

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO DE LA INTEGRACIÓN DE MEDIDAS DE
MANEJO PARA EL CONTROL DE LA MANCHA AMARILLA EN TRIGO**

por

Alejandro GASTELUMENDI MARTÍNEZ

Juan Ignacio LEÓN RADÍO

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2018

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (MSc., PhD.) Carlos Pérez

Ing. Agr. (MSc., PhD.) Silvia Pereyra

Ing. Agr. (MSc.) Cintia Palladino

Fecha: 20 de diciembre de 2018

Autores:

Alejandro Gastelumendi Martínez

Juan Ignacio León Radío

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.

A nuestro tutor, Ing. Agr. Carlos Pérez, por el apoyo brindado y por hacer posible esta tesis.

A la Ing. Agr. Cintia Palladino, Noelia Benítez y al personal de la EEMAC, por su ayuda durante el trabajo de campo.

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

Al Lic. Joaquín Rodríguez Massobrio por colaborar con la traducción del resumen.

A nuestros compañeros de facultad y generación, y a todos los que nos acompañaron desde nuestro inicio.

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.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO.....	3
2.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA SIEMBRA DIRECTA EN EL CULTIVO DE TRIGO	4
2.3. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS, CONCEPTO DE ENFERMEDAD Y SUS COMPONENTES.....	5
2.4. PATÓGENOS DEL TRIGO Y SU CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	8
2.5. MANCHA AMARILLA DEL TRIGO.....	10
2.5.1. <u>Organismo causal</u>	10
2.5.2. <u>Importancia económica</u>	12
2.5.3. <u>Síntomas</u>	13
2.5.4. <u>Ciclo de la enfermedad</u>	14
2.5.4.1. Fuentes de inóculo.....	14
2.5.4.2. Ciclo de la enfermedad y condiciones ambientales predisponentes para el desarrollo de la misma.....	15
2.6. MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES.....	17
2.6.1. <u>Componentes del manejo integrado</u>	17
2.6.1.1. Resistencia genética.....	17
2.6.1.2. Prácticas culturales.....	19
2.6.1.3. Control químico.....	22

2.7. INFLUENCIA DE DISTINTAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS Y EXPERIENCIAS SOBRE EL CONTROL DE LA MANCHA AMARILLA.....	27
2.7.1. <u>Influencia de las prácticas agronómicas (rastrajo, rotación, laboreo)</u>	27
2.7.2. <u>Experiencias en manejo integrado de la mancha amarilla</u>	31
2.8. HIPÓTESIS.....	32
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	33
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	33
3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL...	33
3.3. DETERMINACIONES REALIZADAS.....	35
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AÑO CLIMÁTICO.....	39
4.2. CRECIMIENTO DEL CULTIVO: IMPLANTACIÓN Y MACOLLAJE..	41
4.3. EVOLUCIÓN DE LA SEVERIDAD DE MANCHA AMARILLA.....	44
4.4. RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES.....	55
5. <u>CONCLUSIONES</u>	64
6. <u>RESUMEN</u>	66
7. <u>SUMMARY</u>	67
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	68
9. <u>ANEXOS</u>	82

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Clasificación de los patógenos de trigo de importancia en Uruguay, según sus hábitos alimenticios.....	9
2. Eficiencia de algunos fungicidas curasemillas para patógenos de trigo y cebada....	22
3. Niveles críticos aproximados para algunas enfermedades de trigo.....	26
4. Componentes de la presión de inóculo de <i>B. sorokiniana</i> al momento de la siembra del cultivo de invierno.....	29
5. Características del cultivar de trigo algarrobo.....	34
6. Detalles de los tratamientos del experimento.....	34
7. Calendario de actividades realizadas en el experimento.....	36
8. Análisis de la varianza para progreso de la enfermedad (ADCPE) en base a la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo.....	45
9. Efecto del curasemilla sobre el porcentaje de severidad en distintos momentos de evaluación y el ADCPE.....	47
10. Efecto de las estrategias de aplicación de fungicida foliar sobre el porcentaje de severidad a lo largo del ciclo.....	50
11. Efecto de la interacción entre rastrojo y aplicación de fungicida, sobre la severidad a lo largo del ciclo.....	51
12. Análisis de varianza para rendimiento en grano.....	55
13. Efecto del rastrojo sobre el rendimiento en grano.....	55
14. Efecto del rastrojo sobre los componentes del rendimiento.....	56
15. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el rendimiento.....	60
16. Efecto de la aplicación de fungicida sobre los componentes del rendimiento.....	61
 Figura No.	
1. Evolución del área de siembra del trigo en Uruguay.....	3
2. Evolución de rendimientos de trigo en Uruguay.....	4
3. Triángulo de las interacciones de los componentes de las enfermedades.....	7
4. Conidios de <i>Drechslera tritici-repentis</i>	11
5. Pseudotecios de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> sobre rastrojo de trigo (a), y detalle de pseudotecio (b).....	11

6. Fotografía de ascosporas dentro el asca (a), y ascosporas de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> fuera del asca (b).....	12
7. Síntoma de mancha amarilla causada por <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	14
8. Ciclo de <i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	16
9. Relación entre cantidad de rastrojo de trigo sobre el suelo y severidad de mancha amarilla en el trigo siguiente.....	28
10. Ubicación de las parcelas experimentales.....	33
11. Temperaturas medias, máximas y mínimas promedio mensuales durante el período experimental para el año 2015 y promedio de la media histórica (2002-2014).....	39
12. Precipitaciones mensuales durante el período experimental para el año 2015 y para el promedio histórico.....	40
13. Precipitaciones diarias durante el período experimental.....	40
14. Humedad relativa promedio mensual del período en el que se desarrolló el cultivo (junio a noviembre del 2015) y el promedio histórico (2002-2014).....	41
15. Efecto del rastrojo sobre la implantación del cultivo de trigo a los 50 dps.....	42
16. Población de plantas logradas para semilla curada o sin curar según la presencia de rastrojo en superficie.....	42
17. Efecto del rastrojo sobre el número de macollos/m a los 93 dps (Z 33).....	44
18. Evolución de la severidad de mancha amarilla según la presencia de rastrojo.....	45
19. Efecto del rastrojo sobre la cantidad de enfermedad integrada en el tiempo, estimada como el ADCPE.....	46
20. Cantidad de enfermedad estimada en base a severidad a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas foliares.....	48
21. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas, para los tratamientos sin rastrojo y sin curasemilla.....	48
22. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas, para los tratamientos con rastrojo y sin curasemilla.....	49
23. Efecto de la interacción triple entre rastrojo, curasemilla y fungicida sobre la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo, estimada como el área ubicada debajo de la curva del progreso de la enfermedad en base a severidad.....	53

24. Efecto de la adición de tecnología sobre el ADCPE.....	54
25. Efecto de la adición de tecnología sobre el ADCPE.....	54
26. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como el ADCPE para los 12 tratamientos evaluados.....	58
27. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como el ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.....	59
28. Relación entre el número de espigas y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.....	59
29. Relación entre el peso de grano y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.....	60
30. Efecto de la adición de tecnología sobre el rendimiento.....	62
31. Efecto de la adición de tecnología sobre el rendimiento.....	63

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícola de Uruguay, en los últimos años, han sido fuertemente impactados por un conjunto de cambios asociados a un proceso de intensificación, que específicamente han aumentado la importancia relativa de la sanidad de los distintos cultivos.

El acelerado proceso de transformación del laboreo convencional al sistema de siembra directa, la reducción en la diversidad de cultivos que dominan el área agrícola y el uso de cultivares de alto potencial de rendimiento, que en algunos casos no presentan una resistencia genética adecuada frente a las enfermedades, son algunos de los cambios que han resultado en un aumento en la interferencia de las enfermedades en la producción de grano.

La expresión de las enfermedades foliares de trigo y su incidencia en el rendimiento están fuertemente influenciadas por la abundancia de los patógenos en la superficie del suelo, por las condiciones climáticas y por el genotipo de los cultivares.

De manera general, el control de los patógenos involucra medidas que muchas veces atentan contra la preservación del medioambiente, además de aumentar el costo de producción, reduciendo así el lucro de la actividad agrícola. Esta amenaza a la sustentabilidad ha llevado a que los productores apliquen el manejo integrado de enfermedades el cual debe lograr garantizar la seguridad alimentaria y la estabilidad social mediante el aumento de la productividad de los cultivos, la reducción de la contaminación de los alimentos por las toxinas microbianas, la racionalización en el uso de agroquímicos y poder garantizar así el suministro de alimentos diversos y a un precio razonable.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar el efecto de distintas medidas de manejo en la evolución de la mancha amarilla o parda de trigo, causada por el hongo *Drechslera tritici-repentis* y el rendimiento en grano, sea por el aporte individual como por la interacción entre las medidas estudiadas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si el manejo integrado disminuyó la epidemia y/o aumento el rendimiento en grano
- Determinar el impacto individual de las medidas de manejo sobre la epidemia y el rendimiento en grano
- Determinar el impacto del curasemilla cuando se siembra trigo sobre rastrojo de trigo
- Determinar si es posible reducir el número de aplicaciones de fungicida foliar cuando se implementa el manejo integrado

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO

El trigo se cultiva en todo el mundo bajo diversas condiciones climáticas y ha sido el alimento básico de las principales civilizaciones de Europa, Asia y norte de África durante más de 8000 años. Es utilizado como alimento básico en una gran variedad de productos y las operaciones de postproducción cumplen una función importante para crear un abastecimiento estable del producto. El trigo también es utilizado para la producción de alimentos animales, almidón y etanol (Baloch, 1999). En términos de producción, en 2014 ocupó el tercer lugar entre los cereales en el mundo después del maíz y el arroz, con un total de más de 700 millones de toneladas (FAO, 2015). La producción de trigo en América Latina ha aumentado gradualmente durante los últimos 20 años, alcanzando un promedio de entre 2,0-3,5 tt/ha, dependiendo del país, debido principalmente a la introducción de cultivares de alto rendimiento y mejoras en las prácticas de manejo de enfermedades (Mehta, 2014).

En Uruguay, junto con la cebada, constituye la principal alternativa para la agricultura invernal, mostrando grandes variaciones en los últimos 50 años en el área de siembra (Figura No. 1) debidas principalmente a condiciones climáticas, precios de mercado y determinadas influencias de enfermedades (Godiño et al., 2004).

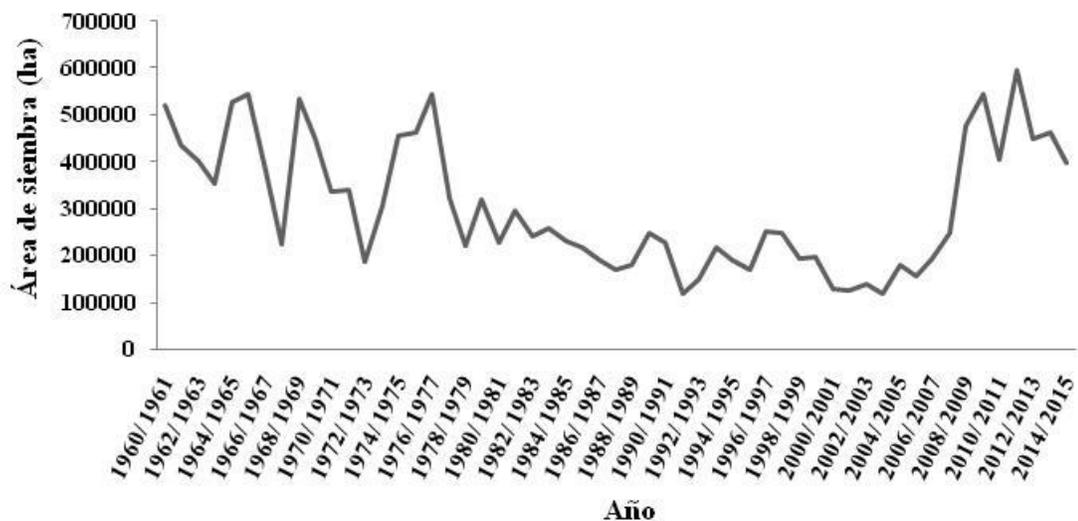


Figura No. 1. Evolución del área de siembra del trigo en Uruguay (Fuente: MGAP. DIEA, 2015)

El área destinada a la producción de trigo aumentó de 153.000 hectáreas en 2004 a 462.000 hectáreas en 2013. Para el ejercicio agrícola 2015/2016 el área sembrada con trigo fue de 330.000 hectáreas, manteniendo la tendencia a la baja que se registra

desde la zafra 2011/12 donde se alcanzó el récord histórico de aproximadamente 600.000 hectáreas (MGAP. DIEA, 2016).

En cuanto a los rendimientos promedios nacionales, los mismos han tenido una tendencia al aumento (Figura No. 2), con fuertes variaciones anuales, registrándose también en la zafra 2011/2012 un récord histórico. En algunos casos estas variaciones estuvieron asociadas a problemas sanitarios, como en los años 2001 y 2002 donde ocurrieron epifitias severas de fusariosis de la espiga.

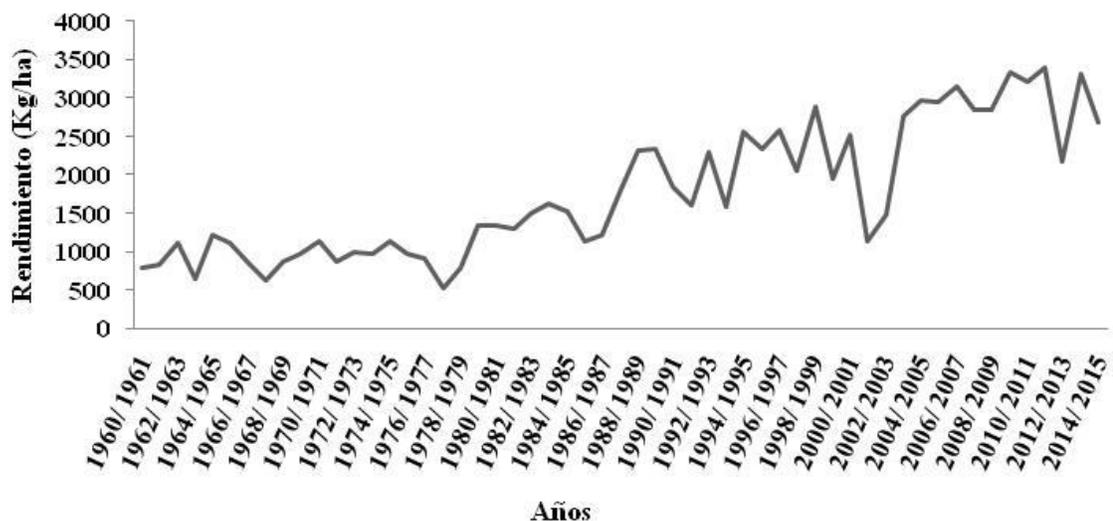


Figura No. 2. Evolución de rendimientos de trigo en Uruguay (Fuente: MGAP. DIEA, 2015)

Según Godiño et al. (2004), el crecimiento observado se ha ido sustentando en un proceso de cambio tecnológico, caracterizado por un mayor uso de insumos, la introducción de nuevas variedades, la rotación con pasturas, el aumento de los equipos agrícolas y la adopción creciente de la siembra directa.

2.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA SIEMBRA DIRECTA EN EL CULTIVO DE TRIGO

El laboreo del suelo ha sido una herramienta útil para acelerar la descomposición de los rastrojos y con ello, reducir la importancia relativa del residuo de cosecha como fuente de inóculo de enfermedades causadas por patógenos necrotróficos en la secuencia de cultivos (Pérez 1998, Ernst 1999). Sin embargo, en Uruguay en la década del 90, se comenzó a implementar el sistema de siembra directa debido fundamentalmente a la preocupación por parte de los agricultores y técnicos sobre la erosión y degradación del suelo durante el ciclo de cultivos, el fin de la patente de

roundup que permitió a otros competidores entrar en el mercado, lo que redujo el precio del glifosato, el ingreso de maquinaria adaptada para este sistema a precios competitivos, y el menor costo operativo (entre 10 y 30%) en comparación con el laboreo convencional (García Préchac et al., 2014). La siembra directa en agricultura de secano ha continuado en aumento y hoy en día es adoptada por la gran mayoría de los productores, ya que además de reducir el escurrimiento superficial y la energía cinética de las gotas de lluvia, el rastreo en superficie aporta beneficios directos en la producción al aumentar la conservación de agua en el perfil, actuar como aislante térmico, atenuar la velocidad del viento y dar ventaja en los tiempos y posibilidades de siembra (Pérez 1998, Stewart et al. 2001, Ernst y Siri-Prieto 2011).

