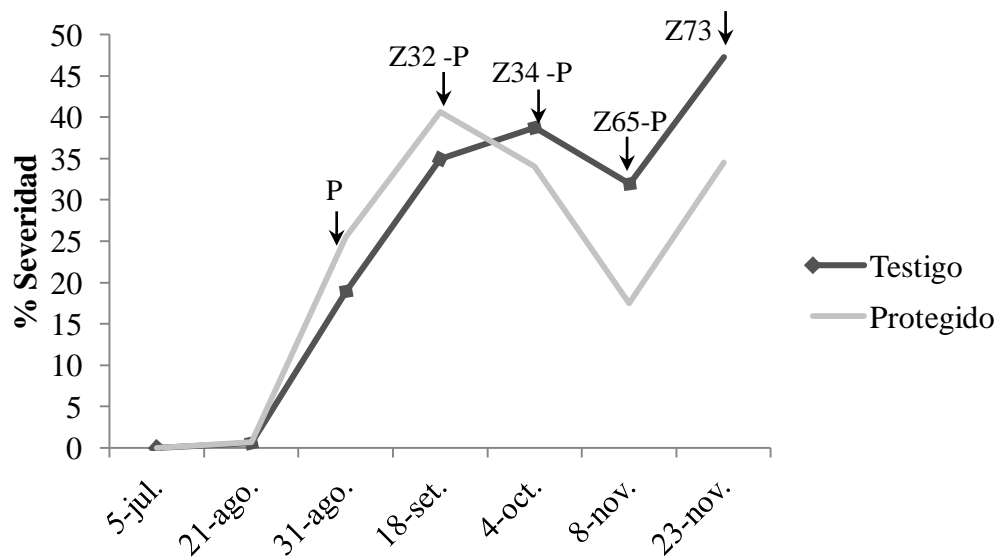
En el presente estudio se utilizó la mezcla de triticonazol y fluxaproxad, y no hubo diferencias significativas en el ADCPE entre los tratamientos (con o sin curasemilla). Según Carmona (2003b), la eficiencia depende de la incidencia del patógeno en la semilla, cuanto más alto es el porcentaje de infección, menor será la eficiencia de control, también es importante la dosis empleada y la calidad de la cobertura de la superficie de semilla. Además, afirma que el tratamiento químico solo se debe hacer cuando el cultivo es realizado en campos donde se practica la rotación de cultivos, áreas donde no se cultivó cereales de invierno o en campos donde se sabe que los rastrojos del propio cultivo no están infectados. Esto es así ya que si se sembraran las semillas tratadas eficientemente sobre rastrojo infectado del mismo cultivo, el inóculo proveniente de estos restos culturales anularía el tratamiento químico de las semillas. Los resultados aquí obtenidos concuerdan con esta conclusión de Carmona (2003b), ya que los tratamientos con curasemilla fueron sembrados sobre rastrojo infectado y no se encontró diferencias significativas entre tratamientos con fungicida curasemilla y sin curasemilla. Cabe destacar que no hubo interacción ($p=0,3835$), el curasemilla no fue capaz de eliminar el efecto del rastrojo, porque siempre hubo más enfermedad con rastrojo independientemente si se curó o no la semilla. Esto quiere decir que la presión de inóculo que está ejerciendo el rastrojo es tan alta, que por más que el curasemilla este dentro de la planta es ineficiente, por lo que no fue capaz de proteger a la plántula.

Pese a estos resultados es importante destacar que las fuentes de infección y la susceptibilidad de los cultivares juegan un rol muy importante, fuentes de inóculo como rastrojo y semilla merecen especial consideración y deben ser manejadas juntas complementándose. Es decir se debe hacer tratamiento de semilla y rotación de cultivos

simultáneamente dentro de un manejo integrado (Stewart et al. 2001, Paraschivu et al. 2010, González 2011, Mehta 2014).

4.4. EFECTO DEL MOMENTO DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS FOLIARES SOBRE EL CONTROL DE MANCHA AMARILLA Y ROYA ESTRIADA

Al comparar el testigo con el protegido, no se encontraron diferencias significativas en el ADCPE ($p=0,5818$, $CV=18,5$, Figura No. 17). Por lo tanto, la mancha amarilla no se logró controlar de manera eficiente condicionando la comparación de los tratamientos, posiblemente por problemas en las aplicaciones, en las lecturas o algún otro factor que no fue identificado.



Las flechas indican momento de aplicación de fungicida donde P: protegido y cada Z el tratamiento correspondiente que incluya ese estado fenológico.

Figura No. 18. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo de los tratamientos testigo y protegido

El inicio de la epidemia de roya estriada se registró hacia fines del mes de octubre. En comparación a mancha amarilla, presentó niveles iniciales de severidad muy altos (Figura No. 19), los cuales incrementaron junto con los valores de severidad de mancha amarilla hasta la pérdida definitiva de las hojas verdes.

La mayoría de los tratamientos, tuvieron un aumento en los niveles de infección de roya estriada entre Z65 y Z73, siendo el testigo el que presentó una mayor pendiente del porcentaje de severidad, lo cual indica que tuvo mayor tasa de desarrollo de

enfermedad. La excepción estuvo dada por la disminución del nivel de enfermedad en los tratamientos Z32+49+73 y Z49, muy probablemente las aplicaciones en Z49 que resultaron en una disminución de la tasa de desarrollo de la enfermedad.

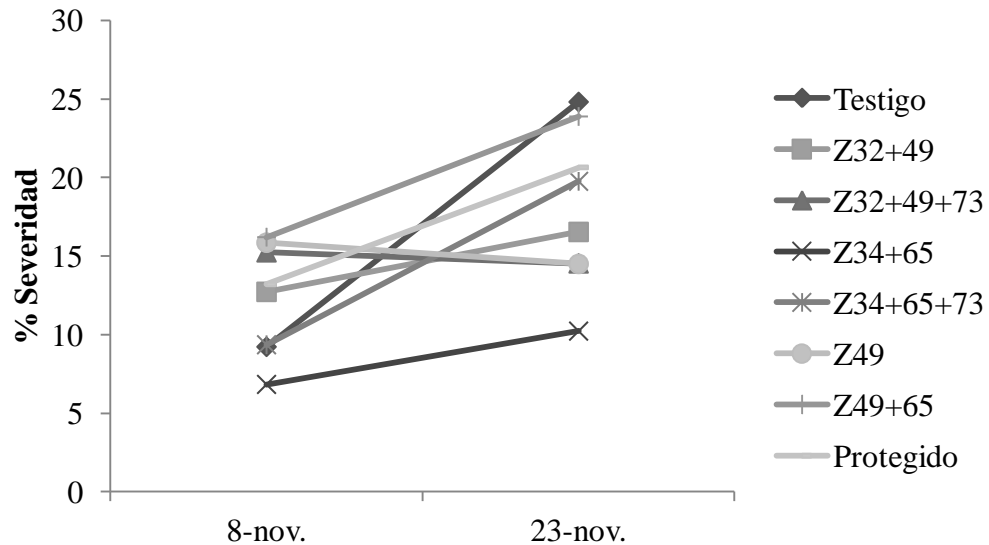
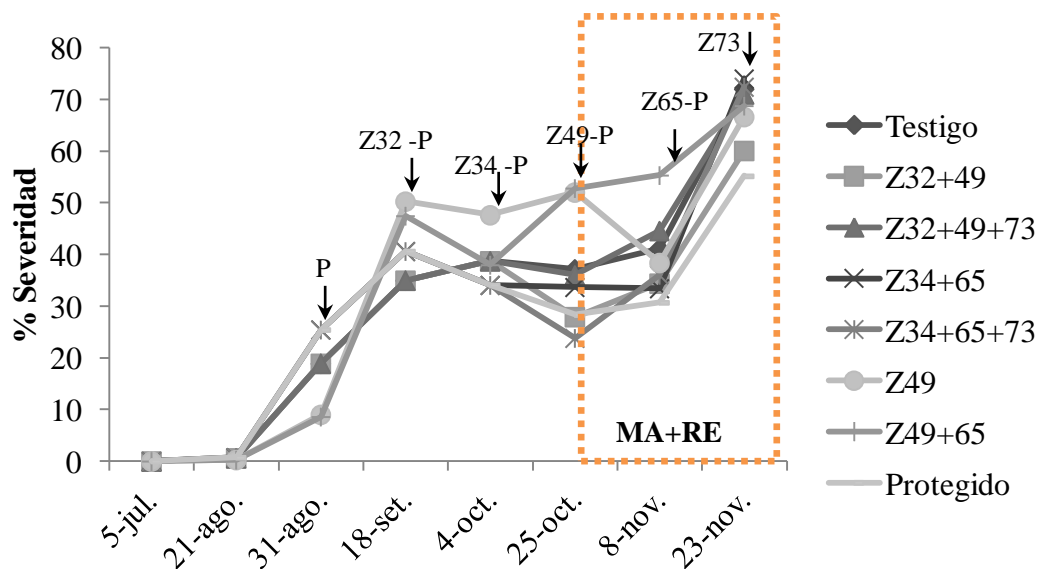


Figura No. 19. Evolución de la severidad de roya estriada en las últimas etapas del ciclo (Z65 - Z73), según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos

Los valores de ADCPE de ambas enfermedades en las últimas etapas del cultivo (Z65 a Z73) mostraron valores muy distintos. Al comparar el ADCPE de ambas enfermedades se observó que la mancha amarilla tuvo mayor importancia que la roya estriada en las condiciones del ensayo. Estos resultados eran de esperar teniendo en cuenta el comportamiento sanitario del cultivar utilizado y la importancia de la presencia de rastrojo y de semilla infectada como fuente de inóculo inicial. Dichos factores, más las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de mancha y roya que se generaron a lo largo del ciclo, pueden explicar la limitada eficiencia de control obtenida con las aplicaciones de fungicidas foliares.

Es interesante que aún con aplicaciones periódicas de fungicida la mancha amarilla estuvo presente en todo el ciclo del cultivo y que dichas aplicaciones no hayan impedido la infección de roya estriada en las últimas etapas del cultivo, observándose un aumento progresivo del porcentaje de severidad de las enfermedades en conjunto, hasta la última observación (Z73, Figuras No. 20 y No. 21).



Las flechas indican momento de aplicación de fungicida donde P: protegido y cada Z el tratamiento correspondiente que incluya ese estado fenológico. Recuadro punteado: severidad de MA y RE.