A la adopción generalizada de la siembra directa, se le suma el hecho de que gran parte del área se siembra con trigo en el invierno y con soja en el verano (MGAP. DIEA, 2015). Esto ha llevado a una simplificación de los agroecosistemas, reemplazando la diversidad de especies oleaginosas y gramíneas que se cultivaban anteriormente en Uruguay y determinando una mayor inestabilidad del ecosistema desde el punto de vista sanitario (Stewart et al., 2004).

A pesar de las múltiples ventajas que acarrea este sistema, dado que gran parte del trigo se siembra sobre rastreo de trigo, el éxito de la adopción de la siembra de cultivos de invierno sin laboreo dependerá de la inclusión de variables de manejo que tiendan a reducir la incidencia de las enfermedades causadas por patógenos que sobreviven en el mismo (Ernst, 1999).

2.3. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS, CONCEPTO DE ENFERMEDAD Y SUS COMPONENTES

Las enfermedades de las plantas han sido un factor importante que influyó en la producción de alimentos y en el desarrollo social humano durante miles de años (Palmgren et al., 2015). Estas son importantes para el hombre debido a que perjudican a las plantas y sus productos. Para los millones de personas que habitan la tierra y cuya existencia depende de los productos vegetales, las enfermedades de las plantas pueden marcar la diferencia entre una vida normal y una acosada por el hambre, o incluso conducir a la muerte por inanición (Agrios, 1995).

A pesar de la contribución de los avances científicos y tecnológicos en reducir significativamente la frecuencia e intensidad de las epidemias en los últimos tiempos, el 20-30% de la producción actual por año se pierde todavía por enfermedades de las plantas (Oerke y Dehne 2004, McDonald 2010). Estas pérdidas reflejan un conocimiento incompleto relacionado con las causas y los mecanismos del desarrollo de una epidemia y se traducen en pérdidas económicas en la producción, afectando tanto el rendimiento como la calidad del producto (Pereyra y Altier, 2011).

La gestión de las enfermedades de las plantas se enfrenta a retos cada vez mayores. Por un lado, la demanda de alimentos de alta calidad aumenta debido a la creciente población mundial, que se espera que llegue a 9 mil millones en 2050 (Godfray et al., 2010), y la mejora de los estándares de vida. Por otro lado, la disminución de las tierras cultivables y el agotamiento de los recursos naturales reducen el potencial de aumento de la producción agrícola. Además, los monocultivos, la intensificación y otras prácticas agrícolas con altos requerimientos de insumos (fertilizantes, agua y fungicidas) apuntan al máximo rendimiento como único objetivo, facilitando así la evolución de epidemias de las plantas en todo el mundo (Zhan et al., 2014).

Las enfermedades son una limitante importante para la producción de trigo, influyendo tanto en el rendimiento como en la calidad del grano. A lo largo de los años, se han tomado muchas medidas para minimizar el impacto de los ataques severos de los patógenos (Jorgensen et al., 2014), pero a futuro el manejo de estos debe tener como objetivo fortalecer la seguridad alimentaria para una sociedad estable, salvaguardando al mismo tiempo la salud de los ecosistemas asociados y reduciendo la dependencia de los recursos naturales (He et al., 2016).

El concepto de enfermedad implica la alteración de una o varias de las funciones fisiológicas de la planta por la acción de un agente patógeno, que son necesarias para cumplir con los requerimientos de mantenimiento y desarrollo (Pereyra y Altier, 2011).

Las enfermedades de las plantas resultan de complejas interacciones entre tres factores que son determinantes para el desarrollo de las mismas, siendo estos el hospedante, el patógeno y el ambiente. El hospedante (planta cultivada) es la principal fuente nutricional de los patógenos. Los parásitos son, nutricionalmente, dependientes del hospedante y sus poblaciones están en función de la disponibilidad de alimento y del ambiente que actúa como un catalizador de los procesos biológicos de reproducción. Los patógenos están representados por el agente causal de enfermedades, pudiendo ser hongos, bacterias, nemátodos y virus. El ambiente representa un conjunto de factores edafo-climáticos que involucran al patógeno y al hospedante, como por ejemplo la temperatura ambiente, humedad, pH del suelo, contenido de materia orgánica y fertilidad. La combinación en el tiempo y en el espacio de estos tres elementos determina la ocurrencia o ausencia de una enfermedad, su intensidad y las pérdidas económicas en la producción (Figura No. 3, Coscolla 1980, Agrios 1995, Reis et al. 2002, Gepp 2010, He et al. 2016).



Figura No. 3. Triángulo de las interacciones de los componentes de las enfermedades (Fuente: Agrios, 1995).

La serie de fases o eventos sucesivos que conducen a la ocurrencia de la enfermedad, o forman parte de su desarrollo, constituyen un ciclo, en el cual cada una de las diferentes fases presenta características propias y tienen función definida. Algunas de sus partes coinciden con partes del ciclo vital del patógeno. Sin embargo, hay que tener siempre en cuenta que la enfermedad es parte integrante del ciclo de las relaciones patógeno-hospedero, mientras que, solo accidentalmente figura como parte del ciclo biológico o ciclo vital de hongos patogénicos (Galli y Carvalho, 2010).

El ciclo de la enfermedad involucra cambios en la planta y sus síntomas, así como en el patógeno, e involucra períodos dentro de la estación del cultivo y también de una estación a otra del mismo (Agrios, 1995). Las etapas que se suceden en el ciclo de la enfermedad son: inoculación, penetración, infección, incubación, invasión/colonización, reproducción, dispersión y sobrevivencia.

La inestabilidad de la productividad de los cultivos agrícolas, en la mayoría de las veces, está relacionada con las condiciones climáticas favorables para la ocurrencia de las enfermedades (Reis et al., 2002). Casi todos los patógenos de plantas son activos en condiciones de alta humedad provocadas por lluvias continuas o intermitentes durante varios días (Mehta, 2014). En lo que respecta al patógeno para el desarrollo de una epidemia importante, el mismo debe ser virulento y agresivo, que exista un potencial de inóculo importante y que además posea alta capacidad de reproducirse y diseminarse eficientemente (Gepp, 2012). La patogenicidad puede definirse como la alteración que ocasiona un parásito sobre una o varias de las funciones esenciales de la planta, donde con frecuencia el parásito tiene una importante función (Carvalho, 2010).

2.4. PATÓGENOS DEL TRIGO Y SU CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Existen diversos microorganismos que causan enfermedades en los cereales de invierno, incluyendo hongos, bacterias, fitoplasmas, virus y nemátodos. Los distintos tipos de patógenos, de acuerdo a las funciones metabólicas de la planta que alteran y a su forma de acción, están asociados a síntomas particulares que pueden facilitar el diagnóstico de la enfermedad (Agrios, 1995). Los hongos patógenos tienen un efecto destructivo en la provisión de alimentos y provocan daños por miles de millones de dólares cada año en los cultivos de cereales (Audesirk et al., 2003), por lo que a continuación se presentan algunas de sus características principales.

Los hongos son organismos con células eucarióticas, heterótrofos, donde el cuerpo está compuesto de hifas filamentosas formando un micelio, con pared celular de quitina que envuelve las células micóticas. Los mismos se pueden clasificar de acuerdo con sus patrones de reproducción (Alexander et al., 1992). Los hongos se reproducen de formas variadas y complejas. La reproducción sexual se lleva a cabo ya sea por fragmentación del micelio o por formación de esporas asexuales. Las esporas sexuales se forman una vez que los núcleos haploides se fusionan para formar un cigoto diploide, que sufre meiosis para formar esporas sexuales haploides. Las esporas, tanto asexuales como sexuales, producen micelios haploides por mitosis (Audesirk et al., 2003). Estos patógenos atacan a las plantas a través de su acción mecánica directa sobre los tejidos, de enzimas que degradan la pared celular y protoplasto, y de toxinas que afectan a las células vegetales. En general, los síntomas asociados son necrosis y/o clorosis localizada o general, o muerte de los tejidos vegetales que infectan. Tal es el caso de las manchas foliares, marchitamientos y podredumbres de raíces y órganos subterráneos. La infección por hongos biotróficos (patógenos obligados) como los causantes de roya y oídio, se manifiesta por la observación directa de las estructuras reproductivas de los patógenos, que son los signos de la enfermedad (pústulas, polvillo, Pereyra y Altier, 2011).

Los patógenos de cultivos extensivos pueden ser agrupados en dos grupos de microorganismos por sus habilidades de supervivencia diferencial (Cuadro No. 1). Por un lado, se encuentran los patógenos con capacidad de sobrevivir asociados a los rastros de cultivos susceptibles, y por otro lado aquellos microorganismos que carecen de dicha habilidad. El primer grupo está integrado en su mayoría por microorganismos necrótrofos (o heminecrótrofos), mientras que el segundo grupo es integrado por microorganismos biótrofos (Reis et al. 2002, Pérez et al. 2009).

Cuadro No.1. Clasificación de los patógenos de trigo de importancia en Uruguay, según sus hábitos alimenticios.

Patógenos	
Biótrofos	Necrótrofos
<i>Puccinia triticina</i>	<i>Drechslera tritici-repentis</i>
<i>Blumeria graminis</i> f sp. <i>Tritici</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
<i>Puccinia graminis</i> f sp. <i>tritici</i>	<i>Zymoseptoria tritici</i>
<i>Ustilago tritici</i>	<i>Septoria nodorum</i>
<i>Tilletia caries</i>	<i>Fusarium</i> spp.

Fuente: modificado a partir de Pereyra et al. (2005).

Los patógenos biótrofos son microorganismos que tienen una sola fase en su ciclo de vida, la parasítica. Son parásitos obligados y dependen de la planta viva para nutrirse, de donde extraen sus nutrientes y se alimentan. No sobreviven sin su hospedero vivo, por lo tanto la única forma de sobrevivir entre zafras localmente es sobre hospederos alternativos vivos capaces de albergarlos o sobre plantas voluntarias guachas (Stewart et al., 2004). Vale aclarar que existen excepciones, como los oídios, que pese a ser biótrofos, tienen la capacidad de sobrevivir en los rastrojos bajo forma de cleistotecios.¹

Los necrótrofos, por otra parte, son aquellos que utilizan tejidos muertos como fuente de nutrientes. De una forma práctica podría decirse que son saprófitas en plantas vivas. Esto significa que primero provocan la muerte de pequeñas áreas de la hoja, por acción de toxinas y/o enzimas, pasando a extraer los nutrientes de las áreas necrosadas. Después de la cosecha continúan extrayendo nutrientes, saprofíticamente, de los restos de cultivo (Pérez, 1998). Estos se pueden dividir en dos grandes grupos: aquellos enteramente dependientes del rastrojo para sobrevivir entre zafras, y aquellos parcialmente dependientes del rastrojo que forman estructuras de supervivencia, como por ejemplo esclerotos (Cook et al., citados por Stewart et al., 2004).

Como característica general, los agentes causales de manchas foliares (hongos y bacterias) tienen la capacidad de sobrevivir en el rastrojo. Normalmente tienen escasa capacidad de competencia microbiana y no son capaces de colonizar nuevos sustratos, pero si son muy eficientes sobreviviendo en el rastrojo del cultivo que colonizaron en su fase parasítica. Esta escasa capacidad de competir por nuevos sustratos frente a otros microorganismos, determina que una vez que el rastrojo del cual se están alimentando se descompone completamente, estos organismos mueren por inanición (Pérez 2004, Stewart et al. 2004).

¹Pérez, C. 2014. Com. personal.

2.5. MANCHA AMARILLA DEL TRIGO

La mancha foliar del trigo y de otras gramíneas comúnmente llamada mancha parda, bronceada o amarilla es causada por el hongo *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem (Raymond et al. 1985, Perelló et al. 2002, Ronis y Semaskien 2006, Bankina y Priekule 2011, Cotuna et al. 2013, Mehta 2014, Harvey et al. 2015).

El ataque de este patógeno necrótrofo se ha incrementado significativamente en los últimos años, especialmente debido al proceso de cambio climático que se está dando en el mundo combinado con la agricultura conservacionista (retención de residuos de cosecha en el suelo, reducción del laboreo y rotación de cultivos), por lo que se hace imperativo desarrollar nuevas estrategias para el control del mismo (Patel et al. 2012, Bankina et al. 2014, Cotuna et al. 2015).

2.5.1. Organismo causal

El agente causal de la enfermedad es un hongo necrótrofo que como tal provoca manchas cloróticas y necróticas en los tejidos foliares en trigo (Alberione et al., 2011a).

El hongo se propaga asexualmente por conidios y sexualmente por ascosporas. Los conidióforos, que surgen solos o en grupos de 2-3, emergen a través de estomas o entre células epidérmicas. Son solitarios, erectos, rectos o ligeramente curvados, con una base hinchada. Presentan una coloración media pálida a marrón, son lisos, usualmente miden hasta 250µm y dan lugar a conidios. Los mismos son hialinos, cilíndricos, solitarios, rectos o ligeramente curvados, redondeados en el ápice, con un segmento basal distintivo y característicamente cónico o con forma de cabeza de serpiente (Figura No. 4). Poseen una pared delgada con 1 a 9 septas y son multinucleados. Los pseudotecios de *Pyrenophora tritici-repentis* son de color marrón oscuro, esféricos a sub esféricos, lisos, de 400 a 500µm de diámetro (Figura No. 5). Las dimensiones de las ascas varían generalmente entre 170 a 251µm por 43 a 50µm. Por otra parte, las ascosporas son marrones, con tres septas transversales, multinucleadas y van desde ovales a globosas, midiendo generalmente entre 47 y 65µm de longitud y entre 20 y 26µm de ancho (Figura No. 6, Bankina y Priekule 2011, Moreno et al. 2012, Mehta 2014, Cotuna et al. 2015).

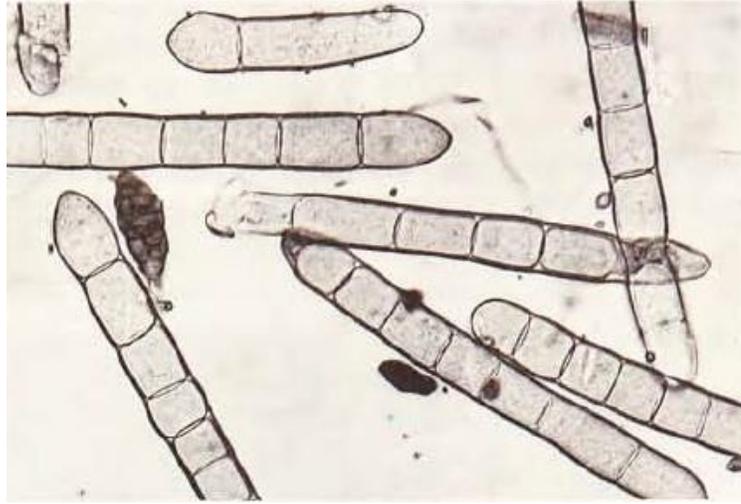


Figura No. 4. Conidios de *Drechslera tritici-repentis* (Fuente: adaptado de Hosford por Díaz de Ackermann, 1992).



Figura No. 5. Pseudotecios de *Pyrenophora tritici-repentis* sobre rastrojo de trigo (a), y detalle de pseudotecio (b) (Fuente: Bankina y Priekule, 2011).

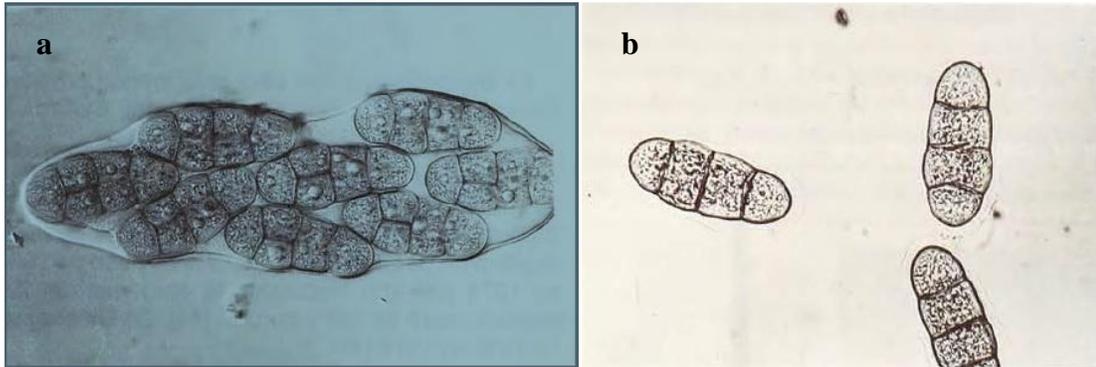


Figura No. 6. Fotografía de ascosporas dentro el asca (a), y ascosporas de *Pyrenophora tritici-repentis* fuera del asca (b) (Fuente: adaptado de Hosford por Díaz de Ackermann, 1992).

2.5.2. Importancia económica

La comúnmente llamada mancha amarilla, fue descrita por primera vez en el año 1823 (Hosford, 1982) y desde ese momento se convirtió en una potencial enfermedad destructiva alrededor del mundo (De Wolf et al. 1998, Ciuffetti et al. 2014). Las pérdidas atribuidas a esta enfermedad, bajo epidemias severas, variaron entre 20 y 70% para rendimiento en grano, presumiblemente debido a una reducción en el tamaño de grano (Sharp et al., Rees et al., Rees et al., citados por Raymond et al. 1985, Shabeer y Bockus 1988).

Sharp et al., Rees et al., citados por Shabeer y Bockus (1988), reportaron pérdidas de rendimiento en grano de entre 20 y 50% respectivamente para esta enfermedad en diferentes localidades. Las pérdidas de rendimiento varían según el estado fisiológico en el que se encuentre el cultivo, un desarrollo de la epidemia en las primeras etapas del cultivo puede significar mermas de rendimiento cercanas al 13%, mientras que en etapas tardías puede significar un 35%, dando una pérdida total de un 48%.

En Lituania, Ronis y Semaškienė (2006) atribuyeron pérdidas de rendimiento de un 50% o más para esta enfermedad, mientras que en otro ensayo Ronis et al. (2009), observaron una reducción del 69% en el peso de mil granos con una severidad de mancha amarilla de media a alta. Por otra parte, Paraschivu et al. (2010), señalan que las pérdidas en Rumania, fluctuaron entre 3 y 50%.

En cuanto a la enfermedad en la región del cono Sur de América, Kohli (1996) indica que comienza a adquirir importancia a partir de comienzos de la década de 1980 y que el nivel de pérdidas ocasionado en lotes de producción en Paraguay y Argentina a principios de la década del 90 habría fluctuado entre 20 y 70%.

Las primeras referencias sobre la ocurrencia de esta enfermedad en Argentina son de mediados del año 1984 y corresponden al área centro-norte de la provincia de Buenos Aires (Annone, 2001). En ensayos conducidos en esa región productora de trigo se estimaron pérdidas que fluctuaron entre 10 y 20% (Annone et al., citados por Díaz de Ackermann, 2011). A su vez, Pérez Fernández, citado por Díaz de Ackermann (2011), menciona reducciones del rendimiento en grano provocadas por mancha amarilla del orden de 20-50% dependiendo del daño de los tejidos fotosintéticos, y además una importante reducción del peso de mil granos.

En Brasil, los daños asignados a esta enfermedad, por Ranzi y Forcelini (2013), alcanzaron porcentajes de hasta 80% de rendimiento en grano, coincidiendo con datos proporcionados por Baldiga et al. (2013) y con Tormen et al. (2013) que además señalan que la mancha amarilla, más allá de ser de ocurrencia mundial, es una de las principales enfermedades que causan pérdidas significativas en los cultivos de la región sur de su país, donde el clima en primavera es bastante favorable para su desarrollo.

En Uruguay, Díaz de Ackermann y Kohli, citados por Díaz de Ackermann (2011), reportaron la ocurrencia de importantes niveles de intensidad de síntomas en el norte del país en los años 1990 y 1991. Desde esos años a la fecha, con excepción del año 1992, ha sido la mancha predominante al norte del país y en los sistemas de producción que incluyen trigo sembrado sobre rastrojo de trigo. Esta situación diferente con respecto a otras manchas foliares, ha permitido en los últimos años caracterizar los cultivares según su comportamiento a *P. tritici-repentis*. Las mermas en ensayos de fungicidas desde 1998 hasta 2009 fueron en promedio de 32% en un rango de 3-84%. Germán et al. (2014), indican que las máximas pérdidas porcentuales por mancha amarilla en Uruguay fueron de 84% para rendimiento, 12% para peso de grano y 2% para peso hectolítrico, en condiciones sobre rastrojo de trigo infectado y estimaron un costo por aplicación de fungicidas de 45U\$\$/ha promedio.

En síntesis, la distribución de la enfermedad se restringe a zonas trigueras templadas y húmedas y las pérdidas de rendimiento oscilan entre 3 y 84% (Díaz de Ackermann, 2011).

2.5.3. Síntomas

El hongo produce dos síntomas distintos, necrosis y clorosis, en genotipos de trigo susceptibles. Estos síntomas son el resultado de la producción de múltiples toxinas selectivas para el huésped. Hasta la fecha se han identificado ocho razas de *Pyrenophora tritici-repentis*, basándose en su capacidad para causar necrosis y/o clorosis en un conjunto de huéspedes diferenciales de trigo (Antoni et al. 2010, Moreno et al. 2012, Moffat et al. 2014, Cotuna et al. 2015). Bankina y Priekule (2011) afirman que el tipo, forma y tamaño de las manchas dependerán, además de los factores ambientales, de las reacciones de las variedades de trigo a la infección y a los distintos biotipos. Esta información concuerda con la dispuesta por De Wolf et al. (1998), quienes además

señalan que para algunos huéspedes, hasta puede haber ausencia de alguno o de los dos síntomas.

Los síntomas típicos de la enfermedad se caracterizan por lesiones de forma ovalada a diamante que luego se alargan y desarrollan un color tostado con un halo clorótico y un sitio de infección marrón pequeño. Las primeras lesiones aparecen como pequeñas manchas (0,7-4,0mm por 0,5-1mm), 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 (Figura No. 7). Las manchas se expanden con el tiempo, formando lesiones necróticas, con un margen de color amarillo de tejido clorótico. A medida que las lesiones se unen, se producen grandes áreas de tejido muerto, y aquellas hojas severamente enfermas finalmente se marchitan y mueren prematuramente (Shabeer y Bockus 1988, Platz 2010, Bankina y Priekule 2011, Mehta 2014).



Figura No. 7. Síntoma de mancha amarilla causada por *Pyrenophora tritici repentis* (Fuente: Pérez, 2003)

Al momento de la cosecha, se pueden observar las estructuras sexuales del patógeno (pseudotecios) especialmente en los tallos y en ocasiones en la semilla infectada, que también dependerá de la susceptibilidad del genotipo al patógeno (Mehta, 2014).

2.5.4. Ciclo de la enfermedad

2.5.4.1. Fuentes de inóculo

Las semillas, el rastrojo de trigo y los hospederos secundarios son la principal fuente de inóculo de la mancha amarilla (De Wolf et al. 1998, Platz 2010, Moreno et al. 2012, Cotuna et al. 2013, Mehta 2014, Bankina et al. 2014)

Carmona et al. (1999), señalan que para el caso de *Drechslera tritici-repentis*, el patógeno se aloja dentro del pericarpio, como micelio y la transmisión a la plántula no es sistémica. El coleóptile es infectado externamente por crecimiento de la hifa desde el pericarpio (Alberione et al., 2011). Annone y García (2004), aseguran que las esporas de origen asexual, también pueden ser transferidas a nuevos cultivos por medio de la semilla.

En ausencia del cultivo de trigo, el hongo sobrevive como micelio, conidios y pseudotecios en los restos de los cultivos infectados. El rastrojo infestado suele producir una severidad significativa de la enfermedad en la emergencia de las hojas y en etapas posteriores de crecimiento debido a infecciones secundarias y es considerado por varios autores como la principal fuente de inóculo (Francl 1997, Paraschivu et al. 2010, Platz 2010, Moreno et al. 2012, Cotuna et al. 2013, Bankina et al. 2014)

Drechslera tritici-repentis se ha reportado ocurriendo naturalmente en otros países sobre 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* (Krupinsky 1982, Díaz de Ackermann 1992, Carmona et al. 1999), de los cuales 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 (Díaz de Ackermann, 2011).

2.5.4.2. Ciclo de la enfermedad y condiciones ambientales predisponentes para el desarrollo de la misma

El ciclo primario de la enfermedad en el trigo es iniciado por las ascosporas y los conidios, que se generaron sobre las distintas fuentes de inóculo que permitieron la supervivencia del patógeno en los períodos en los cuales el cultivo de trigo estuvo ausente. El ciclo secundario de la enfermedad comienza con la producción de conidios en las lesiones primarias y avanza cuando los mismos se liberan con éxito, y se dispersan y reinfectan el cultivo. El ciclo secundario se repite bajo condiciones ambientales favorables hasta la madurez fisiológica del huésped (Francl 1997, Mehta 2014). Las ascosporas se expulsan desde los pseudotecios, infectando principalmente las hojas inferiores, mientras que los conidios se sitúan en la corriente de aire por conidióforos elevados sobre tejidos foliares enfermos infectando las hojas superiores (Figura No. 8, Ronis y Semaskiene 2006, Platz 2010, Cotuna et al. 2015).

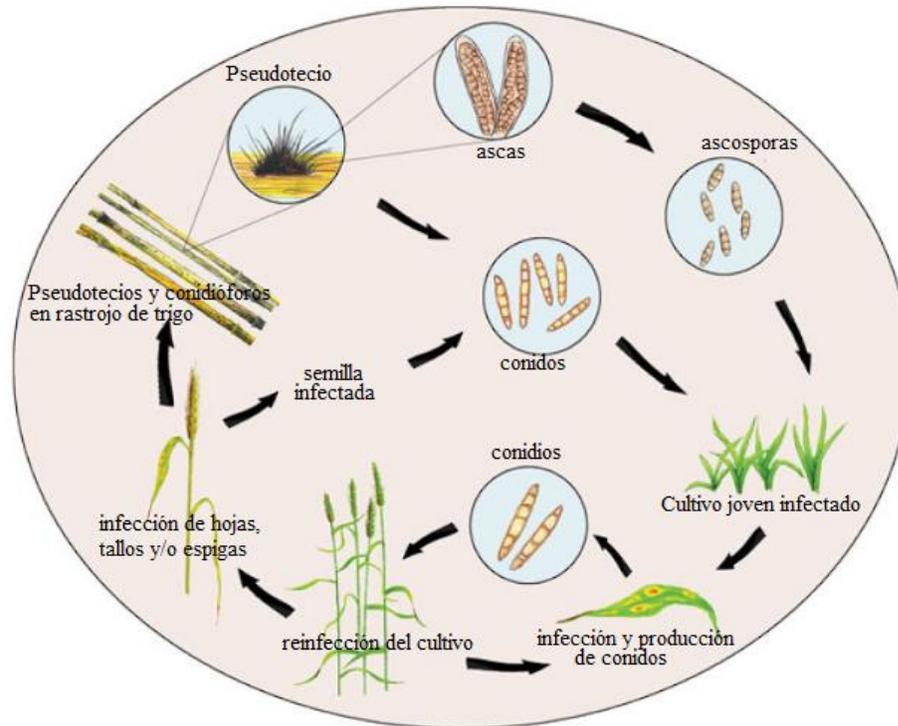


Figura No. 8. Ciclo de *Pyrenophora tritici-repentis* (Fuente: adaptado de Díaz de Ackermann, 1992).

Las condiciones favorables para la dispersión y la infección de *Pyrenophora tritici-repentis* se dan con temperaturas de entre 10 a 30°C y períodos de mojado de entre 6 a 48h. 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. Vientos suaves de hasta 2m/s son suficientes para causar una dispersión total de los conidios producidos (Ronis y Semaškienè 2006, Paraschivu et al. 2010, Platz 2010, Díaz de Ackermann 2011, Moreno et al. 2012, Cotuna et al. 2015, Ranzi et al. 2015).

La infección está relacionada a la duración del período de mojado de los tejidos verdes de la hoja y a la reacción del huésped. El conidio germina formando un tubo germinativo y apresorio el cual crece con el incremento del período de mojado y la temperatura. El crecimiento se detiene con la finalización del período de mojado y luego se forma una vesícula en la célula epidérmica penetrada. Una hifa secundaria crece desde la vesícula hacia los espacios intercelulares del mesófilo. El micelio se expande en el mesófilo y la lesión se desarrolla según la duración del período de mojado y se restringe en ancho por la nervadura central (Platz, 2010).

2.6. MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Existe en general una tendencia hacia la búsqueda de la medida que controle a los patógenos, evitando totalmente su acción nociva sobre el cultivo. Sin embargo, esta idea es casi siempre una ilusión, una situación de utopía que no se cumple en la realidad. Una sola medida raramente es suficiente para controlar una enfermedad, y si lo es, generalmente implica una intensidad de su aplicación que no es económicamente factible (Pérez y Gepp, 2013). Es por esto que cada vez más los productores apuestan a manejar los sistemas con un enfoque integrador, apuntando al despliegue de estrategias y tácticas orientadas a regular los patosistemas a niveles compatibles con la rentabilidad de la empresa agropecuaria, en el cual cada uno de sus componentes es amigable con el ambiente, compatible con los objetivos del usuario y el impacto negativo por su aplicación, si es que lo tiene, es mínimo comparado con los beneficios que presenta (Annone 2011, Mehta 2014, He et al. 2016).

Al respecto, Kohli (1996) señala que utilizado de una forma eficiente, el manejo integrado es la mejor alternativa para reducir los daños causados por las enfermedades de trigo en una manera económica y duradera.

2.6.1. Componentes del manejo integrado

2.6.1.1. Resistencia genética

Es evidente que para el manejo integrado de enfermedades, el uso de cultivares resistentes juega un papel muy importante, representando un potencial significativo para reducir la gravedad de la enfermedad y la necesidad de tratamientos con fungicidas foliares. Sin embargo, el nivel de resistencia de los cultivares de trigo utilizados a nivel comercial es relativamente bajo (Stewart et al. 2001, Perelló y Dal Bello 2011, Pereyra y Germán 2012, Jorgensen et al. 2014, Mehta 2014).

Se puede considerar a la resistencia genética como una reacción de defensa del hospedero, resultante de la suma de factores que tienden a disminuir y/o enlentecer la patogenicidad y desarrollo del agente causal, una vez establecido el contacto con el mismo. Se da a través de mecanismos morfológicos y fisiológicos de las plantas, y se mide como la reducción de síntomas en relación a un material susceptible (Carmona 2008, Daly, citado por Pereyra y Altier 2011, Bergamin y Kimati 2012).

La incorporación de genes de resistencia ha sido muy exitosa para algunas enfermedades biotróficas tales como las royas en los cereales de invierno (Carmona, 2008). Por otro lado, al analizar los patosistemas con agentes causantes necrotróficos que causan pudriciones de raíz y manchas foliares, se observa claramente que la obtención de variedades resistentes ha sido difícil y en muy pocos casos se ha logrado éxito (Carmona, 2003b). Sin embargo para el caso de la mancha amarilla existen

cultivares que sin ser inmunes, presentan menor susceptibilidad, mejor comportamiento y que deberían seleccionarse para su siembra (Annone, citado por Carmona, 2003b).

Los patógenos presentan mecanismos de variabilidad que les permiten alterar sus patrones de agresividad y virulencia frente a sus hospedantes. Los mecanismos básicos de variabilidad son: hibridación, a través de la ocurrencia de reproducción sexual en el ciclo de vida del patógeno; parasexualidad, proceso por el cual pueden ocurrir recombinaciones genéticas durante divisiones mitóticas; y mutación espontánea. Esto genera la ocurrencia de biotipos diferentes o razas fisiológicas dentro de una misma especie patógena (Agrios, 1995).