Figura No. 20. Evolución de la severidad de mancha amarilla (MA) y roya estriada (RE) a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos

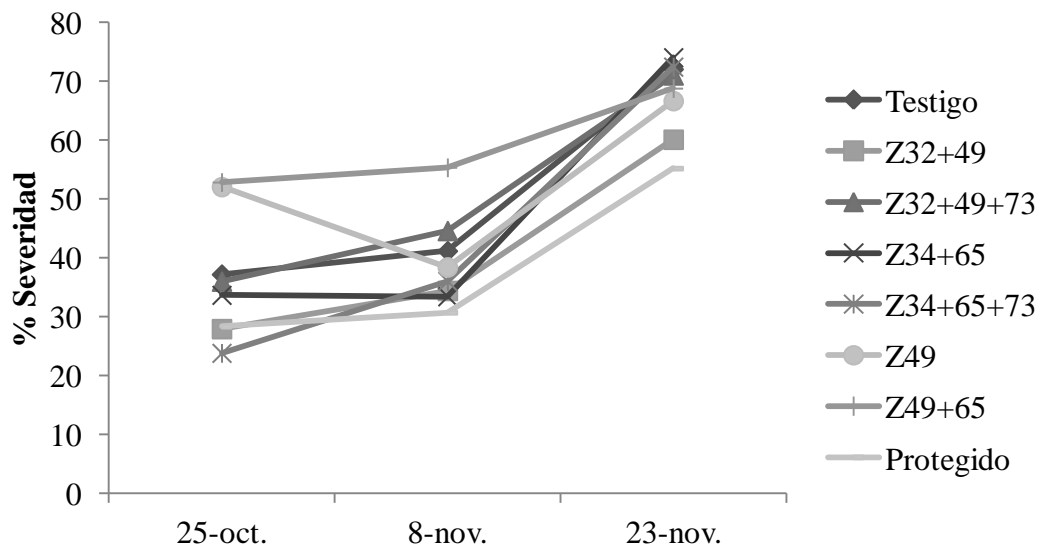


Figura No. 21. Severidad de mancha amarilla y roya estriada en las tres últimas observaciones del ciclo (de Z49 a Z73), según estrategia de uso de fungicidas para los distintos tratamientos

En cuanto al efecto de la aplicación de fungicidas foliares sobre la cantidad de enfermedades en las últimas etapas del ciclo (Z49, Z65 y Z73) se observaron diferencias

significativas entre los tratamientos. A su vez se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de severidad entre los distintos tratamientos con fungicida en los momentos de observación Z49 y Z65, mientras que en Z73 los niveles de enfermedad fueron similares entre los tratamientos (Cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Efectos de las estrategias de aplicación de fungicida foliar sobre el porcentaje de severidad expresado como el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en Z49, Z65 y Z73

Tratamientos	Z49	Z65	Z73	ADCPE
Testigo	37 b	41 ab	72 a	1398 ab
Z32+49	28 bc	34 b	60 a	1145 b
Z32+49+73	36 b	45 ab	71 a	1431 ab
Z34+65	34 bc	33 b	74 a	1276 b
Z34+65+73	24 c	36 b	72 a	1232 b
Z49	52 a	38 b	67 a	1421 ab
Z49+65	53 a	55 a	67 a	1688 a
Protegido	28 bc	30 b	55 a	1058 b

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p>0,10$).

En Z49 (110 días post-siembra) ya se había realizado una aplicación en Z32 correspondiente a los tratamientos Z32+49 y Z32+49+73, una aplicación en Z34 correspondiente a los tratamientos Z34+65 y Z34+65+73 y 3 aplicaciones del protegido, estos tratamientos no difirieron entre sí y se comportaron igual que el testigo. Es llamativo que el tratamiento protegido aún con aplicaciones periódicas no se diferenció del testigo. A pesar de esto, hay evidencias de que aun utilizando cultivares de comportamiento intermedio, si las condiciones ambientales favorecen al patógeno, el desarrollo de epidemias en monocultivo es difícil de manejar incluso con aplicaciones periódicas de fungicidas (Pérez et al., 2011).

Luego de la aplicación en Z34 ocurrieron dos períodos de lluvia y luego de la tercera aplicación del protegido también ocurrió un evento de lluvia, acompañado de temperaturas ideales que favorecieron la reinfección de mancha amarilla, y la infección de roya estriada, aumentando la presión de inóculo. Por otro lado, cuando se realizó la primera aplicación de fungicida correspondiente al tratamiento protegido (Z25), los niveles de severidad habían superado el 5 %, alcanzando niveles aproximados a 30 %. Estos niveles fueron en aumento hasta finalizar el ciclo del cultivo a partir de sucesivos eventos de infección, por lo que es claro que en condiciones favorables para mancha amarilla y con alta presión de inóculo, el control con fungicida foliar fue ineficiente. En el caso de la roya estriada los resultados evidencian el riesgo de utilizar cultivares susceptibles. Cuando se detectó roya estriada en el experimento en Z49 el nivel de infección no se logró diferenciar de mancha amarilla, al momento de realizar la

intervención más temprana para roya estriada (Z65) el nivel de severidad había alcanzado hasta valores cercanos a 15 %. Esta explosión en la epidemia afectó significativamente la eficiencia del control del fungicida, el cual no evitó minimizar el impacto de roya.

Los tratamientos Z49 y Z49+65 a diferencia del resto de los tratamientos (tratamientos con aplicaciones tempranas en Z32, Z34 y protegido), presentaron mayor porcentaje de severidad, probablemente porque hasta la fecha todavía no habían recibido ninguna aplicación. De todos modos, las aplicaciones tempranas coinciden con menor porcentaje de severidad aunque no difieren del testigo, pero si se comparan con los tratamientos Z49 y Z49+65 se puede decir que los tratamientos con aplicaciones tempranas con dosis recomendada, tienen un mínimo efecto. Según Gomes et al. (2016), las variedades susceptibles, con altos niveles de infección, se beneficiaron con dos aplicaciones de fungicidas (bixafen + protriiconazol), en el alargamiento del tallo (Z34) más en hoja bandera visible (Z47), con aumentos en el rendimiento, esto se asemeja a los resultados de rendimiento obtenidos en este experimento, correspondiente a los tratamientos que presentaron aplicaciones en Z34.

La definición del momento de aplicación foliar según la etapa de crecimiento del cultivo ha sido objeto de varios estudios. Astegiano y Villar (2004), evaluaron su impacto y condujeron un experimento con diversos momentos de aplicación de fungicidas. Los resultados que obtuvieron indican que las aplicaciones tempranas (Z37), tuvieron los mejores resultados en protección en relación al testigo y a dos aplicaciones de fungicida en Z37+50 o Z37+60.

Entre Z49 y Z65 del presente experimento, la severidad aumentó para todos los tratamientos, solo el tratamiento con una única aplicación en Z49 fue el que disminuyó la severidad, pero de todas maneras no presentó diferencia significativa. Posteriormente entre Z65 y Z73, comenzó a aumentar más la temperatura, con medias que oscilaban entre 15 y 20 °C y máximas promedio de 28 °C. Además se registraron 42 mm aproximadamente, distribuidos de manera irregular, permitiendo horas de agua libre suficientes para reinfecciones continuas. La humedad relativa del ambiente con respecto al mes anterior bajó pero se mantuvo superior a la media histórica, generando nuevamente condiciones favorables para ambas enfermedades. Estas condiciones resultaron en un continuo aumento de la severidad sin presentar diferencia significativa entre los tratamientos, no solo por las condiciones favorables generadas entre períodos, sino que es posible que las aplicaciones hayan sido afectadas negativamente por la cantidad de lluvias discontinuas, reduciendo la eficiencia de control para los distintos tratamientos.

Sin embargo, Sharma et al. (2016) encontraron que aplicaciones de distintos fungicidas y a distintas dosis entre Z62 y Z69 al aparecer los primeros síntomas de mancha amarilla, lograron controlar la enfermedad, obteniendo efectos significativos de

rendimiento cuando se comparó con un testigo, pero no hubo diferencias significativas entre dosis de aplicación. Por lo tanto sería más rentable y dependiendo del mercado aplicar un solo fungicida y a concentraciones bajas en la aparición de los primeros síntomas. Tormen et al. (2013) mencionan que con dos aplicaciones de fungicida en el ciclo del cultivo en relación al testigo sin aplicación ante la aparición de los primeros síntomas de mancha amarilla, alcanzan reducciones significativas en el ADCPE en cultivares susceptibles.

El programa de control más importante y eficaz para la mancha amarilla y la roya son compuestos mezclas de un triazol con una estrobilurina. Reis et al., citados por Tormen et al. (2013) afirman que fungicidas en el grupo de triazol actúan en la síntesis de esteroides y su mayor efecto está en el tubo germinativo, mientras que las estrobilurinas actúan en la respiración mitocondrial y su mayor efecto está en la germinación de esporas, ambos grupos presentan un efecto curativo en infecciones ya establecidas. Esto concuerda con lo mencionado por Jorgensen et al. (2018), quienes encontraron que tanto las mezclas dentro del grupo azoles como su uso individual son muy eficientes en el control de roya estriada. En el presente experimento se utilizaron los mismos grupos químicos anteriormente mencionados, pero la eficiencia de control para los distintos tratamientos no presentó significancia en las últimas etapas del cultivo (Z65 y Z73), excepto en Z49 (Cuadros No. 11, No. 12 y No. 13).

Cuadro No. 11. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z49 en base al % de severidad

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2451,63	7	350, 23	6, 61	0, 0009
Tratamiento	2451,63	7	350, 23	6, 61	0, 0009
Error	848,29	16	53, 02		
Total	3299, 91	23			

Cuadro No. 12. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z65 en base al % de severidad

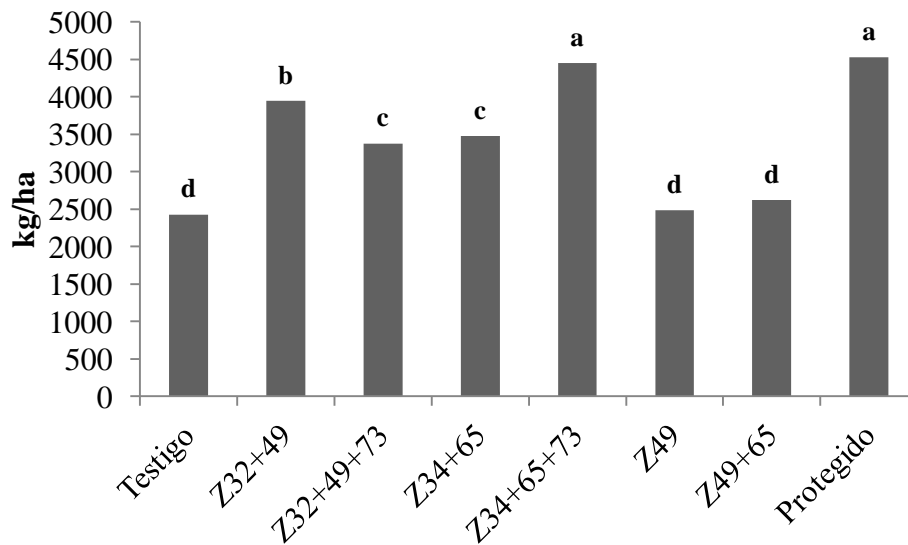
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	925,6	7	132,23	0,23	0,9711
Tratamiento	925,6	7	132,23	0,23	0,9711
Error	9110,12	16	569,38		
Total	10035,72	23			

Cuadro No. 13. Análisis de varianza (SC tipo III) por tratamientos en Z73 en base al % de severidad

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1296, 17	7	185, 17	1, 76	0, 1650
Tratamiento	1296, 17	7	185, 17	1, 76	0, 1650
Error	1683, 00	16	105, 19		
Total	2979, 17	23			

4.5. RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES

Se encontraron diferencias significativas de la aplicación de fungicidas sobre el rendimiento en grano. Los tratamientos con aplicaciones tardías (Z49 y Z49+65) tuvieron rendimiento similar al testigo, no superando los 2700 kg/ha (Figura No. 21). Por el contrario, los mejores tratamientos fueron el de tres aplicaciones realizadas en Z34+65+73 y el protegido, 45 % por encima del testigo. La aplicación de fungicidas temprana (Z32, Z34) permitió reducir los niveles de enfermedad, lo que resultó en una mayor área foliar fotosintéticamente activa, viéndose reflejado en mayor respuesta sobre el rendimiento en grano.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Figura No. 22. Rendimiento en grano, promedio para cada tratamiento

En Argentina, Alberione et al. (2011b), detectaron diferencias significativas entre tratamientos con distintos momentos de aplicación y con el testigo. En el experimento realizado las aplicaciones tempranas coincidieron con bajos niveles de

severidad en mancha amarilla (aproximadamente 4 %), es decir, inicio de la epidemia donde los productos fueron más eficientes. Por el contrario, los tratamientos aplicados desde espigazón en adelante fueron menos efectivos ya que debieron controlar las enfermedades cuando están en pleno desarrollo, es decir, cuando la enfermedad aumenta a tasa creciente. Sin embargo, en el presente experimento la ecuación que describe el comportamiento de los tratamientos presentó una pendiente negativa, por lo tanto, los que presentaron mayor cantidad de enfermedad expresada como ADCPE resultaron en un menor rendimiento. A pesar de esto, el análisis de regresión lineal no es significativo ($p=0,18$), presentando un bajo ajuste de los datos ($R^2=0,081$) de ADCPE respecto al rendimiento (Figura No. 22).