La resistencia o susceptibilidad de las plantas se presume que es determinada después de un intercambio secuencial de señales entre el patógeno y el hospedero (Knogge, 1996). *Pyrenophora tritici-repentis* produce al menos tres toxinas selectivas para el huésped denominadas tox. A, tox. B y tox. C que interactúan de manera muy específica con la planta huésped, llevando al desarrollo de dos síntomas foliares distintos: necrosis (tox. A) y clorosis (tox. B y tox. C). La tox. A es la que causa el daño más grave y está presente en la mayoría de las razas distribuidas por el mundo. El tipo de síntoma depende tanto de las toxinas producidas por una raza en particular, como de los genes de susceptibilidad presentes en el huésped de trigo infectado. El reconocimiento de una de estas toxinas por los genes de sensibilidad del huésped conduce a una interacción compatible. Si el patógeno no produce la toxina, o si el huésped no posee el gen de sensibilidad correspondiente, se produce una interacción incompatible que resulta en resistencia (Moffat et al. 2014, Kariyawasam et al. 2016).

Este escenario contrasta con el modelo clásico de gen por gen donde la resistencia se produce al reconocer el huésped un producto génico de avirulencia, esta interacción se conoce como inmunidad desencadenada por la toxina. Por lo tanto, la resistencia en los sistemas que implican hongos necrotrofos es generalmente recesiva y en gran parte debido a la ausencia de reconocimiento de la toxina por parte del huésped. Sin embargo, múltiples interacciones toxina huésped están normalmente presentes en un sistema dado y sus efectos son en su mayoría aditivos (Moffat et al. 2014, Kariyawasam et al. 2016).

Se considera que la resistencia a un patógeno es duradera cuando un cultivar que la posee no es en gran medida afectado, cuando este es cultivado durante un período prolongado de tiempo. En general, los cambios en el comportamiento de cultivares frente a las manchas foliares son paulatinos y permiten su caracterización gradual hacia mayor susceptibilidad de un año a otro (Viljanen et al. 2010, Pereyra y Germán 2012).

Kohli (1996), señala que la diversificación varietal entre campos ayuda a disminuir el desarrollo de una epidemia permitiendo un seguro en el sentido que es altamente improbable que una nueva virulencia pueda atacar a todas las variedades al mismo tiempo, y que el uso de variedades resistentes puede ser un factor muy

importante en el caso de la siembra sobre rastrojos de la misma especie donde la cantidad de inóculo inicial es muy importante.

2.6.1.2. Prácticas culturales

Casanello (2010), define al control cultural como las actividades humanas que involucran modificaciones a prácticas o labores del cultivo tendientes 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 aún hoy ofrece un inmenso potencial para el futuro.

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.

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

Rotación de cultivos

Para el caso de patógenos necrótrofos evitar situaciones con alta presión de inóculo continua siendo una de las medidas de manejo de mayor impacto para minimizar la interferencia de las enfermedades sobre la producción (Pérez et al., 2011). La rotación de cultivos es una de las tecnologías más antiguas disponibles para reducir los brotes epidémicos al reducir el número de ascosporas en los residuos de trigo en regiones donde las ascosporas son inóculo importante al inicio de la estación (Simón et al., 2011). Un diseño apropiado de la secuencia de cultivos debe contemplar un tiempo suficiente entre cultivos susceptibles para que las poblaciones de los patógenos que sobreviven en el rastrojo o en el suelo declinen. 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 (Pereyra y Altier, 2011). En los sistemas de siembra directa, la mineralización de los residuos de los cultivos es lenta. En Brasil se requieren entre 14 y 16 meses, pero aproximadamente entre 18 y 32 meses en Argentina y Uruguay debido a temperaturas medias más bajas que en Brasil (Simón et al., 2011).

La rotación de cultivos implica alternar diferentes especies de plantas en un período de tiempo dado dentro de la misma área de cultivo. El objetivo debe ser retener la mayor parte de los residuos en la superficie y mantener las enfermedades por debajo

del umbral de daño económico ya que el control total será difícil de obtener en las situaciones de cero laboreo y no será necesario o rentable. 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, Casanello 2010, Díaz de Ackermann 2011, Mehta 2014, Cotuna et al. 2015).

Esta práctica aprovecha el hecho de que los patógenos de las plantas que son específicos de un cultivo no pueden causar problemas de enfermedad en otro y a su vez permite tiempo para la descomposición del residuo sobre el cual los patógenos sobreviven permitiendo su control, dado que la mayoría de los hongos necrotróficos de trigo no tienen propágulos resistentes y su habilidad competitiva en la fase saprofitica es pobre. 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 2011, Mehta 2014, Awasthi 2015).

A pesar de las múltiples ventajas que proporciona la rotación de cultivos, muy pocos agricultores la utilizan hoy en día. Existen varias razones, entre ellas la falta de orientación adecuada, la falta de opciones alternativas invernales rentables, la falta de maquinaria adecuada para la siembra de otros cultivos y la dificultad de comercializar el grano cosechado en el momento adecuado debido a la falta de demanda. Como consecuencia, el uso de algunos cultivos en rotación puede no ser rentable (Mehta 2014, Mazilli et al. 2016).

Tratamiento de semilla

Una gran proporción de patógenos pueden ser transportados por semilla y sobrevivir en ella por largos períodos de tiempo (González, 2011). Así, Neergaard, citado por González (2011), afirma 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. A través de la semilla, los patógenos son llevados a distancias considerables, como de un país a otro en el proceso de comercialización (Carmona, 2008). 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).

Para Reis et al. (2002), el principio de control de los parásitos asociado a las semillas tiene dos fundamentos: producción de semillas libres de patógenos o con baja incidencia y el uso de medidas fitosanitarias que eviten la transmisión del patógeno de la semilla a la plántula. Por lo tanto, la finalidad del control de patógenos asociado a la semilla es evitar la transmisión semilla-plántula protegiendo el potencial genético de la misma y mantener en el cultivo una intensidad de enfermedad por debajo del umbral de daño económico, pudiéndose evitar una aplicación temprana con fungicidas foliares en las primeras etapas del cultivo (González, 2011).

Carmona et al. (1999), Schilder y Bergstrom, citados por Alberione (2011), encontraron para mancha amarilla una eficiencia de transmisión de 65% y una tasa de transmisión de 15,5% respectivamente. Mientras que Carmona et al., citados por González (2011) indican eficiencias de transmisión a plántula en condiciones de campo de 31%.

Un tratamiento de semilla con fungicida se considera 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). De manera general, el tratamiento de semillas solo debe efectuarse cuando el cultivo es realizado en campos donde se practica la rotación de cultivos o en aquellas áreas donde no se cultivó trigo anteriormente (Carmona, 2008). Díaz de Ackermann (2004), afirma que el inóculo que acarrea la semilla a la chacra es capaz de anular o minimizar el efecto de la rotación de cultivos. 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 aspectos epidemiológicos de la enfermedad también son importantes al considerar la efectividad del tratamiento de las semillas. Si el patógeno no sólo es transmitido por la semilla, sino también por el rastrojo y si este está muy infestado con tal patógeno, entonces el tratamiento de las semillas sería de poca o ninguna importancia práctica. En estos casos, el tratamiento de las semillas con fungicidas sólo mejoraría la emergencia y durante algún tiempo la salud general de las plántulas. Otras medidas de control como la rotación de cultivos, las aplicaciones fungicidas foliares y el uso de cultivares resistentes se hacen necesarios (Mehta, 2014).

Para mancha amarilla, Stewart (1995) en conjunto con AUSID, encontró que las máximas eficiencias de control con curasemillas fueron bajas 26-29% y no se tradujeron en aumentos de rendimiento cuando se sembró trigo sobre rastrojo de su misma especie. Carmona et al., citados por González (2011) indican que la mezcla de iprodione y triticonazol fue el tratamiento más efectivo, reduciendo la tasa de transmisión de mancha amarilla 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. En Uruguay, iprodione resulto ser el curasemilla de mayor eficiencia de control para *D. tritici-repentis* (Cuadro No. 2). 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.2. Eficiencia de algunos fungicidas curasemillas para patógenos de trigo y cebada.

Ingrediente activo (Nombre comercial)	<i>D. tritici-repentis</i>	<i>D. teres</i>	<i>B. sorok.</i>	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Ustilago spp.</i>
Carbendazim	-	-	-	***	-
Carbendazim+tiram+iprodi- one (C+T+Rovral)	-	***	***	***	-
Carbendazim+tiram+iprodi- one (Trio 400, Envion Invierno)	-	***	***	***	-
Carbendazim+tiram (C+T,Mix25/25)	-	*	*	***	-
Carboxim+tiram (Vitavax Flo)	*	*	**	*	**
Guazatina+Imazalil	-	**	***	*	-
Iprodione (Rovral)	***	**	***	*	*
Iprodione+triticonazole (Abril+Lcal)		***			
Tebuconazol (Raxil)	*	*	*	*	*
Tebuconazol+Protiocozazol (Pucará)	-	**	**	*	-
Tiabendazol (TBZ)	-	*	*	***	-
Triticonazol (Real)	-	-	-	*	-
Triticonazol+Iprodione (Real+Rovral)	-	**	***	-	-

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

Fuente: Pereyra (2016).

2.6.1.3. Control químico

Dentro del concepto de manejo integrado, el control químico también juega un papel importante. Se basa en el uso de sustancias químicas para matar o inhibir al patógeno en alguna etapa de la patogénesis. La mayoría son fungistáticas y bacteriostáticas, o sea, no matan sino que inhiben el desarrollo del microorganismo (Gepp 2000, Mehta 2014). Los fungicidas eficaces han estado disponibles para el control de enfermedades desde hace 30 años o más y han permitido a la agricultura moderna alcanzar potenciales productivos que de otro modo no habrían sido posibles. Hoy en día se utilizan como una práctica común para controlar enfermedades en el trigo,

representando más del 20% del costo variable de producción, previniendo así epidemias de enfermedades graves (Cook et al. 1999, Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014).

En los casos en que el nivel de resistencia genética no fuera suficiente para evitar pérdidas económicas causadas por las enfermedades, o bien el tratamiento de semillas y las demás prácticas culturales no reduzcan o eliminen el inóculo de los patógenos, el control químico, vía pulverización de los órganos aéreos es una medida rápida de control de emergencia, que puede tener efectos fisiológicos positivos en el cultivo debido a su potente poder de inhibición de los patógenos fúngicos, a pesar de que aumenta el costo de producción y el riesgo de contaminación ambiental (Reis et al. 2002, Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014).

Hay relativamente pocos grupos de ingredientes activos disponibles para el control de las enfermedades predominantes (triazoles, estrobilurinas, morfolinas, SDHI, cloronitrilos), lo que dificulta la implementación de estrategias anti-resistencia (Jorgensen et al., 2014). Para el cultivo de trigo, los dos grupos más utilizados a nivel mundial son el de los triazoles y el de las estrobilurinas. Los triazoles fueron sintetizados en la década del '80 y poseen la capacidad de inhibir procesos relacionados con la síntesis del ergosterol, compuesto involucrado en la formación de la pared celular de los hongos (Kohli 1996, Tormen et al. 2013). Las estrobilurinas son compuestos relacionados a un metabolito secundario del hongo *Strobilurus tenacellus*, y actúan inhibiendo la respiración en un punto determinado (complejo del citocromo bc1), obstaculizando la transferencia de electrones, lo que reduce significativamente la producción de ATP, siendo por su sitio de acción clasificados como inhibidores QoI por sus siglas en inglés (Quinone outside inhibitors, Gepp y Mondino 2002, Patel et al. 2012). Los inhibidores QoI tienen un alto riesgo de evolución de resistencia, ya que son inhibidores de sitio único (FRAC, 2010).

En la mayoría de los países existen problemas de resistencia a fungicidas en la mayoría de los grupos de fungicidas actualmente disponibles (Jorgensen y Thygesen 2006, Jorgensen et al. 2014). El desarrollo de resistencia a cualquier nuevo principio activo es casi inevitable ya que la selección de biotipos resistentes aumenta tan pronto como aumenta la exposición del patógeno al fungicida. Debido al aumento de las normas en materia de seguridad para los operadores, los consumidores y el medio ambiente, es probable que los nuevos ingredientes activos que salgan al mercado tengan modos de acción específicos, lo cual los hará más propensos a seleccionar patógenos con resistencia, y los antiguos productos multisitios desaparezcan. Los costos de desarrollo seguirán aumentando, limitando el número de nuevos ingredientes activos con nuevos modos de acción que se comercializan. Inevitablemente, se prevé que los agricultores tendrán que manejar enfermedades con menos ingredientes activos de los que están actualmente disponibles (Beresford 2010, Jorgensen et al. 2014, Mehta 2014).

El problema de la resistencia de patógenos puede minimizarse cuando se limita la exposición de la población al fungicida, principalmente mediante la reducción del número de aplicaciones por temporada, cuando se mezclan o alternan fungicidas con diferentes modos de acción, y cuando se utilizan correctamente las dosis recomendadas para el control del patógeno (Platz 2010, Tormen et al. 2013, Jorgensen et al. 2014, Migliorini et al. 2015).

Existen diferentes tipos de fungicidas para la aplicación foliar en trigo. Estos pueden ser protectores, que son aquellos que se aplican antes del inicio de la infección y pueden evitarla pero no pueden erradicar la enfermedad una vez que se ha establecido en la planta, o erradicantes que son aquellos que eliminan el hongo después de haber causado infección y curan así la planta. La mayoría de los fungicidas sistémicos se clasifican en este último grupo.

Es importante entender que los fungicidas funcionan mejor aplicados como protectores, y que no son trasladados de hoja en hoja (Cook et al. 1999, Platz 2010, Ranzi y Forcelini 2013, Mehta 2014). Las tres hojas superiores de las plantas de trigo contribuyen aproximadamente al 70-75% del rendimiento, por lo que los fungicidas deben ser aplicados fundamentalmente para prevenir el desarrollo de enfermedades que reducen el potencial de rendimiento al destruir las hojas, aunque a veces también puede ser efectivo el uso de compuestos que limitan la cantidad de tejido afectado al suprimir la enfermedad. El verdadero efecto es mantener el área de hoja verde, y en especial la hoja bandera, que es vital para la acumulación de materia seca responsable del rendimiento (Kohli 1996, Cook et al. 1999, Platz 2010, Viljanen-Rollinson et al. 2010, Schierenbeck et al. 2015). En este sentido Rees y Platz, citados por Platz (2010) demostraron que una infección severa previo a Z31 causó una pérdida de rendimiento de 13% mientras que una infección luego de esta etapa resultó en un 35% de pérdida de rendimiento. Por lo tanto, 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 (Dannenberg 1989, Cook et al. 1999, Astegiano y Villar 2004, Castellarín 2009, Platz 2010, Migliorini et al. 2015).

Actualmente los tratamientos foliares para trigo proveen un nivel de protección moderado a alto a través de un espectro relativamente amplio de fungicidas que incluye compuestos como tebuconazol, flutriafol, fluziazol, propiconazol, procloraz, epoxiconazol + carbendazim, azoxistrobina. En los últimos años, otros compuestos como difenoconazol + propiconazol, metilkresoxim + epoxiconazol, trifloxistrobina + cyproconazol y pyraclostrobina + epoxiconazol se han sumado a las formulaciones fungicidas factibles de utilizar para el tratamiento de la mancha amarilla en Brasil, Argentina y Uruguay (Annone y García 2004, Díaz de Ackermann 2011, Ranzi y Forcelini 2013).

En muchos de los cultivos de granos se han determinado períodos fenológicos 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 agronómico (Carmona, 2008). Fischer, Abbate et al., citados por Carmona (2003a), establecen 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.

La práctica de aplicar fungicidas puede decirse, que ya está incorporada en el cultivo de trigo, y continúa el crecimiento de su uso. Muchas de esas pulverizaciones se están guiando por métodos técnicos de toma de decisión. Un diagnóstico preciso de las enfermedades y una determinación de los umbrales específicos del patógeno son necesarios para desarrollar programas integrados de manejo de enfermedades. Un umbral puede ser una evaluación informal de la enfermedad durante el reconocimiento del cultivo o una evaluación más formalizada de la incidencia o severidad definiendo un umbral para el control, en el que las respuestas del rendimiento están justificadas económicamente (Cuadro No. 3). Desde hace unos pocos años, una de las metodologías creadas fue la de los umbrales de daño económico (Carmona 2003a, 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. Este UDA siempre es menor al UDE y para su cálculo se propone sustraer 5 puntos porcentuales al UDE (Reis et al., 2002).

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

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

IE = intensidad de la enfermedad

Cc = costo del control

Pp = precio de la tonelada de trigo

Cd = coeficiente de daño; y

Ec = eficiencia del control del fungicida usado.

Cuadro No. 3. 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 (2014a).

El resultado de la aplicación del fungicida será exitoso cuando se realiza en el momento adecuado (cuando la incidencia y severidad de una enfermedad alcancen el umbral de daño económico) y con una correcta tecnología de aplicación (Castellarín 2009, Viljanen-Rollinson et al. 2010). El aplicar fungicidas foliares al trigo no garantiza mayores rendimientos. Ante un evento severo de enfermedad aplicaciones en el momento adecuado protegen los rendimientos, haciendo que la inversión valga la pena (Wegulo, 2010).

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 tt/ha⁻¹ para los tratamientos con fungicidas más efectivos para el control de mancha amarilla, siendo estos pyraclostrobin, picoxystrobin, propiconazole y prothioconazole. 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.

Castellarín et al., citados por Castellarín (2009), reportaron tasas de pérdida en rendimiento entre momentos de aplicación, dentro del período crítico del cultivo, de 71 a 78 kg/ha/día. La diferencia de rendimiento entre el testigo sin aplicación foliar de fungicidas y el libre de enfermedad (LE) fue de 698 kg/ha, encontrándose en LE un 17% más de biomasa total en madurez fisiológica y un peso de espigas superior en un 19%, debido principalmente a un mayor número de granos por espiga y peso de los granos.

Por su parte, Alberione et al. (2011) concluyeron que el efecto de los fungicidas resultó en un control eficaz de las enfermedades, traducido a un incremento en el rendimiento del cultivo de 14 a 30% gracias a una mayor área verde sana en el ciclo.

En un experimento para determinar la eficacia de una gama fungicidas para el control de mancha amarilla y su efecto sobre el rendimiento final en grano en Nueva Zelanda, Harvey et al. (2015), 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.

Cabe destacar que la aplicación de fungicidas redujo la gravedad de la mancha amarilla hasta cierto punto, pero ningún tratamiento controló completamente la infección. Ranzi y Forcelini (2013), observaron que la aplicación curativa de fungicidas tiene una acción limitada sobre la expansión de la enfermedad y solo es posible con fungicidas triazoles.

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 salvaguardar la producción a través de los años han sido muy claras. Sin embargo, las preocupaciones relacionadas con éste radican, no solo en el aumento del costo de producción, sino también por 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).

2.7. INFLUENCIA DE DISTINTAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS Y EXPERIENCIAS SOBRE EL CONTROL DE LA MANCHA AMARILLA

2.7.1. Influencia de las prácticas agronómicas (rastraje, rotación, laboreo)

La influencia de las prácticas agronómicas sobre la situación epidemiológica en los campos de trigo depende de la enfermedad dominante en un año determinado, debido a que las peculiaridades del desarrollo de manchas foliares son diferentes. El laboreo, la rotación de cultivos y la gestión de residuos, desempeñan un papel importante en la determinación del riesgo de mancha amarilla, debido a la capacidad del patógeno para sobrevivir en los residuos del cultivo del año anterior, influyendo en el tipo, la cantidad y la ubicación del inóculo (Bankina et al. 2015, Cotuna 2015). La necesidad de integrar las tecnologías agronómicas para minimizar el impacto negativo de un cambio en el sistema de producción de cultivos ha sido ampliamente discutida y recientemente demostrada por Winter et al. (2014).

La persistencia de residuos de trigo en la superficie del suelo reduce la erosión y mejora la capacidad de absorción de agua, pero cambia la disponibilidad y estratificación de nutrientes e incrementa el riesgo de enfermedades como la mancha

amarilla (Díaz de Ackermann 2011, Kirkegaard y Ryan 2014). La cantidad de rastrojo sobre el suelo depende de varios factores como el rendimiento del cultivo que le dio origen, el índice de cosecha del mismo, las condiciones ambientales post-cosecha, el tipo de suelo, entre otras. Mientras que el nivel de infestación del rastrojo depende de la cantidad de enfermedad desarrollada durante la etapa del cultivo (Pérez, 2004). Bockus (1992), Reis et al., citados por Kohli (1996) comprobaron que la incidencia y la severidad de la mancha amarilla están muy relacionadas con la cantidad de residuo dejado sobre la superficie del suelo.

La presencia de rastrojo infestado afecta tres parámetros epidemiológicos de la enfermedad: el momento de inicio, la tasa de desarrollo y la intensidad máxima alcanzada. La severidad de la mancha amarilla está relacionada con la cantidad de inóculo primario (Bankina et al., 2015). Rees et al. citados por Pérez (1998), frente a un rastrojo con igual nivel de infestación, concluyeron que a medida que hubo mayor cantidad de rastrojo, se observaron mayores niveles de severidad en etapas más tempranas del cultivo. Por otro lado, a medida que avanzó el ciclo del cultivo, la cantidad de rastrojo fue perdiendo importancia relativa como fuente de inóculo, al punto que a los diez días de finalizada la floración (Z69), no existieron prácticamente diferencias en la severidad (Figura No. 9). Este fenómeno es explicado por una disminución de la importancia relativa del inóculo primario (ascosporas producidas en el rastrojo) a medida que avanza el ciclo del cultivo, tomando mayor importancia el inóculo secundario (conidios producidos en lesiones foliares).

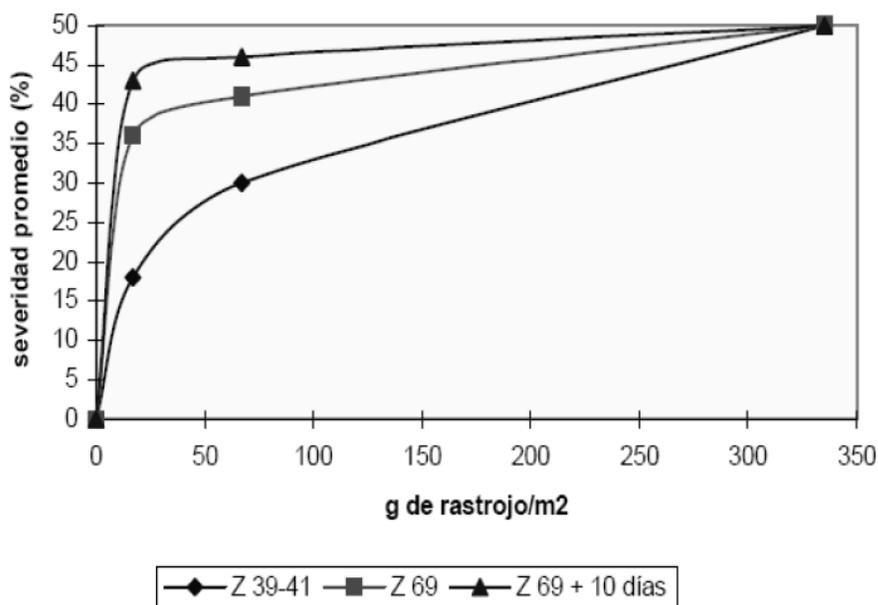


Figura No. 9. Relación entre cantidad de rastrojo de trigo sobre el suelo y severidad de mancha amarilla en el trigo siguiente (Fuente: adaptado de Rees et al. por Pérez, 1998).

A partir de estos resultados se pueden resaltar, también, otros aspectos importantes: con relativamente poca cantidad de rastrojo se alcanzan altos niveles de severidad, si se dan las condiciones favorables (Figura No. 9), y un mismo nivel de severidad a diez días de la floración puede lograrse de maneras diferentes (Pérez, 1998).

En los resultados encontrados por Díaz de Ackermann et al. (1995, Cuadro No. 4), para *B. sorokiniana*, cuando el antecedente fue trigo, se observó mayor presión de inóculo a una menor densidad de rastrojo a la siembra, debido a que el nivel de infección fue mayor, medido como densidad de esporas en rastrojo.

Cuadro No. 4. Componentes de la presión de inóculo de *B. sorokiniana* al momento de la siembra del cultivo de invierno.

Antecedentes	Densidad de rastrojo (g/m²)	Densidad de esporas en rastrojo (esporas/g de rastrojo)	Densidad de esporas por unidad de superficie (esporas/m²)
Trigo	209.2	2200	460420
Trigo	74.0	16317	1207240
Cebada	208.8	16125	3336990

Fuente: adaptado de Díaz de Ackermann et al. (1996).

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. Annone (2001) menciona altos niveles de mancha amarilla (50-60%) en el trigo cultivado bajo siembra directa, en comparación con las situaciones donde los residuos fueron enterrados total o parcialmente (20%). Fernández et al. (2009) concluyeron que *Pyrenophora tritici-repentis* en trigo fue más prevalente bajo siembra directa comparado con laboreo convencional.

Bajo sistemas de siembra directa el inicio de la epidemia de mancha amarilla se produce antes que bajo laboreo convencional y se registran mayores niveles de infección de la enfermedad durante la fase de llenado del grano (Bankina et al. 2015, Cotuna et al. 2015). Esto fue demostrado por Simón et al. (2011), en un ensayo en Argentina, bajo monocultivo, donde el aumento de la enfermedad en parcelas de siembra directa en comparación con las parcelas de laboreo convencional fue mayor a principios de la temporada de crecimiento (Z23) (incremento del 105% en promedio para ambas temporadas) aunque los valores AUDPC también aumentaron significativamente (19% en promedio para ambas temporadas) en siembra directa en comparación con las parcelas convencionales de labranza, probablemente como resultado de mayores niveles de inóculo al inicio del ciclo.

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 esencialmente la gravedad de la mancha amarilla, incluso en siembras de trigo continuas debido a que aumenta la descomposición de los residuos de cultivos, reduciendo el inóculo de hongos (Bankina et al., 2015).

En un experimento realizado por Bockus (1992) en Kansas, la cuantificación de enfermedad fue siempre igual o menor en las parcelas bajo rotación de trigo-sorgo, que aquellas en las se realizó laboreo. Según el autor, rotaciones de un año pueden no ser suficientes para un control significativo de la mancha amarilla en ambientes distintos al del experimento en Kansas. Así Summerell y Burgess, citados por Bockus (1992), reportaron una sobrevivencia del 46% de *P. tritici-repentis* en rastrojo que fue retenido sobre la superficie del suelo por 104 semanas en Australia. Para estas condiciones ellos recomiendan rotaciones de dos a tres años.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Pérez et al. (2009) en un experimento de largo plazo instalado en la E.E.M.A.C. en 1999, donde se obtuvieron los 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. Similares conclusiones fueron publicadas por Fernández et al. (2009) para el control de esta enfermedad. Por otro lado, se demostró que las rotaciones de un año sin cultivo susceptible pueden minimizar el problema, en concordancia con lo encontrado por Duczek et al. (1999), pero el éxito de esta medida es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales reinantes (Pérez et al., 2009).

En otro experimento realizado en Uruguay se estudió el efecto de la rotación en siembra directa con avena, trigo y rastrojo de trigo quemado en los años 1996-1998. Por el hecho de haber introducido la avena en la rotación, la cantidad de mancha amarilla causada por *P. tritici-repentis* disminuyó en un 73% en 1996, 15% en 1997 y 80% en 1998. Si se analizan los tres años conjuntamente, la eficiencia de esta herramienta fue de 64% para trigo (Stewart et al., 2001). Por su parte, Krupinsky et al. (2007), observaron que el número de lesiones se redujo alrededor de un 30% y el porcentaje de necrosis se redujo alrededor del 60% en general cuando el trigo siguió a la canola o la cebada, en comparación con el trigo producido después del trigo.

Mazzilli et al. (2016) demostraron que sembrar trigo después del trigo es claramente una ineficiencia del sistema que podría mejorarse cambiando la secuencia de cultivos. El rendimiento de grano en los campos con trigo después del trigo fue de 560 kg/ha⁻¹ menos que en aquellos con otros cultivos de invierno previos (3309 y 3869 kg/ha⁻¹ respectivamente). 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, existen regulaciones legales que restringen la práctica de laboreo convencional o quema de rastrojo y obligan a que el suelo este cubierto para evitar la erosión (Mazzilli et al., 2016). Por estas razones, un manejo eficiente de los residuos y la rotación de cultivos se hacen esenciales para el control de las manchas foliares, pero también es importante introducir medidas adicionales de control como el uso de fungicidas, el control biológico y la resistencia del huésped como parte de un manejo integrado de la enfermedad (Kohli 1996, Cotuna et al. 2015).

2.7.2. Experiencias en manejo integrado de la mancha amarilla

Existen varias opciones disponibles para el control de mancha amarilla y ninguna parece ser 100% efectiva en sistemas donde el trigo se siembra después de trigo, sin embargo la implementación de varias medidas utilizadas en conjunto minimizará los efectos de la enfermedad (Platz, 2010). En este sentido, para verificar la importancia de integrar medidas de manejo para el control de mancha amarilla en trigo, Jorgensen y Olsen (2007) llevaron a cabo un ensayo en Dinamarca en los años 2003 y 2004, donde evaluaron el impacto de la interacción entre método de laboreo, cultivar y aplicación de fungicida, no encontrando diferencias significativas para esta triple interacción. Simón et al. (2011) en Argentina, tampoco encontraron diferencias significativas cuando evaluaron la interacción entre tipo de laboreo, cultivar, tasa de N y fungicida. En ambos experimentos, se encontraron claras diferencias en cuanto al nivel de enfermedad entre los métodos de laboreo en las evaluaciones realizadas a principios de ciclo, siendo 4-10 veces mayor con laboreo reducido en Z31 en el ensayo de Jorgensen y Olsen (2007), y 2 veces mayor bajo siembra directa en Z23 para el de Simón et al. (2011), en comparación con las parcelas bajo laboreo convencional. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Bankina et al. (2014), donde en siembras de trigo sobre trigo, la infección de mancha amarilla comenzó más temprano en el ciclo y alcanzó un nivel de gravedad más alto.

En cuanto al impacto de los cultivares, Jorgensen y Olsen (2007), hallaron diferencias de rendimiento de 0,5 a 1,0 tt/ha^{-1} entre un cultivar susceptible y un cultivar moderadamente resistente en tratamientos que no recibieron aplicación foliar de fungicidas. Para Mazzilli et al. (2016), en Uruguay, la selección de cultivares en base a su resistencia a septoriosis y mancha amarilla, resultó en una respuesta de 500 kg/ha^{-1} de rendimiento, independientemente del cultivo de invierno anterior, y el impacto aumentó a 700 kg/ha^{-1} cuando el cultivo de invierno anterior fue trigo.

Cuando evaluaron el efecto de los fungicidas como uno de los componentes del manejo integrado, Jorgensen y Olsen (2007), en el año 2003 obtuvieron rendimientos entre 1,7 y 1,8 t/ha^{-1} superiores cuando se aplicó fungicida, comparados con el testigo sin tratar, y en el año 2004, estos aumentos fueron de entre 1,9 y 2,4 t/ha^{-1} . Además observaron que bajo condiciones favorables para un desarrollo severo de mancha amarilla, una estrategia de tres aplicaciones puede ser necesaria, pero en la mayoría de los casos una estrategia de una o dos aplicaciones foliares de fungicida brindaba un control suficiente y el mejor margen sobre costo de fungicida. Simón et al. (2011), mostraron que dos aplicaciones de fungicidas en Z22 y Z39 aumentaron el rendimiento 411 y 501 kg/ha^{-1} en 2002 y 2003, respectivamente. Para Wegulo et al. (2012), en Nebraska, Estados Unidos, la diferencia de rendimiento promedio entre los campos con y sin aplicación de fungicidas foliares fluctuó entre un 12,6% y un 29,4%. Según Bankina et al. (2014), el rendimiento medio adicional en los campos con fungicida alcanzó entre un 9,8 y un 13,5% más en comparación con los campos no recibieron fungicida, y dos aplicaciones no significaron mayor rendimiento que una sola.

2.8. HIPÓTESIS

Para el experimento, la hipótesis a testear fue que las distintas herramientas de manejo se potencian cuando son aplicadas en forma integral.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.), 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. El experimento fue realizado, en el potrero 31 de la estación ($32^{\circ}22'31''$; $58^{\circ}03'30''$), durante los meses de junio a diciembre del año 2015 (Figura No. 10).



Figura No. 10. Ubicación de las parcelas experimentales dentro del potrero 31 en la E.E.M.A.C.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Sobre un cultivar de trigo de comportamiento intermedio a mancha amarilla algarrobo (Cuadro No. 5), se evaluaron en un diseño factorial completo tres factores: rastrojo (con 2 niveles, con y sin rastrojo de trigo en superficie), curasemilla (con 2 niveles, con y sin curasemilla), y aplicación de fungicidas foliares (con 3 niveles, testigo, protegido, y con aplicación estratégica). El ensayo se realizó en parcelas divididas con tres 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 (Cuadro No. 6).