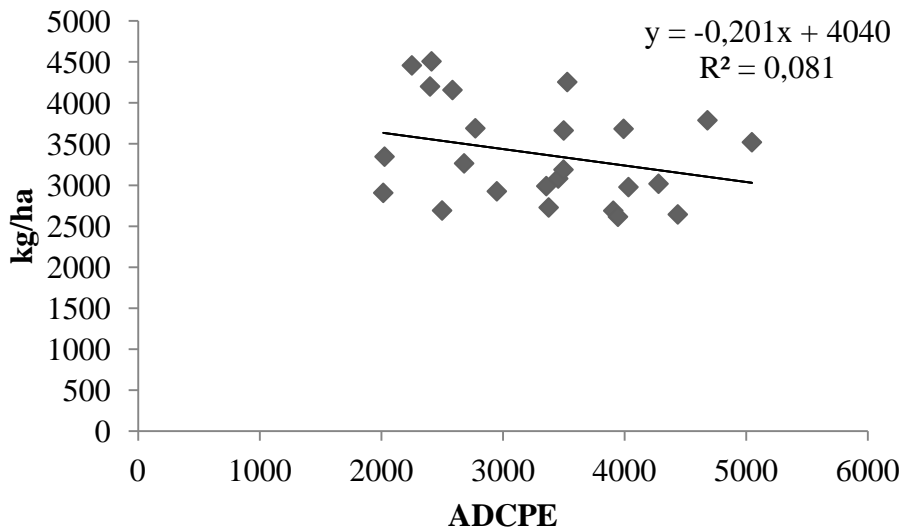


Figura No. 23. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 8 tratamientos evaluados

Cuadro No. 14. Rendimiento y componentes de rendimiento según tratamiento

Tratamiento	kg BM cosecha/ha	Esp./m ² *	No. gr./esp.*	PMG real (g)	Rend. real (kg/ha)
Testigo	4510 b	272 c	36 d	21 f	2859 d
Z32+49	6884 a	376 a	415abc	24 bc	3944 b
Z32+49+73	4681 b	292 bc	38 bcd	23 cd	3374 c
Z34+65	6686 a	370 a	42 ab	24 b	3474 c
Z34+65+73	7351 a	362 a	44 a	24 b	4451 a
Z49	4537 b	290 bc	37 cd	22 de	2482 d
Z49+65	4136 b	282 bc	36 d	21 ef	2624 d
Protegido	7298 a	338 ab	45 a	26 a	4525 a
CV%	15,7	14,19	9,1	4,08	11,16
p –valor	<0,0001	0,0089	0,036	<0,0001	<0,0001

*Valor tomado de la muestra (2m lineal).

Por el contrario, hubo una relación lineal significativa ($p < 0,0001$) entre la biomasa a cosecha y el rendimiento obtenido, lo que puede estar explicado por el número de espigas/m² las cuales también presentaron una relación lineal significativa ($p < 0,0001$) con la biomasa, brindando una aproximación al número de tallos, y por ende una mayor fertilidad de los mismos (Figuras No. 24 y No. 25). Los tratamientos con aplicaciones tempranas de fungicidas en el ciclo, tuvieron mayor biomasa (Cuadro No. 14), a excepción del tratamiento Z32+49+73 que no presentó diferencias significativas con el testigo y los tratamientos con aplicaciones tardías. Como se mencionó anteriormente los tratamientos que obtuvieron mayor cantidad de biomasa fueron los que alcanzaron rendimientos más altos. Según Miralles (2004), el inicio de elongación de los entrenudos determina un cambio en la partición de los asimilados dentro de la planta, que se destinan principalmente al crecimiento del tallo. A partir de ese momento, y dependiendo de los recursos disponibles, se producirá la mortandad de los mismos, quedando definido al final de este proceso el número de espigas por unidad de área. Por otra parte, Abbate et al. (1998) afirman que cuanto mayor es la disponibilidad de fotosintatos, mayor es el peso seco de las espigas, y mayor el número de granos por unidad de superficie. El número de granos por m², está relacionado con el peso seco que alcanzan las espigas (incluso cuando se excluye el peso del raquis), siete días después de ocurrida la floración; por lo tanto, mientras más favorables sean las condiciones para el crecimiento de las espigas, se puede esperar un mayor número de granos por unidad de superficie.

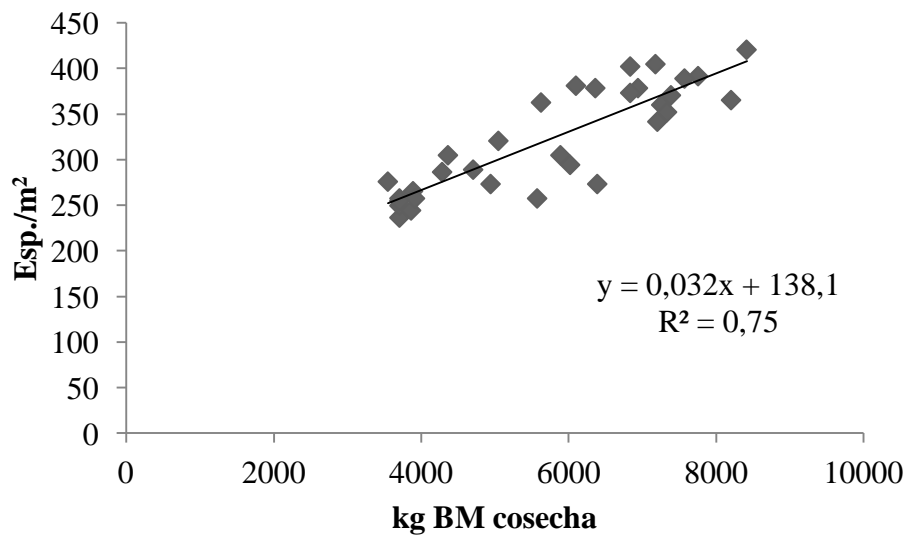


Figura No. 24. Relación entre espigas/m² y los kg de biomasa (BM) a cosecha de los ocho tratamientos evaluados

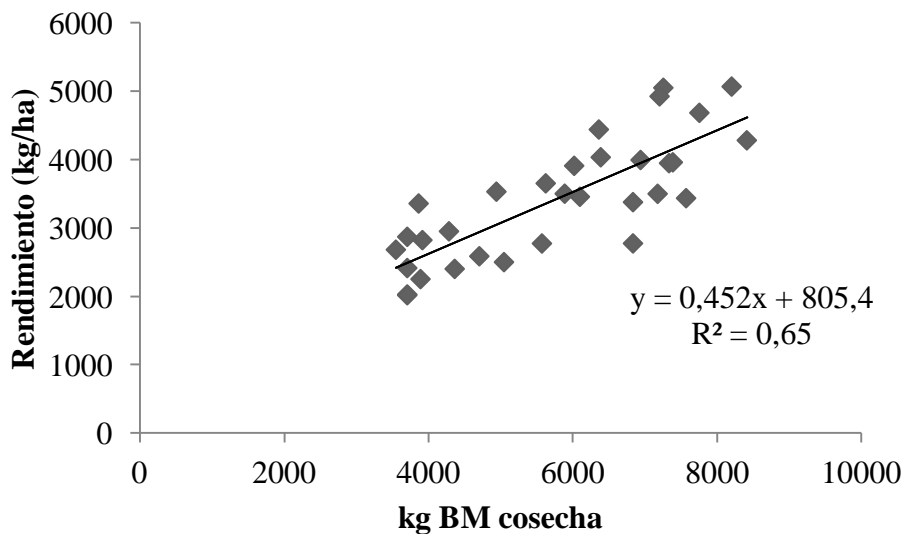


Figura No. 25. Relación entre el rendimiento y kg de biomasa (BM) a cosecha para los ocho tratamientos evaluados

Los resultados muestran una disminución importante en el número de espigas/m² del testigo respecto a los tratamientos con tres o más aplicaciones (protegido). La excepción fue el tratamiento Z32+49, que con dos aplicaciones, presentó el mayor número de espigas, mayor biomasa a cosecha, alto número de granos por

espiga (41 granos/espiga) y un PMG intermedio, lo que explicaría porque alcanzó uno de los rendimientos más altos, sumado a esto fue uno de los tratamientos (junto con el protegido) que presentó menor porcentaje de severidad y ADCPE a lo largo del ciclo. Ronis et al. (2009), encontraron disminución en el número de espigas ante epidemia de mancha amarilla, explicadas por condiciones predisponentes tempranas para el desarrollo de esta enfermedad y por la utilización de cultivares susceptibles a este patógeno. Sin embargo, Shierenbeck (2015), no encontró disminución en el número de espigas ante inoculaciones de *Pyrenophora tritici-repentis*, explicado por las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de la enfermedad a partir de Z60 y siendo baja la incidencia en etapas tempranas. Las condiciones ambientales durante el período crítico del cultivo (comprendido entre 20 días pre-antesis y 10 días post-antesis), inciden de manera importante en el número final de granos generados (Balbi et al., 2013).

Se observaron diferencias significativas en el PMG, entre tratamientos, siendo el tratamiento protegido el que presentó granos de mayor peso (Cuadro No. 15). Estos datos reflejan el daño que causaron las enfermedades sobre el rendimiento y la calidad del grano en las condiciones del ensayo. Probablemente estas diferencias están dadas por la cantidad de área foliar fotosintéticamente activa presente, que se puede observar en el número de hojas y el porcentaje de severidad consecuencia de las enfermedades presentes, que limitó una mayor partición de asimilados hacia las espigas. Además, pudo observarse que las hojas superiores del canopeo se mantuvieron con menor cantidad de enfermedad (datos no presentados), siendo positivo, ya que son quienes contribuyen al rendimiento del cultivo en mayor medida.

Por último, cabe destacar que hubo diferencias claras en rendimiento entre el testigo (2859 kg/ha) y el protegido (4525 kg/ha), sin embargo, esto no está relacionado con la cantidad de enfermedad presente a lo largo del ciclo como se mencionó anteriormente (Figura No. 23). Dado esto no es posible afirmar que, a mayor control mayor rendimiento, ya que no se detectaron diferencias significativas entre la cantidad de enfermedad que presentaron los distintos tratamientos, esto puede estar indicando que no hubo una buena precisión en la medición de la enfermedad.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, el rastreo fue el factor que tuvo mayor impacto sobre el desarrollo de epidemia de mancha amarilla, seguido por la utilización de fungicidas foliares para ambas enfermedades, mientras que el fungicida curasemilla no tuvo efecto sobre mancha amarilla en las condiciones del experimento.

Respecto a la implantación del cultivo el rastreo, el curasemilla y su interacción no tuvieron efecto significativo, debido a las condiciones del ensayo, las cuales probablemente hayan sido favorables para la emergencia de plántulas, buena implantación y desfavorable para las enfermedades que afectan a la misma.

En términos de epidemia, sembrar sin presencia de rastreo resultó en una disminución del 60 % en la cantidad de enfermedad en las primeras etapas del ciclo del cultivo en comparación a sembrar con rastreo en superficie. A su vez, este efecto no fue capaz de ser eliminado por el curasemilla, por lo que la presión de inóculo que está ejerciendo el rastreo es tan alta, que el curasemilla dentro de la planta es ineficiente.

En cuanto al efecto del momento de aplicación de fungicida, en la primera aplicación (Z25), los niveles de severidad superaban el 5 % alcanzando 30 % que fueron en aumento a lo largo del ciclo del cultivo a partir de sucesivos eventos de infección. Por lo que es claro que en condiciones favorables para mancha amarilla y con alta presión de inóculo, el control de fungicida foliar fue ineficiente. En las últimas etapas del cultivo no hubo efecto significativo del momento de aplicación sobre la cantidad de enfermedad. Los tratamientos con aplicaciones tempranas en Z32, Z34 y protegido, presentaron menor porcentaje de severidad a diferencia del resto de los tratamientos, pese a que no se diferenciaron del testigo. Por lo tanto, se podría afirmar que aplicaciones tempranas con dosis recomendadas tienen un mínimo efecto para un año particular como el 2017, el cual fue atípico climáticamente y posible causante de la reinfección en los distintos tratamientos.

Las diferencias encontradas entre tratamientos en severidad y ADCPE se vieron reflejadas en el rendimiento final y el peso de los granos, aunque presentaron una baja relación ($R^2=0,081$). Las aplicaciones tempranas permitieron reducir los niveles de enfermedad, resultado de una mayor área fotosintéticamente activa y por ende mayor respuesta sobre el rendimiento, además dichos tratamientos presentaron mayor biomasa a cosecha posiblemente explicado por el número de espigas/m², brindando una aproximación al número de tallos, y por ende una mayor fertilidad de los mismos. En cuanto al PMG se encontraron diferencias explicadas por la cantidad de área fotosintéticamente activa, consecuencia de las enfermedades presentes que limitó una mayor partición de asimilados hacia las espigas, obteniéndose mayor PMG en aquellos tratamientos con aplicaciones relativamente tempranas y protegido.

6. RESUMEN

En los últimos años, dos de las enfermedades que han tomado mayor relevancia en la producción de trigo en Uruguay, la mancha amarilla, causada por *Pyrenophora tritici-repentis*, y la roya estriada, causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, generando un aumento en la aplicación de fungicidas foliares y por ende incremento en los costos de producción. El objetivo de este estudio fue cuantificar el impacto que generan distintas alternativas de manejo de enfermedades foliares en un cultivo de trigo, sobre el desarrollo de epidemias de estas enfermedades y el rendimiento del cultivo. Se instaló un experimento con un diseño factorial completo de tres factores: rastrojo (con 2 niveles, con y sin rastrojo), curasemilla (con 2 niveles, con y sin curasemilla) y aplicación de fungicidas foliares (con 3 niveles, testigo, protegido y con aplicación estratégica). El diseño del experimento fue de bloques completo aleatorizados, con 4 repeticiones, donde la parcela mayor correspondió al factor rastrojo, y dentro de cada parcela mayor se evaluaron los factores curasemilla y aplicación de fungicidas foliares. La aplicación de fungicidas foliares se vio modificada dado que comenzó a desarrollarse una epidemia de roya estriada, por lo cual se modificó el diseño a partir de Z25. A partir de este momento sólo quedó como factor el momento de aplicación, diseñado para el manejo de la roya estriada. De acuerdo a los resultados obtenidos, la implantación no fue afectada por los distintos factores evaluados (rastrojo y curasemilla), obteniéndose casi 100 % de plantas logradas. Sembrar con rastrojo en superficie fue el factor que tuvo mayor efecto sobre el desarrollo de la enfermedad en las primeras etapas, resultando con mayor cantidad de enfermedad aquellos tratamientos que presentaban rastrojo. Por otro lado, el curasemilla no fue capaz de eliminar el efecto del rastrojo, porque siempre hubo más enfermedad con rastrojo independientemente si se curó o no la semilla, es decir que no hubo interacción. Se detectaron diferencias claras en rendimiento y sus componentes según tratamiento pero esto no se relaciona con la cantidad de enfermedad presente a lo largo del ciclo. Dado esto no es posible afirmar que a mayor control mayor rendimiento, esto puede estar indicando que no hubo una buena precisión en la medición de la enfermedad. Este estudio permite visualizar la importancia relativa de la utilización de cultivares resistentes, incorporación de prácticas culturales y tratamiento de semillas para evitar posibles fuentes de inóculo. De esta manera se podría prevenir enfermedades y tener una mejor respuesta en caso de la utilización del control químico.

Palabras clave: Enfermedades; Rastrojo; Fungicidas.

7. SUMMARY

In recent years, the agriculture in Uruguay has been affected by a large scale by several changes associated with an intensification process which has resulted in an increase in sanitary problems. In Uruguay, tan spot, caused by *Pyrenophora tritici-repentis* and stripe rust, caused by *Puccinia striiformis*, are two of the most relevant diseases affecting wheat production and increasing production cost due to the use of foliar fungicides. The aim of this study was estimate the impact of integrated disease management on wheat yield and the evolution of tan spot and stripe rust over the growing cycle, in order to maximize the efficiency of individual technological tools but also to avoid their sacrifice due to a wrong individual use. To achieve the aforementioned aim, a factorial experiment design was carried out based on the three main factors: stubble (with two levels, with and without wheat stubble on the soil surface), seed treatment (with two different levels, with and without seed fungicides) and application of foliar fungicides (with three different levels, witness, protected and strategic application). The design was a split plot with four replicates, where the largest plot was stubble factor and, seed treatment and the use of foliar fungicide randomly included as a minor plot. The foliar fungicides application was modified by a stripe rust epidemic developed when the crop was in Z25. From this moment, the experimental design was changed according to stripe rust management, the moment to apply the only evaluated factor. According to the results obtained, the implantation was not affected by the different evaluated factors (stubble and seed treatment), obtaining almost 100 % of plants achieved. In the early stages, sowing with surface stubble was the factor that had the greatest effect on the development of the disease, resulting in a greater amount of disease in the treatments that had stubble. On the other hand, the seed treatment was not able to eliminate the effect of the stubble, because there was always more disease with stubble independently if the seed was cured or not, that is, there was no interaction. Differences in yield and its components according to treatment were detected, but this is not related to the amount of disease present throughout the cycle. Therefore, it is not possible to affirm that higher yield is consequence of a mayor controls, this may be indicating that there was not a good precision in the measurement of the disease. This study allows us to visualize the relative importance of the use of resistant crops, the insertion of cultural practices and the treatment of seeds to avoid possible sources of inoculum. In this way it could prevent diseases and have a better response in case of the use chemical control.

Key words: Diseases; Stubble; Fungicides.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbate, P. E.; Andrade, F. H.; Lazaro, L.; Bariffi, J. H.; Berardocco, H. G.; Inza, V. H.; Marturano, F. 1998. Grain yield increase in recent Argentine wheat cultivars. *Crop Science*. 38 (5):1203-1209.
2. Alberione, E.; Bainotti, C.; Fraschina, J.; Salines, J.; Donaire, G.; Arburúa, M.; Rosso, D. 2011a. Evaluación de productos curasemillas para el control de mancha amarilla (*Drechslera tritici-repentis*) en trigo. (en línea). In: Trigo: actualización 2011. Córdoba, INTA. EEA Marcos Juárez. pp. 59-63 (Informe de Actualización Técnica no. 18). Consultado feb. 2020. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-productos-curasemillas-para-el-control-de-mancha-amarilla-drechslera-tritici-repentis-en-trigo>
3. _____; Donaire, G.; Bainotti, C.; Arburúa, M. 2011b. Fungicidas foliares en trigo aplicados en distintos momentos para controlar mancha amarilla y roya anaranjada. (en línea). In: Trigo: actualización 2011. Córdoba, INTA. EEA Marcos Juárez. pp. 39-44 (Informe de Actualización Técnica no. 18). Consultado feb. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-fungicidas_mancha_amarilla_y_roya_anaranjada.pdf
4. _____; Arburúa, M.; Fissore, G.; Fornero, G. 2013. Eficacias en el control químico de enfermedades foliares en trigo y cebada. (en línea). Córdoba, INTA. EEA Marcos Juárez. 8 p. Consultado feb. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_trigo_sanidad1213_cqenff.pdf
5. Ali, S.; Rodriguez-Algaba, J.; Thach, T.; Sorensen, C. K.; Hansen, J. G.; Lassen, P.; Nazari, K.; Hodson, D. P.; Justesen, A. F.; Hovmoller, M. S. 2017. Yellow rust epidemics worldwide were caused by pathogen races from divergent genetic lineages. *Frontiers in Plant Science*. 8:1-14.
6. Almacellas, J.; Sánchez, A. 2015. La roya amarilla del trigo: características, situación actual y claves para el control. (en línea). *Grandes Cultivos* no. 1:14-20. Consultado dic. 2019. Disponible en <http://www.interempresas.net/Flipbooks/GZ/1/html5forpc.html>
7. Altier, N. 1996. Desarrollo de epidemias en cultivo: análisis de sus componentes como base para un control racional. In: Díaz de Ackermann, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-9 (Serie Técnica no. 74).