Cuadro No. 5. Características del cultivar de trigo algarrobo.

Características	
Ciclo	Intermedio
Porte vegetativo	Semierecto
Altura (cm)	75-77
Peso de 1000 semillas (g)	36
Macollaje	Medio
Caracterización sanitaria	
Roya de la hoja	IB
Roya del tallo	IA
Mancha amarilla	I
Septoriosis	BI
Fusarium	I-IA

A: alto nivel de infección; I: intermedio nivel de infección; B: bajo nivel de infección.

Fuente: adaptado de Hoffman et al. (2015).

Cuadro No. 6. Detalles de los tratamientos del experimento.

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

Las parcelas se sembraron el 1 de junio del año 2015 con una sembradora experimental Wintersteiger, de 6 hileras con una distancia entre las mismas de 19cm, quedando parcelas definidas de 114cm de ancho por 5m de largo. La densidad de siembra fue de 56 semillas/m lineal para una población objetivo de 40 plantas por metro,

considerando una germinación y pureza de 95% y una implantación del 80%. La semilla utilizada tuvo un PMG de 32g y se necesitaron 1680 semillas/parcela.

Para la siembra de los tratamientos con semilla curada, se procedió al curado de la semilla con el fungicida curasemilla de BASF fluxapyroxad 33% (sistiva) a 75cc de producto y 925cc de agua cada 100kg de semilla. Para el curado de la semilla, se procedió a pesar 2kg de la misma y se colocaron en una bolsa de nylon, donde se le agregaron 1.5cc de sistiva + 18.5cc de agua y se mezcló de manera que todas las semillas quedaron con una buena cobertura del curasemilla. Luego la semilla curada se dejó secar y posteriormente se prepararon 36 sobres de 54g c/u que correspondieron a la cantidad de semilla a sembrar por parcela, de los cuales 18 contenían semilla curada y los otros 18 tenían semilla sin curar. Entre las parcelas mayores se dejó una distancia de 5m, donde se sembró *Avena sativa* para minimizar la diseminación del patógeno entre parcelas mayores. Una vez sembrado el experimento, se le agregó rastrojo de trigo infestado del año anterior a las parcelas mayores correspondientes distribuyéndolo de manera homogénea sobre la superficie, obteniéndose una cobertura de 90%. Este rastrojo pertenecía a un cultivo que había sufrido epidemia de mancha amarilla el año anterior (Anexo No. 1).

El factor fungicida correspondió a tres niveles, un testigo sin aplicación, una aplicación estratégica definida en base a los niveles de enfermedad observados durante el ciclo, cada vez que la incidencia alcanzó 60% o la severidad 5% (tecnológico), y un tercer nivel correspondiente a aplicación de un fungicida foliar desde la aparición de los primeros síntomas y cada 21 días de modo de mantener dicho tratamiento libre de enfermedad (protegido). Hasta inicio de espigazón se utilizó una mezcla de pyraclostrobin 266g/L + epoxiconazole 160g/L (abacus) a una dosis de 500cc/ha, y una mezcla de pyraclostrobin 81g/L + epoxiconazole 50g/L + fluxapyroxad (xemium) 50g/L (xantho) a una dosis de 1,2L/ha y luego de espigazón se utilizó una mezcla demetconazole 27,5g/L + epoxiconazole 37,5g/L (swingplus) a una dosis de 1,2L/ha, para evitar aplicación de estrobilurinas durante el período de susceptibilidad a fusariosis de la espiga (Pereyra y Acosta, 2014b).

3.3. DETERMINACIONES REALIZADAS

El 21 de julio se realizó un conteo de plantas en un metro lineal de dos de los surcos centrales, en estado fenológico Z13. Para realizar el mismo se procedió a colocar 2 estacas a una distancia de un metro, entre dos hileras elegidas por mejor implantación e identificadas, en las cuales se realizó el conteo. Por otra parte, el 2 de setiembre, se cuantificó el número de macollos en esos dos metros lineales identificados en cada parcela, momento en el cual el cultivo se encontraba en el estado Z33.

Para fines de julio se comenzaron a detectar los primeros síntomas de manchas foliares en el cultivo, lo que determinó el inicio de la estimación de severidad e incidencia en las parcelas, realizándose luego cinco lecturas de enfermedades en el resto del ciclo (Cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Calendario de actividades realizadas en el experimento.

Fecha	Estado fenológico	Actividad	Producto y dosis	Tecnológico		Protegido
				Con*	Sin*	
31-jul.	Z24	Lectura 1				
18-ago.		Aplicación	Abacus 500cc/ha			X
20-ago.	Z30	Lectura 2				
28-ago.		Aplicación	Xantho 1200cc/ha	X		X
01-set.	Z33	Lectura 3				
09-set.		Aplicación	Xantho 1200cc/ha		X	X
19-set.	Z55	Lectura 4				
30-set.		Aplicación	Xantho 1200cc/ha			X
06-oct.		Aplicación	Xantho 1200cc/ha	X		
13-oct.	Z69	Lectura 5				
22-oct.		Aplicación	SwingPlus 1200cc/ha			X
30-oct.	Z73	Lectura 6				
11-nov.		Aplicación	SwingPlus 1200cc/ha			X

*Con=con rastrojo: Sin=sin rastrojo

Para cada lectura se tomaron diez plantas al azar por parcela, a las que se le determinó, mediante estimación visual, la severidad de la enfermedad en cada hoja del tallo principal (porcentaje de área foliar afectado por la enfermedad). Para la elección de las mismas, se evitaron los bordes de las parcelas, de forma de evitar contaminaciones provenientes de parcelas vecinas y para que las plantas sean lo más representativas posibles del tratamiento. La severidad de cada parcela se determinó como un promedio de esas diez plantas, mientras que para la incidencia se procedió al cálculo del porcentaje de hojas evaluadas que mostraron síntomas de la enfermedad. Vale aclarar que en las instancias de lectura, se tomaron muestras de las hojas con síntomas y se evaluaron en el laboratorio mediante el método de cámara húmeda para observar a posteriori el signo del hongo y corroborar su identidad.

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 fertilizó a la siembra con 100Kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0) y 100Kg/ha de urea (46-0-0) en el estadio Z31. No se fertilizó en macollaje (Z22), debido a que las precipitaciones en el período siembra-macollaje fueron escasas, y se supuso que el nitrógeno estaba disponible en el suelo.

El control de malezas se realizó con el mismo objetivo, eliminando las mismas para evitar su interferencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se aplicó una

mezcla de aynopirialid 44,38g/L + metsulfuron metil 30g/L (tronador) a una dosis de 13,4g/ha.

Para el control de insectos plaga, se utilizó cebo tóxico dezenur (fipronil 0.003%) para hormigas a fines de agosto y una aplicación de clorpirifos 48% (clorfos) (750 cc/ha) para el control de pulgones, en el mes de octubre.

La cosecha de las parcelas se realizó el 4 de diciembre. Se cosecharon dos metros lineales marcados previamente en cada parcela. Manualmente se cortaron al ras del piso los tallos, para formar mazos a los que se le cuantificaron los componentes del rendimiento por separado al resto de la parcela, la que luego fue cosechada con una cosechadora experimental autopropulsada Wintersteiger. A los mazos cosechados en los dos metros lineales se les determinó el peso de la biomasa total, se les cuantificó el número de espigas, y se trillaron a mano diez espigas representativas para el conteo de número de granos y peso de los mismos. Con estos datos se determinó el número de granos por espiga y el peso de mil granos, además de cuantificar el índice de cosecha. El resto de las espigas de los mazos se trillaron en una trilladora estacionaria en laboratorio para determinar el rendimiento por mazo. En cuanto a la cosecha del resto de la parcela, se procedió al pasaje de la misma por una sopladora en laboratorio, descartando así impurezas y granos chuzos. Luego se les determinó el porcentaje de humedad mediante la utilización de un humidímetro Tesma Plus2 y se pesó el grano total cosechado de cada parcela. Posteriormente se estimó el peso de mil granos mediante el conteo y peso de cien granos, como promedio de realizar tres veces el procedimiento por parcela.

Las variables ambientales (precipitación mensual total, humedad relativa, temperaturas mínima, máxima y media diaria) se registraron en la estación meteorológica de la E.E.M.A.C. situada cerca del experimento.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas con tres repeticiones.

El modelo general utilizado para las distintas variables analizadas fue el siguiente:

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_m + R_i + \Gamma_j + \Psi_k + R_x\Gamma_{ij} + R_x\Psi_{ik} + \Gamma_x\Psi_{jk} + R_x\Gamma_x\Psi_{ijk} + \varepsilon_{mi} + \varepsilon_{jk}$$

i = CON; SIN rastrojo

j = CON; SIN curasemilla

k = TESTIGO; TECNOLÓGICO; PROTEGIDO aplicación de fungicida

m = 1; 2; 3 bloques

μ = media

β = efecto bloque
 R = efecto rastrojo
 Γ = efecto curasemilla
 Ψ = efecto fungicida
 $R \times \Gamma$ = interacción rastrojo x curasemilla
 $R \times \Psi$ = interacción rastrojo x fungicida
 $\Gamma \times \Psi$ = interacción curasemilla x fungicida
 $R \times \Gamma \times \Psi$ = interacción rastrojo x curasemilla x fungicida
 ε_{mi} = error experimental de las parcelas mayores (a)
 ε_{jk} = error experimental de las parcelas menores (b)

Cuando en el análisis de varianza la prueba de F fue significativa ($P \leq 0.05$) la separación de medias de los tratamientos para todas las variables se realizó mediante la prueba de Tukey ($P=0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL AÑO CLIMÁTICO

Para el período de experimentación, las temperaturas medias mensuales fueron relativamente similares al promedio de los últimos años (2002-2014), encontrándose por encima del mismo en los meses de junio a agosto siendo este último el mes que más se diferenció del promedio histórico ya que presentó valores de temperatura media 3°C superiores al mismo (Figura No. 11).

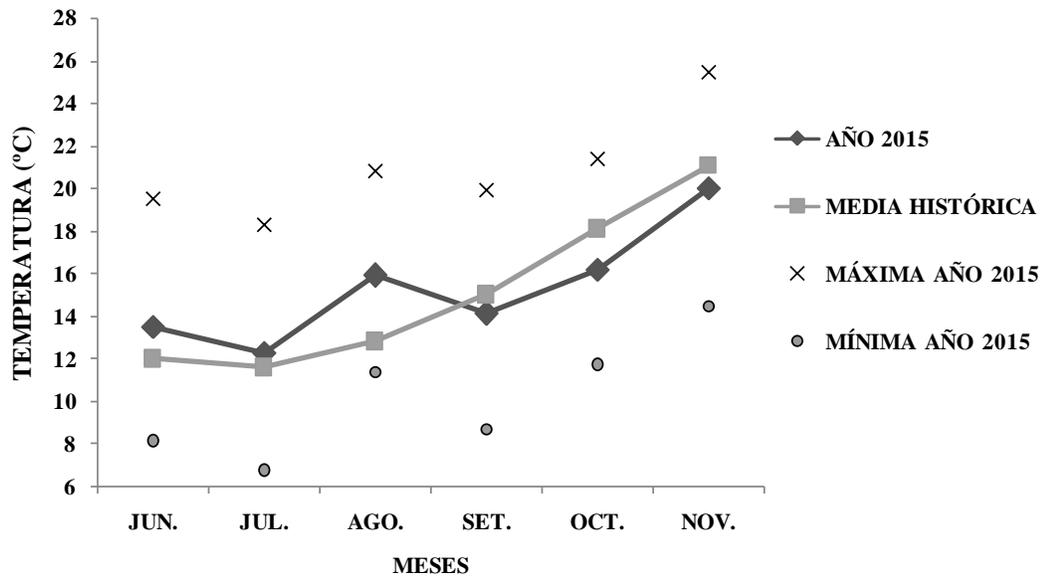


Figura No. 11. Temperaturas medias, máximas y mínimas promedio mensuales durante el período experimental para el año 2015 y promedio de la media histórica (2002-2014) (datos obtenidos de la estación meteorológica de la E.E.M.A.C.).

En cuanto al período de llenado de grano específicamente, a partir de mediados de octubre, las temperaturas fueron inferiores al promedio de los últimos trece años, dándose temperaturas medias de 16,2°C, con mínimas promedio de 11,7°C y máximas de 21,4°C, aunque con ocurrencia de algunos picos de altas temperaturas hacia fin de mes (ver Anexo No. 2).

Con respecto a las lluvias, se presentó un déficit hídrico marcado en los meses de junio y julio, lo que coincidió con las primeras etapas del cultivo, atrasando la emergencia del mismo y perjudicando la implantación (Figura No. 12).

De los escasos 37mm que llovieron en el mes de junio, 34mm llovieron en un solo día y al final del mes, ocurriendo algo similar con el mes de julio, donde se registraron solo 22mm, con una lluvia de 18mm el último día del mes, a pesar de que hubieron más días con precipitaciones comparado con el mes anterior (Figura No. 13).

Por otra parte, en el mes de agosto se registraron precipitaciones abundantes (255mm), con un registro muy por encima del promedio histórico (87mm), y con un elevado número de días con eventos de lluvia.

A partir de setiembre, las precipitaciones fueron menores a la media de los últimos trece años, no siendo limitantes, en el período crítico y llenado de grano del cultivo.

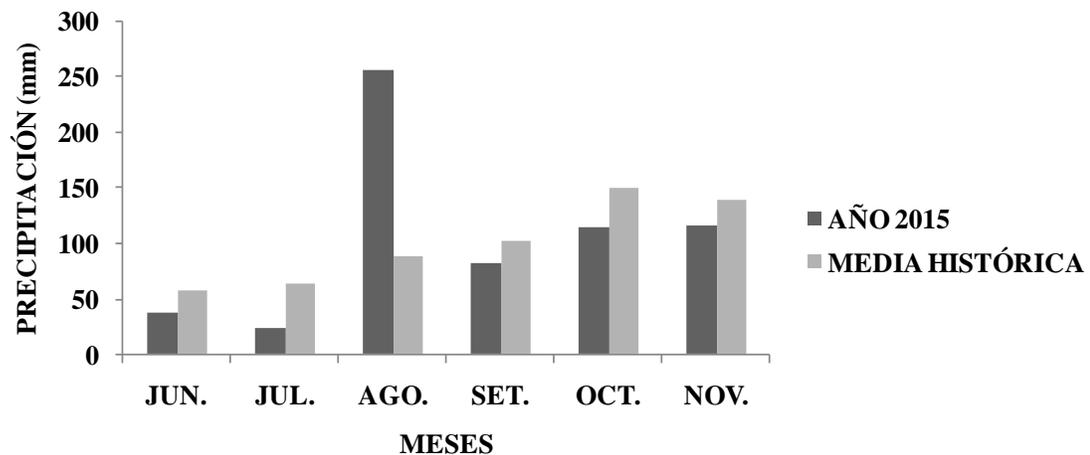


Figura No. 12. Precipitaciones mensuales durante el período experimental para el año 2015 y para el promedio histórico (datos obtenidos de la estación meteorológica de la E.E.M.A.C.).

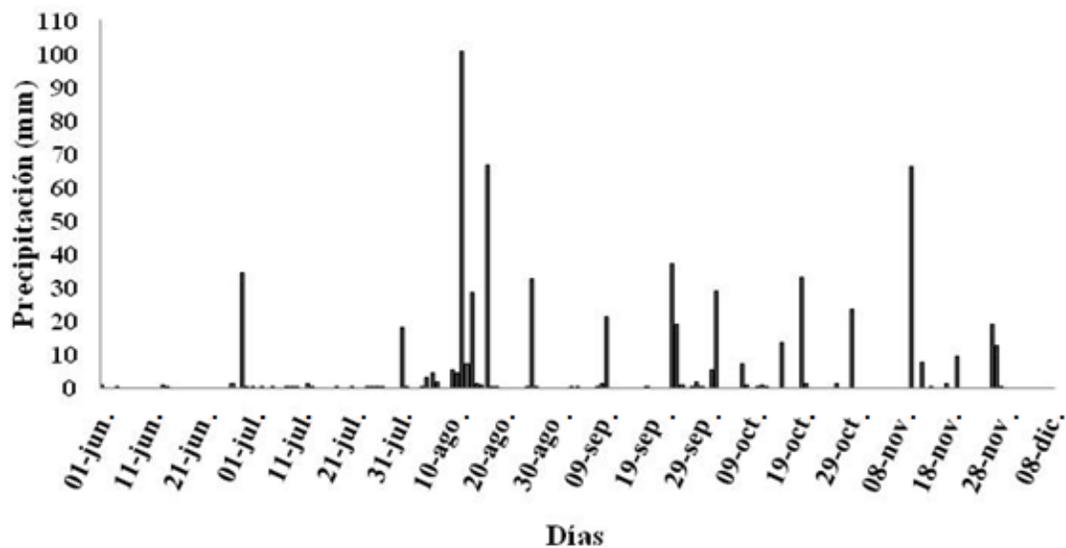


Figura No. 13. Precipitaciones diarias durante el período experimental (datos obtenidos de la estación meteorológica de la E.E.M.A.C.).