8. Annone, J. G.; Botta, G.; Ivancovich, A. 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área Norte de la provincia de Buenos Aires. In: Congreso Nacional de Trigo (3°), Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal (1°, 1994, Bahía Blanca, Buenos Aires). Siembra directa en el cono Sur. Bahía Blanca, AIANBA. pp. 205-207.
9. _____. 2001. Principales manchas foliares del trigo asociadas a siembra directa en Argentina. In: Díaz Roselló, R. ed. Siembra directa en el cono Sur. Montevideo, PROCISUR. pp. 77-88.
10. _____.; García, R. 2004. Las principales manchas foliares de trigo: importancia, aspectos epidemiológicos y estrategias para reducir sus efectos sobre la producción. Revista IDIA. no. 21:58-64.
11. _____. 2011. El rol de la fitopatología en los sistemas de producción actuales desde el punto de vista de la investigación. In: Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M.; Germán, S.; Cabrera, K. eds. Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 189).
12. Antoni, E. A.; Rybak, K.; Tucker, M. P.; Hane, J. K.; Solomon, P. S; Drenth, A.; Oliver, R. P. 2010. Ubiquity of tox. A and absence of tox. B in australian populations of *Pyrenophora tritici-repentis*. Australasian Plant Pathology. 39:63-68.
13. Astegiano, E.; Villar, J. 2004. Evaluación de criterios de protección de enfermedades foliares con fungicidas en cultivos de trigo para la región central de Santa Fe. (en línea). INTA. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación miscelánea no. 101:54-58. Consultado jun. 2020. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/101/trigo2004_n10.pdf
14. Ávila, G. G. 2008. Cobertura del suelo con rastrojos y restos de cosecha. (en línea). Roma, FAO. 8 p. Consultado feb. 2020. Disponible en <http://teca.fao.org/read/3657>
15. Awasthi, L. P. 2015. Recent advances in the diagnosis and management of plant diseases. Faizabad, India, Springer. 302 p.
16. Balbi, C. N.; Rodríguez, E.; Neiff, N. 2013. Tasa de crecimiento de espigas de trigo (*Triticum aestivum*) en diferentes niveles de radiación incidente en Corrientes. Revista Agrotécnica. no. 21:11-17.

17. Baldiga Tonin, R. F.; Melo Reis, E.; Durante Danelli, A. L. 2013. Etiología e quantificação dos agentes causais de manchas foliares na cultura do trigo nas safras 2008 a 2011. *Summa Phytopathologica (Botucatu)*. 39:102-109.
18. Bankina, B.; Priekule, I. 2011. A review of tan spot research in the Baltic countries: occurrence, biology and possibilities of control. *Zemdirbyste Agriculture*. 98 (1):3-10.
19. _____.; Gaile, Z.; Balodis, O.; Bimsteine, G.; Katamadze, M.; Kreita, D.; Paura, L.; Priekule, I. 2014. Harmful winter wheat diseases and possibilities for their integrated control in Latvia. *Acta Agriculturae Scandinavica. Soil & Plant Science*. 64 (7):615-622.
20. _____.; Ruza, A.; Paura, L.; Perikule, I. 2015. The effects of soil tillage and crop rotation on the development of winter wheat leaf diseases. *Zemdirbyste-Agriculture*. 102 (1):67-72.
21. Beresford, R. M. 2010. Towards reduced reliance on fungicides for disease control in New Zealand's crop-based industries. *Low-impact disease control. New Zealand Plant Protection*. 63:138-144.
22. Bockus, W. W. 1992. Effects of crop rotation and residue management practices on severity of tan spot of winter wheat. *Plant Disease*. 76:633-636.
23. Burne, Z. 2012. Eficacia de fungicidas para el tratamiento de semillas de trigo en siembra directa. (en línea). Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado feb. 2020. Disponible en <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.php?id=73980&se=19>
24. Campos, P. 2017. Identificación de razas exóticas de roya amarilla en región triguera argentina. (en línea). Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado jun. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/roya_amarilla_en_trigo.pdf
25. Carmona, M. 2003a. Manejo integrado de enfermedades (MIE) en el cultivo de trigo. (en línea). INTA. Información técnica de trigo. Publicación miscelánea no. 99:p.irr. Consultado mar. 2020. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/099/misc99_6.pdf
26. _____. 2003b. Manejo integrado de la mancha amarilla del trigo (*Drechslera tritici-repentis*). (en línea). INTA. Información técnica de trigo.

Publicación miscelánea no. 99:p.irr. Consultado mar. 2020. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/099/misc99_8.pdf

27. _____.; Ferrazini, M.; Barreto, D. 2006. Tan spot of wheat caused by *Drechslera tritici-repentis*: detection, transmission, and control in wheat seed. Cereal Research Communications. 34 (2-3):1043-1049.
28. _____. 2008. El manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo. (en línea). INTA. Información técnica de trigo. Publicación miscelánea no. 109:44-49. Consultado mar. 2020. Disponible en http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/26452/mod_resource/content/0/El-manejo-integrado-de-las-enfermedades-del-trigo%20mi%20C3%A9rcoles%203%20tarde.pdf
29. _____.; Sautua, F. 2017a. Criterios para el manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo. In: Divito, G.; García, F. eds. Manual del cultivo de trigo. Acassuso, International Plant Nutrition Institute. pp. 93-108.
30. _____., _____. 2017b. Roya amarilla del trigo: nuevas razas en el mundo, monitoreo y uso de fungicidas. (en línea). Buenos Aires, FAUBA. 17 p. Consultado nov. 2019. Disponible en http://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/wp-content/uploads/2016/03/CARMONA-SAUTUA_Roya-amarilla-2017_FAUBA.pdf
31. Casanello, M. E. 2010. Control de enfermedades por método de cultivo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 20 p.
32. Castellarín, J. M. 2009. Influencia de las prácticas de manejo sobre la generación del rendimiento en el cultivo de trigo. INTA. Revista para Mejorar la Producción. 40:23-38.
33. Castro, M.; Germán, S.; Pereyra, S. 2020. Caracterización sanitaria de cultivares de trigo y cebada. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado jun. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/P%20C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Actividades%202020/caracterizaci%C3%B3n%20sanitaria%20trigo%20y%20cebada%202020.pdf>
34. Chen, X. M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici) on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology. 27:314- 337.

35. Cotuna, O.; Sarateanu, V.; Paraschivu, M.; Durau, C.; Micu, L. 2013. Researches on the comportment of some foreign winter wheat to the attack of the pathogen *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker. Research Journal of Agricultural Science. 45:123-129.
36. _____.; Paraschivu, M.; Paraschivu, A. M.; Sarateanu, V. 2015. The influence of tillage, crop rotation and residue management on tan spot (*Drechslera tritici-repentis*. Died. Shoemaker) in winter wheat. Research Journal of Agricultural Science. 47:13-21.
37. De Wolf, E. D.; Effertz, R. J.; Alis, S.; Francl, L. J. 1998. Vistas of tan spot research. Canadian Journal of Plant Pathology. 20 (4):349-370.
38. Díaz de Ackermann, M. 1992. Mancha parda del trigo. Montevideo, INIA. 18 p. (Boletín de Divulgación no. 19).
39. _____. 1996. Mancha parda del trigo causada por *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) drechs., estado perfeto de *Drechslera tritici-rpentis* (Died.) Shoem. In: Díaz de Ackermann, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 63-78 (Serie Técnica no. 74).
40. _____. 2011. Mancha parda o amarilla del trigo en Uruguay. In: Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M.; Germán, S.; Cabrera, K. eds. Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Montevideo, INIA. pp. 95-109 (Serie Técnica no. 189).
41. Ernst, O.; Siri Prieto, G. 2008. Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay. Cangüé. no. 30:2-8.
42. Gepp, V.; Mondino, P. 2011. Control químico. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p. Consultado may. 2020. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/C-QUIMICO.pdf>
43. Gerard, G. S.; Schierenbeck, M.; Simón, M. R. 2015. Eficiencia de control y residualidad de curasemilla sobre enfermedades foliares de trigo. Revista FAVE Ciencias Agrarias. 14 (2):1-17.
44. Germán, S.; Caffarel, J. C. 1999. Roya estriada de trigo. In: Jornada de Cultivos de Invierno (1999, Colonia, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 25–32 (Actividades de Difusión no. 188).

45. _____; Barcellos, A.; Chaves, M.; Kohli, M.; Campos, P.; de Viedma, L. 2007. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America and perspectives for control. *Australian Journal of Agricultural Research*. 58:620-630.
46. _____; Díaz de Ackermann, M.; Pereyra, S. 2011. Royas y oídio de trigo y cebada. *In*: Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M.; Germán, S.; Cabrera, K. eds. *Manejo de enfermedades en trigo y cebada*. Montevideo, INIA. pp. 159-189 (Serie Técnica no. 189).
47. _____; Díaz de Ackermann, M.; Silva, P.; Quincke, M.; Pereyra, P. 2018a. Mejoramiento por resistencia a enfermedades de trigo en Uruguay. *In*: *Seminario Internacional 1914-2014: un Siglo de Mejoramiento de Trigo en La Estanzuela (2018, Colonia)*. Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 148-166 (Serie Técnica no. 241).
48. _____; Azzimonti, G.; Castro, M.; García, R.; Quincke, M.; Pereyra, S. 2018b. Roya estriada de trigo: epidemia en 2017 asociada a la presencia de razas agresivas del patógeno y sus posibles consecuencias. *Revista INIA*. no. 54:36-41.
49. _____. 2019. Manejo de royas de trigo: características de las enfermedades y manejo por resistencia genética. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 28 p.
50. Gomes, C.; Costa, R.; Almedia, A. S.; Coutinho, J.; Pinheiro, N.; Coco, J.; Costa, A.; Macas, B. 2016. Septoria leaf blotch and yellow rust control by: fungicide application opportunity and genetic response of bread wheat varieties. *Emirastes Journal of Food Agriculture*. 28 (7):493-500.
51. González, S. 2011. Patología de semillas de trigo y cebada. *In*: Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M.; Germán, S.; Cabrera, K. eds. *Manejo de enfermedades en trigo y cebada*. Montevideo, INIA. pp. 63-73 (Serie Técnica no. 189).
52. _____; Rossi, C.; Pereyra, S. 2019. Sanidad de semillas de trigo y cebada: eslabón clave en el manejo de enfermedades. *Revista INIA*. no. 56:57-61.
53. Google. s.f. Google Earth: ubicación del ensayo dentro del potrero 36 en la EEMAC. (en línea). s.l. s.p. Consultado set. 2019. Disponible en <https://earth.google.com/web/search/EEMAC,+Departamento+de+Paysand%C3%BA,+Uruguay/@-32.3808041,->

[58.0541842,52.90201269a,875.62526421d,35y,0h,45t,0r/data=CpQBGm
oSZAoIMHg5NWFmYzg4N2MyOGE0MTA5OjB4NzBiZWniMDA2N
mU2NWJjYh1j11EwvjBAwCHEegOC7wZNwCopRUVNQUMsIERlcGF
ydGFtZW50byBkZSBQYXlzYW5kw7osIFVydWd1YXkYAIAiABIYKJA
mFVQqVvoQ0QBGCvQqVvoQ0wBkCR31OopxRwCFdKnCPC5RlwC
gC](https://doi.org/10.1007/s12239-015-0000-0)

54. Harvey, I. C.; Craigie, R. A.; McCloy, B. L. 2015. The control of tan spot of wheat (caused by *Pyrenophora tritici-repentis*): a possible emerging disease in New Zealand. *New Zealand Plant Protection*. 68:428-433.
55. He, D.; Zhan, J.; Xie, L. 2016. Problems, challenges and future of plant disease management: from an ecological point of view. *Journal of Integrative Agriculture*. 15:705-715.
56. Hoffman, E.; Perdomo, C.; Ernst, O.; Bordoli, M.; Pastorini, M.; Pons, C.; Borghi, E. 2010. Propuesta para el manejo del nitrógeno y cultivos de invierno en Uruguay. *Informaciones Agronómicas*. no. 46:13-18.
57. Hosford, R. M. 1982. Tan spot. *In*: *Tan Spot and Related Diseases Workshop* (1st, 1982, North Dakota, USA). *Proceedings*. Fargo, North Dakota, North Dakota State University. pp. 1-24.
58. Huerta, J.; Rodríguez, M. F.; Villaseñor, H. E.; Singh, R. P.; Martínez, E.; Hortelano, R.; Espitia, E. 2014. Descripción de las royas del trigo. México, INIFAP. 32 p. (Folleto técnico no. 64).
59. Jin, Y.; Szabo, L. J.; Carson, M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host. *Phytopathology*. 100:432-435.
60. Jorgensen L. N.; Olsen, L. V. 2007. Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. (en línea). *Crop Protection*. 26:1606-1616. Consultado feb. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/222396568_Control_of_tan_spot_Drechslera_tritici-repentis_using_cultivar_resistance_tillage_methods_and_fungicides
61. _____; Hovmoller, M. S.; Hansen, J. G.; Lassen, P.; Clarck, B.; Bayles, R.; Rodemann, B.; Flath, K.; Jahn, M.; Goral, T.; Czembor, J.; Cheyron, P.; Maumene, C.; De Pope, C.; Ban, R.; Nielsen, G. C.; Berg, G. 2014. IPM

strategies and their dilemmas. *Journal of Integrative Agriculture*. 13:265-281.

62. _____.; Matzen, N.; Gronbech Hansen, J.; Semaskiene R., Korbas M., Danelewicz J., Glazek M., Maumene C., Rodemann B., Weigand S., Hess M., Blake J., Clark B., Kildea S., Batailles C., Ban R., Havis N., Teikale O. 2018. Four azoles' profile in the control of *Septoria*, yellow rust and brown rust in wheat across Europe. *Crop Protection*. 105:16-27.
63. Kirkegaard, J. A.; Christen, O.; Krupinsky, J.; Layzell, D. 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*. 107:185-195.
64. Kohli, M.; Mehta, Y. R.; Díaz de Ackermann, M. 1992. Spread of tan spot in the Southern Cone region of South America. *In*: International Tan Spot Workshop (2nd., 1992, Fargo, North Dakota). Proceedings. Fargo, North Dakota, North Dakota State University. pp. 86-90.
65. _____. 1996. Control integrado de enfermedades en trigo. *In*: Díaz de Ackermann, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 25-41 (Serie Técnica no. 74).
66. McLean, M.; Henry, F.; Hollaway, G. 2010. Stripe rust management in wheat. (en línea). BCG 2010 Season Research Results. pp. 140-142. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://www.farmtrials.com.au/trial/14049>
67. Madariaga, R. 2015. Rastrojo y su relación con las enfermedades de trigo. Rastrojo de cultivos y residuos forestales, programa de transferencia de prácticas alternativas al uso de fuego en la región del Biobío. Boletín INIA. no. 308:106-118.
68. Mainez, H. J.; Formento, A. N. 2018. Roya estriada y roya de la hoja: pérdidas de rendimiento en el cultivo de trigo en Paraná, Entre Ríos. (en línea). Serie Extensión INTA Paraná. no. 82:29-32. Consultado mar. 2020. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_ser_exten_82_2018_mainez_h_y_formento_a_29-32_0.pdf
69. Mazzilli, S. R.; Ernst, O. R.; Pereira de Mello, V.; Pérez, C. A. 2016. Yield losses on wheat crops associated to the previous winter crop: impact of agronomic practices based on on-farm analysis. *European Journal of Agronomy*. 75:99-104.

70. Mehta, Y. R.; Gaudencio, C. A. 1991. The effects of tillage practices and crop rotation on the epidemiology of some major wheat diseases. In: Saunders, D. F. ed. Wheat for the Non-traditional, Warm Areas. Mexico, D. F., CIMMYT. pp. 266-283.
71. _____. 2014. Wheat diseases and their management. Dordrecht, Springer. 265 p.
72. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección De Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2011. Anuario estadístico agropecuario 2011. (en línea). Montevideo. 246 p. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario-2011-web.pdf>
73. _____. _____. 2019. Anuario estadístico agropecuario 2018. (en línea). Montevideo. 256 p. Consultado jun. 2020. Disponible en <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>
74. Migliorini de Oliveira, G.; Pereira, D. D.; Moraes De Camargo, L. C.; Gonçalves Balan, M.; Giovanetti Canteri, M.; Igarashi, S.; Grioli Abi Saab, O. J. 2015. Dose and application rate of fungicide to control leaf rust (*Puccinia triticina*) and yellow spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) of wheat. *Ciencias Agrarias* (Londrina). 36:17-30.
75. Miralles, A. D. D. J. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. (en línea). INTA. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación miscelánea no. 101:1-7. Consultado mar. 2020. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004_n1.pdf
76. Moffat, C. S.; Theen See, P.; Oliver, R. P. 2014. Generation of a ToxA knockout strain of the wheat tan spot pathogen *Pyrenophora tritici-repentis*. *Molecular Plant Pathology*. 15:918-926.
77. Montevideo. COMM. s.f. Enciclopedia geográfica del Uruguay: importancia económica de la agricultura. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.montevideo.com.uy/enciclopedia/agricult.htm>
78. Moreno, M. V.; Stenglein, S. A.; Perelló, A. E. 2012. *Pyrenophora tritici-repentis*, causal agent of tan spot: a review of intraspecific genetic diversity. (en línea). In: Caliskan, M. ed. The Molecular Basis of Plant

Genetic Diversity. Istanbul, Intech. pp. 297-330. Consultado feb. 2020.
Disponible en <https://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/33928.pdf>

79. Paraschivu, M.; Paraschivu, M.; Paunescu, G. 2010. The development of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in natural field condition to agricultural research and development station simnic area. In: International Symposium on Agriculture (45th., 2010, Opatija, Croacia). Proceedings. Opatija, Hrvatska. pp. 868-873.
80. Patel, J. S.; Gudmestad, N.C; Meinhardt, S.; Adhikari, T. B. 2012. Pyraclostrobin sensitivity of baseline and fungicide exposed isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*. Crop Protection. 34:37-41.
81. Perelló, A; Dal Bello, G. M. 2011. Suppression of tan spot and plant growth promotion of wheat by synthetic and biological inducers under field conditions. Annals of Applied Biology. 158:267-274.
82. Pereyra, S.; Germán, S.; Díaz de Ackermann, M. 2011a. Del patógeno al cultivo: sus interacciones y alternativas de manejo en la producción de trigo y cebada. In: Simposio Nacional de Agricultura (2º., 2011, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 89-109.
83. _____.; Altier, N. 2011b. Desarrollo de epidemias en cultivo: análisis de sus componentes para un manejo integrado. In: Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M.; Germán, S.; Cabrera, K. eds. Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Montevideo, INIA. pp. 19-35 (Serie Técnica no. 189).
84. _____.; Germán, S. 2012. Manejo de enfermedades en trigo y cebada en un contexto de márgenes reducidos. In: Jornada de Cultivos de Invierno (2012, Soriano, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 15-25 (Actividades de Difusión no. 677).
85. _____. 2016. Manejo sanitario en condiciones de exceso hídrico. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado may. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Recomendaciones%20por%20exceso%20h%C3%ADrico/Manejo%20sanitario%20en%20condiciones%20de%20exceso%20h%C3%ADrico.pdf>
86. _____.; González, N. 2020. Caracterización de fungicidas evaluados por INIA según su eficiencia para el control de enfermedades en trigo y cebada. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado jun. 2020.

Disponible en

<http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanzuela/Actividades%202020/Funcionistas%20TRIGO%20y%20CEBADA%20mayo%202020%20.pdf>

87. Pérez, C. 1998. Importancia del rastrojo en la sanidad de los cultivos de invierno. Cangüé. no. 13:30-36.
88. _____.; Carameso, L.; Fros, D.; Cadenazzi, M.; Ernst, O. 2009. Manejo sanitario en sistemas sin laboreo: agrónomos o nutricionistas? *In*: Simposio Nacional de Agricultura de Secano (1º., 2009, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 141-160.
89. _____.; Hoffman, E.; Viega, L.; Villar, H.; Ernst, O. 2011. Manejo de enfermedades en sistemas agrícolas: mitos y realidades. *In*: Simposio Nacional de Agricultura (2º., 2011, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 1-14.
90. Platz, G. 2010. Yellow leaf spot management. (en línea). Queensland, Agri-Science. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en <https://riverineplains.org.au/wp-content/uploads/2016/12/YellowLeafSpotmanagementGPlatz.pdf>
91. Ranzi, C.; Forcelini, C. A. 2013. Aplicação curativa de fungicidas e seu efeito sobre a expansão de lesão da mancha amarela do trigo. *Ciencia Rural* (Santa María). 43 (9):1576-1581.
92. _____.; _____.; Cardoso, C. 2015. Efeito de temperaturas na expansão, número de lesões e severidade de mancha amarela da folha do trigo. *Summa Phytopathologica* (Botucatu). 41:311-314.
93. Raymond, P. J.; Bockus, W. W.; Norman, B. L. 1985. Tan spot of winter wheat: procedures to determinate host response. *Phytopathology*. 75:686-690.
94. Roelfs, A. P.; Singh, R. P.; Saari, E. E. 1992. Las royas del trigo: conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D. F., CIMMYT. 81 p.
95. Ronis, A.; Semaskiene, R. 2006. Development of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in winter wheat under field conditions. *Agronomy Research*. 4:331-334.

96. _____.; Semaskiene, R.; Dabkevicius, Z.; Liatukas, Z. 2009. Influence of leaf diseases on grain yield and yield components in winter wheat. *Journal of Plant Protection Research*. 49:151-157.
97. Rubio, V.; Garcia, A.; Pereyra, S. 2017. Impacto de la variabilidad climática en el cultivo de trigo. *Revista INIA*. no. 49:13-16.
98. Schierenbeck, M.; Fleitas, M. C.; Golik, S. I.; Simón, M. R. 2015. Generación de biomasa y rendimiento en trigo frente a infecciones de *Puccinia triticina* y *Pyrenophora tritici-repentis*. *Revista FAVE*. 14:1-15.
99. Shabeer, A.; Bockus, W. W. 1988. Tan spot effects on yield and yield components relative to growth stage in winter wheat. *Plant Disease*. 72:599-602.
100. Sharma, R. C.; Nazari, K.; Amanov, A.; Ziyaev, Z.; Jailov, A. U. 2016. Reduction of Winter Wheat Yield Losses Caused by Stripe Rust through Fungicide Management. *Journal of Phytopathology*. 164:671-677.
101. Sharma-Poudyal, D.; Sharma, R. C.; Duveiller, E. 2016. Control of Helminthosporium leaf blight of spring wheat using seed treatments and single foliar spray in indo-gangetic plains of Nepal. *Crop Protection*. 88:161-166.
102. Simón, M. R.; Ayala, F.; Golik, S.; Terrile, I.; Cordo, C.; Perelló, A.; Moreno, V.; Chidichimo, H. 2011. Integrated foliar disease management to prevent yield loss in Argentinian wheat production. *Agronomy Journal*. 103:1441-1451.
103. Stewart, S. 1996. Sanidad de semilla de trigo y cebada. In: Díaz, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 11-24 (Serie Técnica no. 74).
104. _____.; Pereyra, S.; Díaz de Ackermann, M. 2001. Manchas foliares de trigo y cebada bajo siembra directa: conceptos y estrategias de control. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. (Documento on line no. 036). Consultado mar. 2020. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-32.pdf>
105. _____.; _____.; _____. 2004. Sustentabilidad de la intensificación agrícola en el Uruguay: el efecto de la intensificación agrícola en las

enfermedades de los cultivos. *In:* Jornada de Cultivos de Invierno (2004, Mercedes, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 19-23 (Actividades de Difusión no. 365).