En cuanto a la humedad relativa en el período, la misma fue similar a la media histórica de la zona, con una excepción marcada en el mes de junio, donde estuvo muy por debajo de la media histórica, correspondiéndose con la escasez de precipitaciones mencionada para ese mes (Figura No. 14).

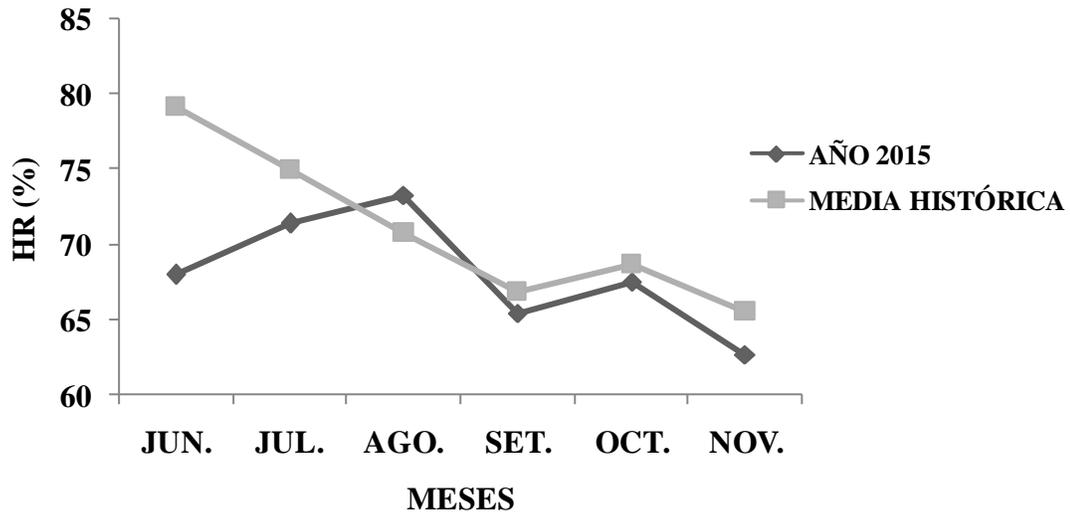
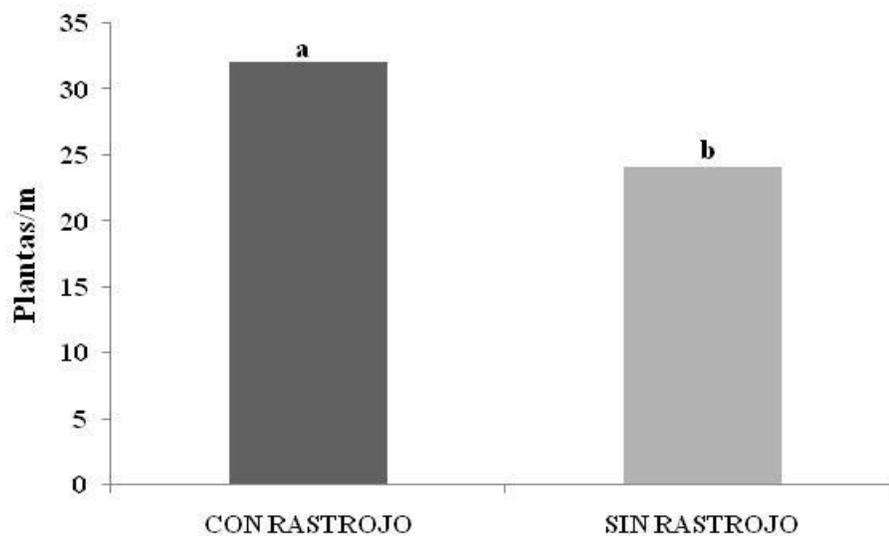


Figura No. 14. Humedad relativa promedio mensual del período en el que se desarrolló el cultivo (junio a noviembre del 2015) y el promedio histórico (2002-2014) (datos obtenidos de la estación meteorológica de la E.E.M.A.C.).

Resumiendo, el año en estudio se caracterizó por ser cálido y seco a inicios del ciclo del cultivo (junio-julio), y fresco durante la primavera (setiembre-noviembre).

4.2. CRECIMIENTO DEL CULTIVO: IMPLANTACIÓN Y MACOLLAJE

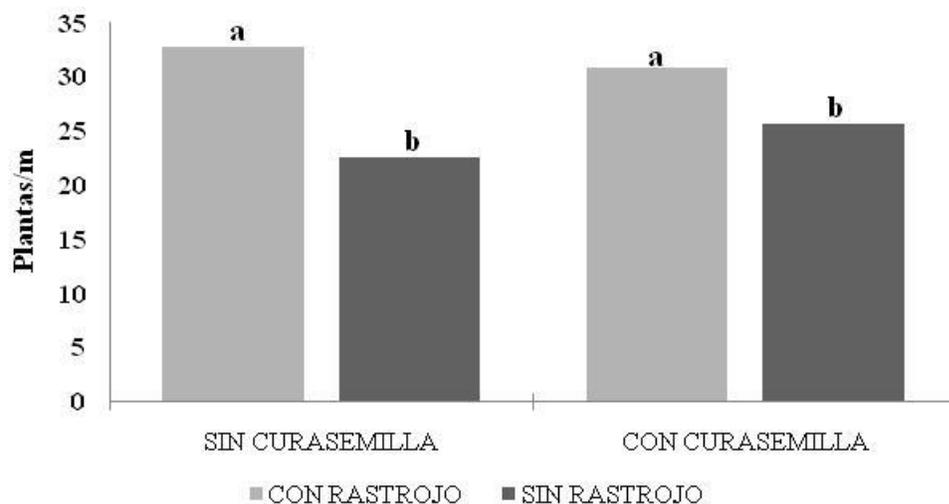
La presencia de rastrojo en superficie mejoró la implantación del cultivo (Figura No. 15). Siendo el objetivo de población de 40 pl/m^{-1} , los tratamientos con rastrojo en superficie en promedio alcanzaron un 80% del mismo, y en aquellas parcelas sin rastrojo, se obtuvo un 60% de implantación, resultando en una población deficiente para las recomendaciones del cultivar, dado que el rango óptimo para esta zona del país se encuentra entre $35\text{-}40 \text{ pl/m}^{-1}$ (Hoffman et al., 2015).



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Figura No. 15. Efecto del rastrojo sobre la implantación del cultivo de trigo a los 50 dps.

Además del efecto del rastrojo sobre la implantación, se encontró efecto significativo para la interacción entre rastrojo y curasemilla (Anexo No. 3). El test de Tukey al ser muy exigente, solo separó medias para el factor rastrojo, pero existió interacción, debido a que hubo diferencias sin curasemilla y con curasemilla, pero de diferente magnitud (Figura No. 16).



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

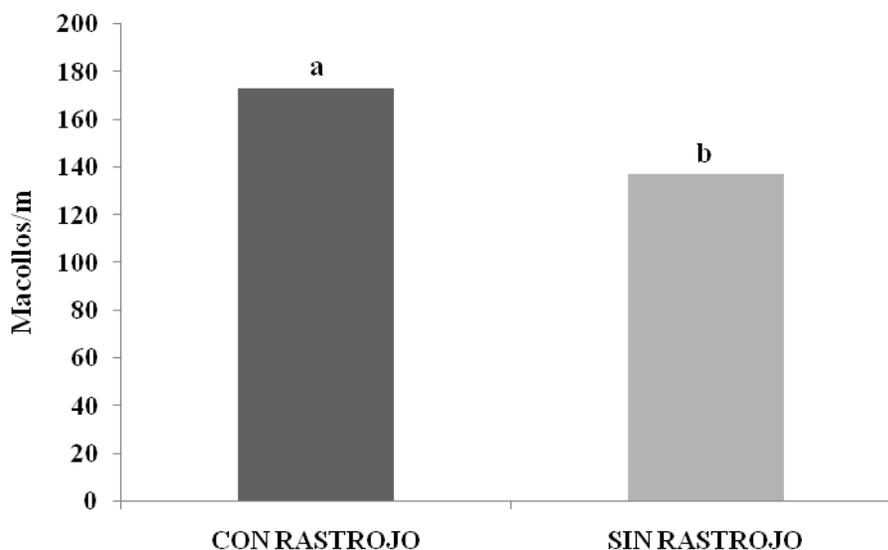
Figura No. 16. Población de plantas logradas para semilla curada o sin curar según la presencia de rastrojo en superficie.

El curasemilla no presentó efecto significativo sobre la implantación del cultivo (Anexo No. 3). En los tratamientos con curasemilla se lograron 28 pl/m⁻¹ promedio, no difiriendo del tratamiento sin curasemilla, y por tanto no se observó respuesta al uso del mismo.

Esto podría estar explicado por la falta de agua en los estratos superficiales del suelo al momento de la siembra y los 30 días posteriores, que impidió el desarrollo de enfermedades que afectan la implantación. Estos resultados coinciden con los de Alberione et al. (2011), en los que evaluando diferentes productos curasemillas para el control de mancha amarilla, no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con curasemillas y el testigo sobre la emergencia de plantas, debido a una infección muy baja del patógeno en la semilla.

En este sentido Burne (2012), tampoco encontró diferencias en germinación y emergencia de plántulas en comparación con el testigo, cuando evaluó la eficiencia de diferentes curasemillas para trigo bajo siembra directa. En este caso, un período prolongado de heladas limitó el desarrollo de enfermedades. A su vez el autor concluyó que la germinación, la emergencia y el logro de una buena implantación son el resultado de la conjunción de numerosos factores que no pueden ser controlados solo por el uso de fungicidas curasemillas. El proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos, y dentro de estos últimos, el agua es fundamental para la fase de imbibición y la fase de elongación del embrión, ruptura de la testa y germinación (Suárez y Melgarejo, 2010). El rastrojo impide que los rayos del sol caigan directamente sobre la superficie, lo cual reduce la evaporación, ya que el suelo permanece un poco más frío que el suelo descubierto, en el cual, el viento arrastra a las capas más altas el aire con mayor saturación de agua, haciendo que el suelo descubierto tenga una mayor capacidad para perder su humedad (Ávila, 2008). El efecto es muy marcado en las capas superficiales del suelo, lo que compromete 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).

El rastrojo en superficie tuvo un efecto significativo sobre número de plantas a los 50 días postsiembra y el número de macollos a Z33 (Figuras No. 15 y No. 17). Probablemente, las condiciones climáticas del año, determinaron un déficit importante de agua en el perfil del suelo, haciendo que los tratamientos con rastrojo retuvieran mejor la humedad, favoreciendo el mejor desarrollo del cultivo.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Figura No. 17. Efecto del rastreo sobre el número de macollos/m a los 93 dps (Z33).

En cuanto a la capacidad de macollaje del cultivar, se analizó el número de macollos por planta en Z33, no habiendo efecto significativo de ninguno de los factores evaluados (Anexo No. 4). Esto indica que las diferencias en el número de macollos/m pueden ser explicadas por el mayor número de plantas en el mismo, debido a una mejor implantación, en los tratamientos que tuvieron rastreo.

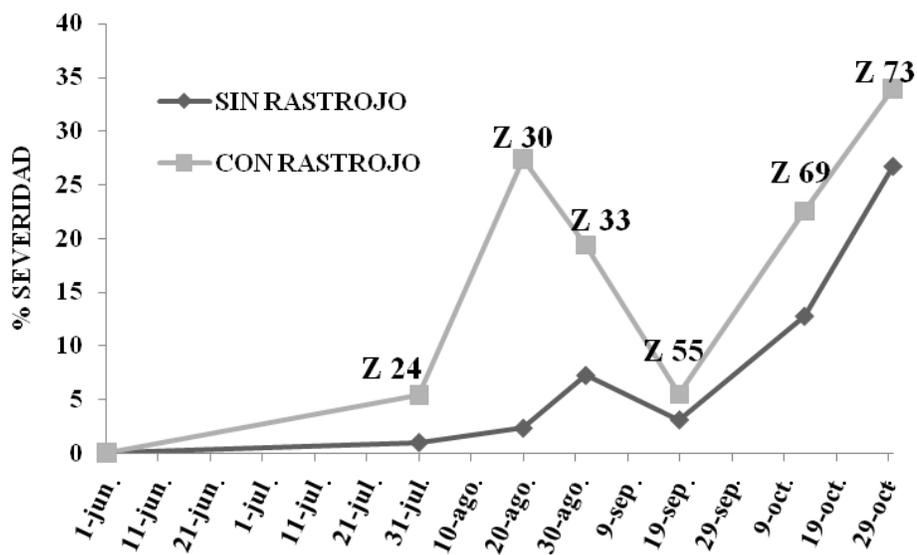
4.3. EVOLUCIÓN DE LA SEVERIDAD DE MANCHA AMARILLA

Hubo efecto del rastreo, del fungicida y de la interacción entre rastreo, curasemilla y fungicida sobre el desarrollo de la enfermedad, pero no se encontró efecto significativo para el factor curasemilla (Cuadro No. 8).

Cuadro No. 8. Análisis de la varianza para el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) en base a la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo.

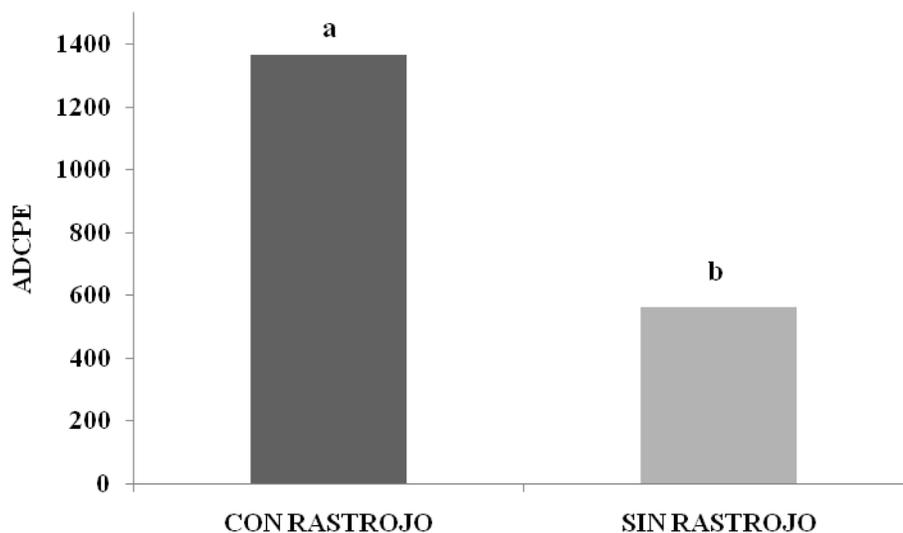
F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor
MODELO	8165089,3	15	544339,28	24,13	<0,0001
BLOQUE	52970,77	2	26485,39	1,17	0,3296
RASTROJO	5793952,2	1	5793952,2	256,79	<0,0001
CURASEMILLA	1389,53	1	1389,53	0,06	0,8065
FUNGICIDA	1877114,5	2	938557,23	41,6	<0,0001
BLO. X RAS.	134603,78	2	67301,89	2,98	0,0735
RAS. X CUR.	17338,89	1	17338,89	0,77	0,3911
RAS. X FUN.	44857,29	2	22428,64	0,99	0,3876
CUR. X FUN.	6922,84	2	3461,42	0,15	0,8588
RAS. X CUR. X FUN.	235939,55	2	117969,77	5,23	0,0149
ERROR	451261,53	20	22563,08		
TOTAL	8616350,8	35			

El rastreo tuvo un efecto significativo sobre el desarrollo de la epidemia de mancha amarilla, donde la presencia de rastreo resultó en una mayor cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo, en comparación al tratamiento sin rastreo (Figuras No. 18 y No. 19).