106. Suárez, D.; Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. (en línea). *In:* Malgarejo, L. M. ed. Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. pp. 13-24. Consultado feb. 2020. Disponible en http://bdigital.unal.edu.co/8545/4/03_Cap01.pdf
107. Tormen, N. R.; Lenz, G.; Minussi, S. G.; Uebel, J. D.; Cezar, H. S.; Balardin, R. S. 2013. Reação de cultivares de trigo a ferrugem da folha e mancha amarela e responsividade a fungicidas. *Ciencia Rural* (Santa María). 43:239-246.
108. Uribe, H.; Rouanet, J. L. 2002. Effect of three tillage systems on moisture content in the soil profile. *Agricultura Técnica*. 62 (4):555-564.
109. Uruguay XXI. 2016. Informe de agronegocios. (en línea). Montevideo, Uruguay. 45 p. Consultado ago. 2019. Disponible en http://www.camaramercantil.com.uy/uploads/cms_news_docs/Informe-Agronegocios-Diciembre-2016-Uruguay-XXI.pdf
110. Wegulo, S. N.; Zwingman, M. V.; Breathnach, J. A.; Baenziger, P. S. 2011. Economic returns from fungicide application to control foliar fungal diseases in winter wheat. *Crop Protection*. 30 (6):685-692.
111. Wellings, C. R.; Boyd, L. A.; Chen, X. M. 2012. Resistance to Stripe Rust in Wheat: pathogen biology driving resistance breeding. *In:* Sharma, I. ed. Disease resistance in wheat. Wallingford, CABI. pp. 63-83.

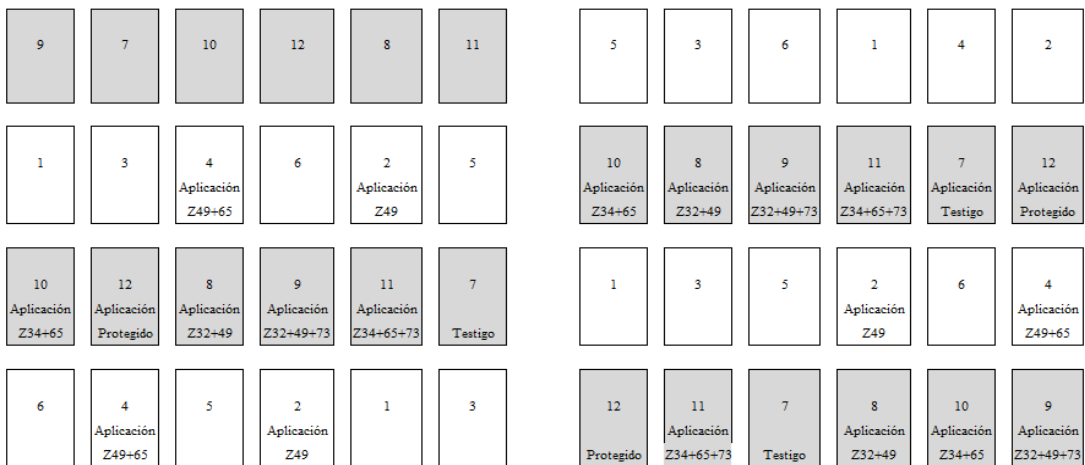
9. ANEXOS

ANEXOS DE MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo No. 1. Arreglo espacial de los tratamientos del experimento



Anexo No. 2. Arreglo espacial de los nuevos tratamientos del experimento



ANEXOS DE RESULTADOS

Anexo No. 3. Datos meteorológicos mensuales del período de estudio

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	10,6	16,4	6,3	0,3
2	11,2	17	5,2	0,5
3	12,3	15,6	9,1	0
4	10,2	12,6	6,7	0,5
5	9,8	14,9	6,1	0,3
6	9,4	16,3	2,8	0
7	9,7	14,3	4,7	0
8	10,7	12,5	8,4	10,9
9	10	14,3	6,2	0,3
10	13,3	20,7	9,2	0
11	12,4	19,5	7,1	0
12	10,4	17,2	4,1	0
13	12,5	18,8	7,3	0,3
14	14	19,7	6,7	0
15	16,9	22,7	11,2	0,3
16	21,1	25	18,6	0
17	21,2	25,3	13,8	0
18	10,1	13,8	6,9	0,3
19	6,6	11	2,4	0
20	6,6	12,8	0,4	0
21	9,6	16,4	3	0
22	17,9	25,2	11,3	0
23	19,9	22,9	17,4	0
24	21,3	25,6	19,3	0,3
25	21,5	26,3	18,4	0
26	19,4	24,9	15,3	0
27	18,3	20,1	14,9	0,5
28	13,4	15	11,9	0
29	12,7	13,9	9,7	5,1
30	10,3	16,1	4,3	0,8
Media: 13,4 Media: 18,2 Media: 9,0				Total: 20,4

Figura No. 1. Datos meteorológicos de junio de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	10,3	16,1	5,2	0,3
2	11,2	17,2	5,9	0
3	13,2	19,7	7,8	0
4	14,9	20,6	9,7	0
5	16,2	20,9	12,9	0
6	14	17,7	12,3	8,4
7	15,2	16,6	13,3	28,4
8	14,8	17,7	12,3	1
9	15,6	20,3	12,1	2,3
10	13,4	16,2	10,9	11,2
11	11,7	14,2	9,2	0
12	18,4	23,8	14,2	0
13	21,1	27,1	16,8	0
14	20,2	23,7	18,2	0
15	17,4	23,9	9,4	2,8
16	6,4	9,4	4,1	0
17	4,6	9,6	1,2	0
18	6,2	13,8	0,2	0
19	7,5	15,5	0,1	0
20	9,9	18,5	2,1	0
21	11,2	18,8	4,6	0
22	11,9	18,6	6,1	0
23	17,4	22,6	11,4	0
24	18,2	22,4	14,3	0
25	16,4	19,8	14	0
26	18,5	22,9	15,6	0,5
27	20,2	26,7	15,3	0
28	20	27,4	15	0
29	19,9	26,7	14,8	0
30	15	19,8	12,8	0
31	13	13,7	11,8	0
Media: 14,3 Media: 19,4 Media: 10,1 Total: 54,9				

Figura No. 2. Datos meteorológicos de julio de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	13,7	14,8	13,3	27,4
2	12,6	13,7	8,7	3
3	9,9	16,2	3,3	0,3
4	11,6	17,4	5,7	0,3
5	13	19	7,8	0
6	16,6	23,4	10,9	0,3
7	15,4	19,7	12,3	49,5
8	13,4	17	9,3	0,3
9	13,8	18,4	9,3	0
10	14,5	18,2	11,2	1,8
11	16,6	18,4	15,3	74,7
12	14,5	16,8	10,9	17,8
13	11,1	15,5	7,8	0,3
14	11,8	18,6	6,3	0
15	13,3	20,2	7,3	0
16	12,4	17,9	7,1	0,3
17	12,8	21,4	4,4	0
18	16,1	24,2	7,9	0
19	12,9	17,9	7,3	1,3
20	10,1	16,2	5,3	0,5
21	10,2	17,7	2,1	0
22	12,6	19,8	5,4	0
23	18,2	25,6	10,7	0
24	22,3	27,7	17,9	6,6
25	22,9	27,2	2,2	10,7
26	18,7	21	17,8	44,2
27	19,7	24,1	15	0
28	19,9	22,6	17,3	20,6
29	18,5	23,1	12,1	66,5
30	10,7	14,8	7,3	0
31	11,8	17,7	5,7	0
Media: 14,6	Media: 19,5	Media: 9,1	Total: 326,9	

Figura No. 3. Datos meteorológicos de agosto de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	19,4	25,6	13,6	0
2	24,2	28,8	20,5	0
3	24,2	29,6	17,2	0,3
4	13,6	17,2	11,1	41,9
5	12,4	16,9	8,1	0,3
6	13,3	17,2	8,6	0
7	15,5	16,8	13,4	4,1
8	17,2	19,7	14,7	0,5
9	18,4	20,6	17,2	55,4
10	17,7	20,4	11,1	45,5
11	12,4	17,8	8,8	0,3
12	11,8	16,2	6,2	0,3
13	13,1	15,8	9,2	1,8
14	16,3	21,3	11,7	0,3
15	14,5	19,4	9,5	0
16	13,7	19,7	8,3	0
17	14,9	20,8	8,7	0
18	16	22,3	9,9	0
19	17,7	24	11,4	0
20	23,6	32,9	16,2	0
21	13,8	19,6	10,3	5,6
22	12,8	17,1	9,6	0,3
23	14,2	21,1	7,8	0,5
24	16,8	22,7	9,6	0
25	19,9	26,2	15	0
26	18,9	24,3	14,2	23,4
27	14,1	15,4	12,8	19,6
28	15,5	18,9	11,9	0
29	14,9	17,4	12,8	3
30	18,9	23,3	14,8	0
Media: 16,3 Media: 20,9 Media: 11,8 Total: 203,1				

Figura No. 4. Datos meteorológicos de setiembre de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	15,6	18,7	11,3	32,8
2	13,7	19,1	9,4	3,8
3	16,7	25	9	0
4	20,7	26,9	14,3	0
5	20,7	26,4	16,1	0
6	17,7	24,9	9,1	0
7	15,9	21,8	8,7	0
8	18,7	24,5	11,9	0
9	17,2	21,5	13,1	0,3
10	15,8	20,9	11,8	0,8
11	16,3	20,7	11,6	0
12	13,7	16,5	12	4,3
13	13,8	17,3	11,9	0,5
14	15	22,3	8,2	0,3
15	17,1	24,6	8,3	0
16	20,3	27,8	12,2	0
17	19,7	20,4	18,3	27,9
18	18,5	20,5	16,8	46
19	16,8	21,1	12,8	0,3
20	18,4	24,9	10,8	0
21	17	20,7	9,8	0
22	13,2	18,6	8	0
23	15,2	22	7,5	0
24	19,1	25,5	11,8	0
25	22,3	29,5	14,4	0
26	22,4	28,4	17,3	2,3
27	17,8	19,9	13,3	19,6
28	17,5	23,6	11,4	0,3
29	20,6	25,9	15,5	0,3
30	18,9	24,8	13,6	0
31	18,2	25,9	10,2	0
Media: 17,5 Media: 22,9 Media: 11,9 Total: 139,5				

Figura No. 5. Datos meteorológicos de octubre de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	15,6	18,7	11,3	32,8
2	13,7	19,1	9,4	3,8
3	16,7	25	9	0
4	20,7	26,9	14,3	0
5	20,7	26,4	16,1	0
6	17,7	24,9	9,1	0
7	15,9	21,8	8,7	0
8	18,7	24,5	11,9	0
9	17,2	21,5	13,1	0,3
10	15,8	20,9	11,8	0,8
11	16,3	20,7	11,6	0
12	13,7	16,5	12	4,3
13	13,8	17,3	11,9	0,5
14	15	22,3	8,2	0,3
15	17,1	24,6	8,3	0
16	20,3	27,8	12,2	0
17	19,7	20,4	18,3	27,9
18	18,5	20,5	16,8	46
19	16,8	21,1	12,8	0,3
20	18,4	24,9	10,8	0
21	17	20,7	9,8	0
22	13,2	18,6	8	0
23	15,2	22	7,5	0
24	19,1	25,5	11,8	0
25	22,3	29,5	14,4	0
26	22,4	28,4	17,3	2,3
27	17,8	19,9	13,3	19,6
28	17,5	23,6	11,4	0,3
29	20,6	25,9	15,5	0,3
30	18,9	24,8	13,6	0
31	18,2	25,9	10,2	0
Media: 17,5 Media: 22,9 Media: 11,9 Total: 139,5				

Figura No. 6. Datos meteorológicos de noviembre de 2017

Día	Temperatura promedio (C°)	Temperatura máxima (C°)	Temperatura mínima (C°)	Precipitaciones (mm)
1	23,3	29,9	16,1	0
2	22,9	28,3	18,7	3
3	21,7	26,7	19,2	6,9
4	21,2	25,9	17,4	0
5	22,1	28,7	15,8	0
6	24,5	31	18,4	0
7	27	34,4	18,5	0
8	26,6	35,3	18,3	0
9	28,4	36,2	19,7	0
10	26,3	33,9	18,6	0
11	21,9	28,5	14,4	0
12	24,1	31,4	15,7	0
13	26,4	36,2	17	3,6
14	24,5	31,6	18,3	5,8
15	27,7	35,6	18,8	0
16	25,2	30,4	20,6	9,7
17	20,7	30,8	13,9	39,4
18	17,9	25,4	9	0
19	20,8	26	16,4	0
20	24,6	32,2	17,4	0
21	27,7	34,4	21,2	0
22	27,3	33,5	23,4	14,7
23	21,2	25,9	15,2	14,2
24	19,1	25,6	11,3	0
25	23,9	32,5	13,9	0
26	26,7	35,6	17,9	0
27	27,8	35	18,9	0
28	26,8	33,3	21,8	0
29	26,9	34,8	18,3	0
30	29,2	36,6	20,8	0
31	25,3	30,6	18,6	1,3
Media: 24,5 Media: 31,5 Media: 17,5 Total: 98,6				

Figura No. 7. Datos meteorológicos de diciembre de 2017

Anexo No. 4. Análisis de varianza para implantación según el número de plantas por metro lineal

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. plantas/m	36	0,05	0	21,62

Test: Duncan Alfa=0, 10

Rastrojo	Medias	n	E.E
Sin	56, 19	18	2, 83 a
Con	54, 97	18	2 83 a

Error: 144, 4201 gl: 32

Test: Duncan Alfa=0, 10

Rastrojo	Curasemilla	Medias	n	E.E
Sin	Con	59, 06	9	4, 01 a
Con	Sin	57, 00	9	4, 01 a
Sin	Sin	53, 33	9	4, 01 a
Con	Con	52, 94	9	4, 01 a

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p=0,10$).

Anexo No. 5. Análisis de varianza para el nivel de enfermedad según tratamientos de rastrojo y curasemilla

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADCPE Z23-25	12	0,65	0,51	41,05

Test: Duncan Alfa=0,10

Rastrojo	Medias	n	E.E
Sin	114,50	6	13,42 a
Con	45,67	6	13,42 b

Error: 1080,6667 gl: 8

Test: Duncan Alfa=0,10

Rastrojo	Curasemilla	Medias	n	E.E
Con	Con	131	3	18,98 a
Con	Sin	98	3	18,98 a
Sin	Sin	46,67	3	18,98 b
Sin	Con	44,67	3	18,98 b

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 6. Análisis de varianza para el nivel de enfermedad en Z49

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADCPE	12	0,65	0,51	41,05

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2451,63	7	350,23	6,61	0,0009
Tratamiento	2451,63	7	350,23	6,61	0,0009
Error	848,29	16	53,02		
Total	3299,91	23			

Test: Duncan Alfa=0,10

Error: 105,1876 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z49+65	52,82	3	4,20	a
Z49	52,04	3	4,20	a
Testigo	37,19	3	4,20	b
Z32+49+73	36,01	3	4,20	b
Z34+65	33,67	3	4,20	b c
Protegido	28,35	3	4,20	b c
Z32+49	27,93	3	4,20	b c
Z34+65+73	23,8	3	4,20	c

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 7. Análisis de varianza para el nivel de enfermedad en Z65

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADCPE	24	0,44	0,19	26,12

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1296,17	7	185,17	1,76	0,1650
Tratamiento	1296,17	7	185,17	1,76	0,1650
Error	1683,00	16	105,19		
Total	2979,17	23			

Test: Duncan Alfa=0,10

Error: 53,0179 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z49+65	55,33	3	5,92	a
Z32+49+73	44,59	3	5,92	a
Testigo	41,17	3	5,92	b
Z49	38,41	3	5,92	b
Z34+65+73	36,04	3	5,92	b
Z32+49	34,41	3	5,92	b
Z34+65	33,43	3	5,92	b
Protegido	30,71	3	5,92	b

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 8. Análisis de varianza para el nivel de enfermedad en Z73

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADCPE	24	0,09	0,00	35,34

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	925,60	7	132,23	0,23	0,9711
Tratamiento	925,60	7	132,23	0,23	0,9711
Error	9110,12	16	569,38		
Total	10035,72	23			

Test: Duncan Alfa=0,10

Error: 569,3822 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z49+65	74,02	3	13,78	a
Z34+65+73	72,43	3	13,78	a
Testigo	72,04	3	13,78	a
Z32+49+73	71,02	3	13,78	a
Z34+65	68,78	3	13,78	a
Z49	66,65	3	13,78	a
Z32+49	66,10	3	13,78	a
Protegido	55,19	3	13,78	a

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 9. Análisis de varianza para el nivel de enfermedad desde Z49 a Z73

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ADCPE	24	0,46	0,23	18,23

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	815629,17	7	116518,45	1,98	0,1222
Tratamiento	815629,17	7	116518,45	1,98	0,1222
Error	941772,67	16	58860,79		
Total	1757401,83	23			

Test: Duncan Alfa=0,10

Error: 58860,7917 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z49+65	1687,67	3	13,78	a
Z32+49+73	1431,33	3	13,78	a b
Z49	1421,33	3	13,78	a b
Testigo	1397,33	3	13,78	a b
Z34+65	1275,67	3	13,78	b
Z34+65+73	1232,67	3	13,78	b
Z32+49	1145,00	3	13,78	b
Protegido	1057,67	3	13,78	b

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 10. Análisis de varianza para kg de biomasa a cosecha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
kg BM/ha	32	0,74	0,66	15,7

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	55519129	7	7931304,2	9,7	<0,0001
Tratamiento	55519129	7	7931304,2	9,7	<0,0001
Error	19626491	24	817770,44		
Total	75145619	31			

Test: Duncan Alfa=0, 10

Error: 817770,4375 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z34+65+73	7351	4	452,15	a
Protegido	7298,5	4	452,15	a
Z32+49	6884	4	452,15	a
Z34+65	6686,75	4	452,15	a
Z32+49+73	4681,25	4	452,15	b
Z49	4536,5	4	452,15	b
Testigo	4510,5	4	452,15	b
Z49+65	4136	4	452,15	b

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 11. Análisis de varianza para el número de espigas por metro cuadrado

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Esp. /m ²	32	0,51	0,37	14,19

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52483,57	7	7497,65	3,57	0,0089
Tratamiento	52483,57	7	7497,65	3,57	0,0089
Error	50337,24	24	2097,39		
Total	102820,81	31			

Test: Duncan Alfa=0, 10

Error: 2097,3850 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Z32+49	375,43	4	22,9	a
Z34+65	370,18	4	22,9	a
Z34+65+73	362,3	4	22,9	a
Protegido	337,95	4	22,9	ab
Z32+49+73	291,93	4	22,9	bc
Z49	289,95	4	22,9	bc
Z49+65	282,08	4	22,9	bc
Testigo	271,55	4	22,9	c

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 12. Análisis de varianza para el número de granos por espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No. gr./esp.	32	0,55	0,42	9,1

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	388,87	7	55,55	4,24	0,0036
Tratamiento	388,87	7	55,55	4,24	0,0036
Error	314,23	24	13,09		
Total	703,1	31			

Test: Duncan Alfa=0, 10

Error: 13,0930 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Protegido	44,8	4	1,81	a
Z34+65+73	44,45	4	1,81	a
Z34+65	41,68	4	1,81	ab
Z32+49	40,88	4	1,81	abc
Z32+49+73	38,13	4	1,81	bcd
Z49	36,65	4	1,81	cd
Testigo	35,75	4	1,81	d
Z49+65	35,7	4	1,81	d

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 13. Análisis de varianza para peso de mil granos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMG (g)	32	0,78	0,72	4,08

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	78,51	7	11,22	12,47	<0,0001
Tratamiento	78,51	7	11,22	12,47	<0,0001
Error	21,58	24	0,9		
Total	100,09	31			

Test: Duncan Alfa=0, 10

Error: 0,8992 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Protegido	26,03	4	0,47	a
Z34+65+73	24,43	4	0,47	b
Z34+65	24,1	4	0,47	b
Z32+49	23,73	4	0,47	bc
Z32+49+73	22,85	4	0,47	cd
Z49	22,33	4	0,47	de
Z49+65	21,5	4	0,47	ef
Testigo	20,9	4	0,47	f

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).

Anexo No. 14. Análisis de varianza para rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend. (Kg/ha)	32	0,85	0,81	11,16

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20255122	7	2893588,8	19,94	<0,0001
Tratamiento	20255122	7	2893588,8	19,94	<0,0001
Error	3482962	24	145123,42		
Total	23738084	31			

Test: Duncan Alfa=0, 10

Error: 145123,4167 gl: 24

Tratamiento	Medias	n	E.E	
Protegido	4525,25	4	190,48	a
Z34+65+73	4450,75	4	190,48	a
Z32+49	3943,75	4	190,48	b
Z34+65	3473,75	4	190,48	c
Z32+49+73	3373,75	4	190,48	c
Z49+65	2623,75	4	190,48	d
Z49	2481,75	4	190,48	d
Testigo	2426,75	4	190,48	d

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Duncan: $p > 0,10$).