Las curvas corresponden a los tratamientos sin fungicida ni curasemilla. El estado fenológico del cultivo en cada fecha de evaluación es presentado en la figura.

Figura No. 18. Evolución de la severidad de mancha amarilla según la presencia de rastreo.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Figura No. 19. Efecto del rastrojo sobre la cantidad de enfermedad integrada en el tiempo, estimada como el ADCPE.

Los primeros síntomas de mancha amarilla se observaron a partir de inicios de macollaje en todos los tratamientos. Al comparar los testigos sin fungicida y sin curasemilla, se observó un claro impacto del rastrojo sobre el desarrollo de la epidemia (Figura No. 18). En este sentido, considerando 5% de severidad como el nivel crítico para realizar un control químico (Pereyra, 2014), la presencia de rastrojo resultó en que se alcanzara el nivel crítico en macollaje, Z24 (60 dps), mientras que sin rastrojo se llegó al nivel crítico en Z33 (92 dps) donde en ese mes de diferencia llovieron 255mm y las temperaturas fueron 3°C superiores al promedio histórico (2002-2014).

La presencia de rastrojo infestado determinó un desarrollo de la enfermedad muy superior a las situaciones sin rastrojo. El no sembrar sobre rastrojo infestado resultó en una reducción del 59% en la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo en relación a sembrar sobre rastrojo infestado. Esto concuerda con Pérez (1998), quien afirma que la presencia de rastrojo infestado afecta tres parámetros epidemiológicos de la enfermedad: el momento de inicio, la tasa de desarrollo y la intensidad máxima alcanzada. La presencia del rastrojo infectado resulta en una mayor presión de inóculo primario que impacta en los parámetros antes mencionados.

No se encontró efecto significativo del curasemilla sobre la evolución de la enfermedad a lo largo del ciclo (Cuadro No. 9). La enfermedad estuvo presente tanto en los tratamientos testigo que tuvieron rastrojo con y sin curasemilla, como en los que no tuvieron rastrojo con y sin curasemilla.

Cuadro No. 9. Efecto del curasemilla sobre el porcentaje de severidad en distintos momentos de evaluación y el ADCPE.

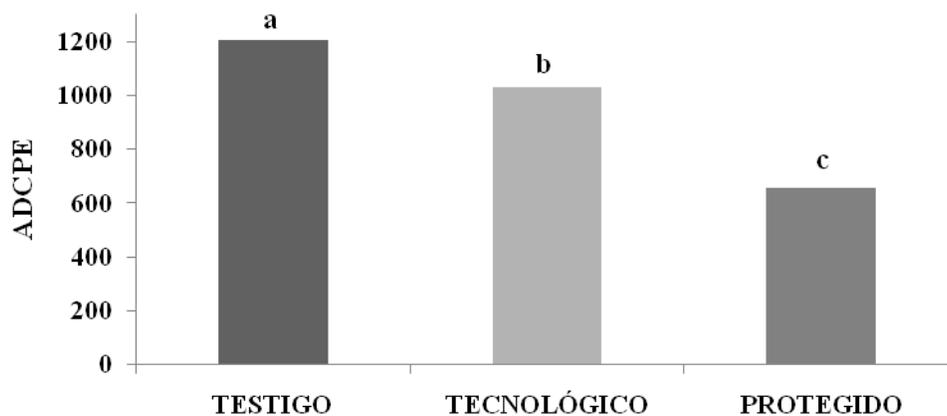
Curasemilla	% Severidad						ADCPE
	Z 24	Z 30	Z 33	Z 55	Z 69	Z 73	
Con	3,50 a	13,3 a	12,1 a	5,03 a	11,3 a	23,9 a	969,6 a
Sin	3,57 a	13,3 a	12,0 a	3,81 a	11,8 a	24,3 a	957,2 a
CV%	43,9	25,0	34,4	43,9	36,2	24,2	15,6
p-valor	0,9037	0,9717	0,9895	0,0719	0,7250	0,8357	0,8065

El tratamiento testigo sin curasemilla, sembrado sin rastrojo en superficie, presentó desarrollo de la enfermedad, lo cual indica que la semilla tenía inóculo de *Drechslera tritici-repentis*. Sin embargo, no hubo efecto significativo al agregado de curasemilla, lo cual indica que en las condiciones del ensayo el fungicida curasemilla no fue eficiente controlando al inóculo del patógeno en la semilla.

Según Carmona et al. (2006), el proceso de transmisión de la enfermedad desde la semilla puede ser afectado por muchos factores como son la susceptibilidad del cultivar, el porcentaje de semilla infectada, humedad del suelo, temperatura, profundidad de siembra y la ocurrencia de lluvias.

A su vez, la aplicación de curasemilla no tuvo efecto significativo sobre el desarrollo de la enfermedad cuando se sembró con rastrojo en superficie, lo cual indica que en las condiciones del ensayo el curasemilla tampoco fue eficiente protegiendo a la plántula del inóculo que provenía del rastrojo. Estos resultados coinciden con los de Stewart et al. (1995), donde encontraron que las máximas eficiencias de control con curasemillas para el control de mancha amarilla fueron bajas 26-29% cuando se sembró trigo sobre rastrojo de su misma especie. En cambio, Gerard et al. (2015), encontraron que el uso de fluxapyroxad + triticonazol, resultó en una reducción significativa de los niveles de enfermedad hasta los 66 días post inoculación respecto al testigo sin curasemilla. Además, concluyeron que la duración de la protección puede presentar una amplia variación que dependerá del patógeno, de las condiciones ambientales, de la tasa de crecimiento del cultivo, de la dosis de aplicación, entre otros.

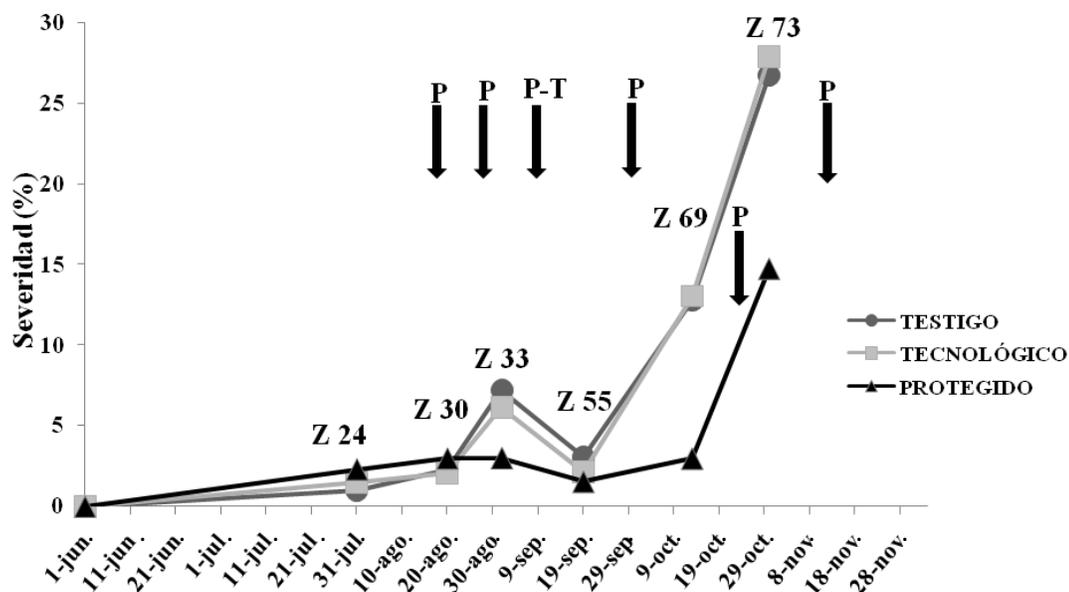
Respecto al fungicida, hubo un efecto significativo de la aplicación de fungicidas foliares sobre la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo (Figura No. 20). La aplicación de fungicidas foliares en base a niveles críticos (tecnológico) logró reducir significativamente los niveles de enfermedad en el cultivo, sin embargo, esta estrategia presentó significativamente mayor cantidad de enfermedad que el tratamiento protegido, con aplicación periódica de fungicidas.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

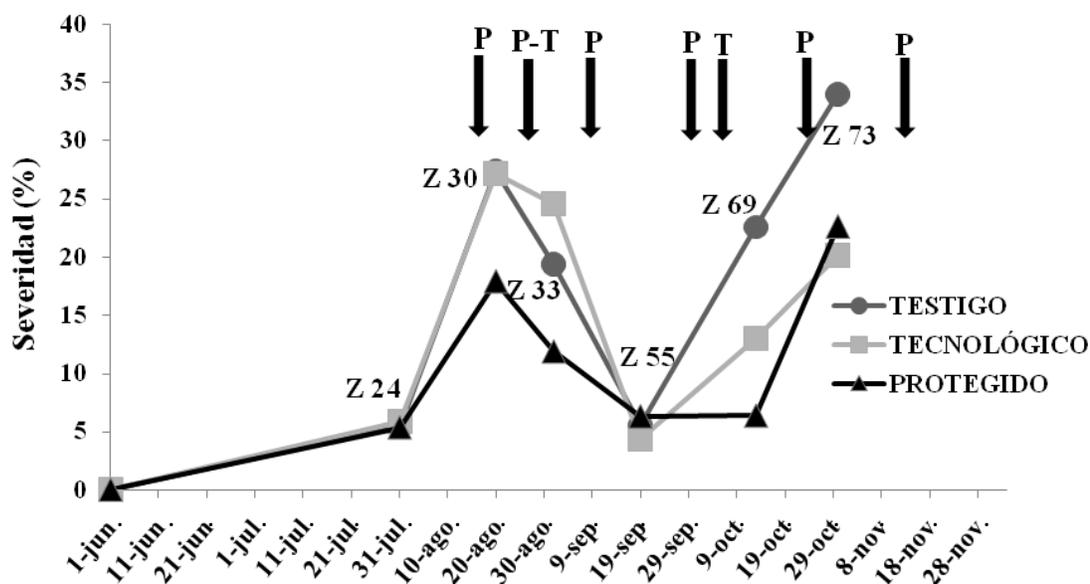
Figura No. 20. Cantidad de enfermedad estimada en base a severidad a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas foliares.

Es interesante que aún con aplicaciones periódicas de fungicidas, la enfermedad estuvo presente en el cultivo aún en tratamientos sin rastrojo en superficie (Figuras No. 21 y No. 22).



El estado fenológico del cultivo se presenta en cada evaluación realizada. Las flechas negras indican momento de aplicación foliar de fungicida. T= Tecnológico, P= Protegido.

Figura No. 21. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas, para los tratamientos sin rastrojo y sin curasemilla.



El estado fenológico del cultivo se presenta en cada evaluación realizada. Las flechas negras indican momento de aplicación foliar de fungicida. T= Tecnológico, P= Protegido.

Figura No. 22. Evolución de la severidad de mancha amarilla a lo largo del ciclo, según estrategia de uso de fungicidas, para los tratamientos con rastrojo y sin curasemilla.

Las estrategias de aplicación de los tratamientos tecnológicos y protegidos, redujeron el ADCPE en un 15 y 45% respectivamente cuando se compararon con el testigo. Estos niveles de control son similares a los mencionados por Tormen et al. (2013), con una reducción en el ADCPE de mancha amarilla del 17,4%, con dos aplicaciones de fungicida en el ciclo de cultivo en relación al testigo sin aplicación.

Se encontraron diferencias significativas para el porcentaje de severidad entre los distintos tratamientos con fungicida en algunos momentos de observación (Cuadro No. 10).

Cuadro No. 10. Efecto de las estrategias de aplicación de fungicida foliar sobre el porcentaje de severidad a lo largo del ciclo.

	Severidad (%)					
	60 dps Z 24	80 dps Z 30	92 dps Z 33	110 dps Z 55	134 dps Z 69	151 dps Z 73
Testigo	3,41 a	13,9 ab	12,8 a	4,89 a	18,5 a	32,2 a
Tecnológico	3,77 a	15,2 a	14,9 a	4,64 a	11,3 b	23,1 b
Protegido	3,43 a	10,9 b	8,43 b	3,74 a	4,75 c	17,1 b
CV%	43,9	25,0	34,4	43,9	36,2	24,2
p-valor	0,8190	0,0151	0,0035	0,3323	<0,0001	<0,0001

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$). dps= días pos siembra.

En Z24 (60dps) comenzaron las evaluaciones y aún no se habían realizado las aplicaciones foliares. En Z30 ya se había realizado una aplicación en el protegido, sin embargo, la aplicación foliar se realizó solo dos días antes de la evaluación, lo cual explica las pequeñas diferencias en los niveles de enfermedad encontrados. Entre Z24 (60dps) y Z30 (80dps), ocurrieron 10 días con precipitaciones, alcanzando un registro de alrededor de 220mm, que generaron un aumento en la HR (%), lo que favoreció a una mayor duración del período de mojado de las hojas del cultivo. A su vez, las temperaturas medias rondaron los 16°C con máximas promedio de 20°C y mínimas promedio de 11°C. Estas condiciones fueron muy propicias para el desarrollo de la mancha amarilla (Platz 2010, Díaz de Ackermann 2011, Moreno et al. 2012).

Entre Z30 (80dps) y Z55 (110dps), la severidad de la enfermedad comenzó a disminuir, llegando a Z55 con niveles de infección por debajo del nivel crítico. Esto pudo deberse a que la tasa de crecimiento del cultivo en esta etapa fue máxima y aumentó la emergencia de hojas progresivamente hasta la aparición de la hoja bandera, por lo que ese mayor número de hojas, pudo generar un efecto de dilución de la enfermedad en el cultivo (González 2009, Carretero et al. 2015). Además, solo ocurrieron dos días con precipitaciones mayores a 1mm, alcanzando 55mm en total, la HR fue menor al promedio histórico, y la temperatura se mantuvo en torno a los 14°C con máximas de 19°C y mínimas de 8°C. A su vez, se fertilizó con nitrógeno en Z30, generando condiciones de crecimiento óptimas para el cultivo, favorecido por las condiciones ambientales. Burs y Dubor (2016), encontraron una marcada disminución en los niveles de severidad de mancha amarilla ante incrementos en la fertilización nitrogenada, debido a incrementos de la duración del área foliar verde. El retraso de la senescencia de las hojas contribuye en forma indirecta en una menor dispersión del inóculo secundario debido a un follaje más denso.

Entre Z55 (110dps) y Z73 (151dps), comenzaron a aumentar las temperaturas, con medias de 16°C y máximas promedio de 22°C, se registraron 170mm aprox., por lo que la HR aumento respecto al mes anterior, generando nuevamente condiciones favorables para la infección y el desarrollo de la mancha amarilla en el cultivo. Estas

condiciones resultaron en un aumento de la severidad en Z69 con efecto significativo de las distintas estrategias de aplicación de fungicida foliar. En la última evaluación (Z73), tanto el tratamiento tecnológico como el protegido tuvieron significativamente menor nivel de enfermedad que el testigo, pero sin diferencias entre ellos.

Se encontró efecto significativo de la interacción entre presencia de rastrojo en superficie y estrategias de aplicación de fungicidas sobre la severidad de la mancha amarilla, a los 80, 92, 110 y 151dps (Cuadro No. 11).

Cuadro No. 11. Efecto de la interacción entre rastrojo y aplicación de fungicida, sobre la severidad a lo largo del ciclo.

		Severidad (%)					
		60 dps Z 24	80 dps Z 30	92 dps Z 33	110 dps Z 55	134 dps Z 69	151 dps Z 73
Con rastrojo	Testigo	5,64	25,1 ab	17,0 ab	5,68 a	21,7	36,1 a
	Tecnológico	6,15	28,3 a	23,9 a	7,43 a	13,3	21,2 bc
	Protegido	5,14	19,3 b	13,9 bc	6,29 a	7,14	21,3 bc
Sin rastrojo	Testigo	1,19	2,71 c	8,58 cd	4,10 ab	15,3	28,2 ab
	Tecnológico	1,38	2,03 c	5,89 d	1,85 b	9,39	25,1 b
	Protegido	1,72	2,47 c	2,96 d	1,19 b	2,36	12,9 c
CV %		43,9	25,0	34,4	43,9	36,2	24,2
p-valor		0,5509	0,0087	0,0280	0,0399	0,7486	0,0287

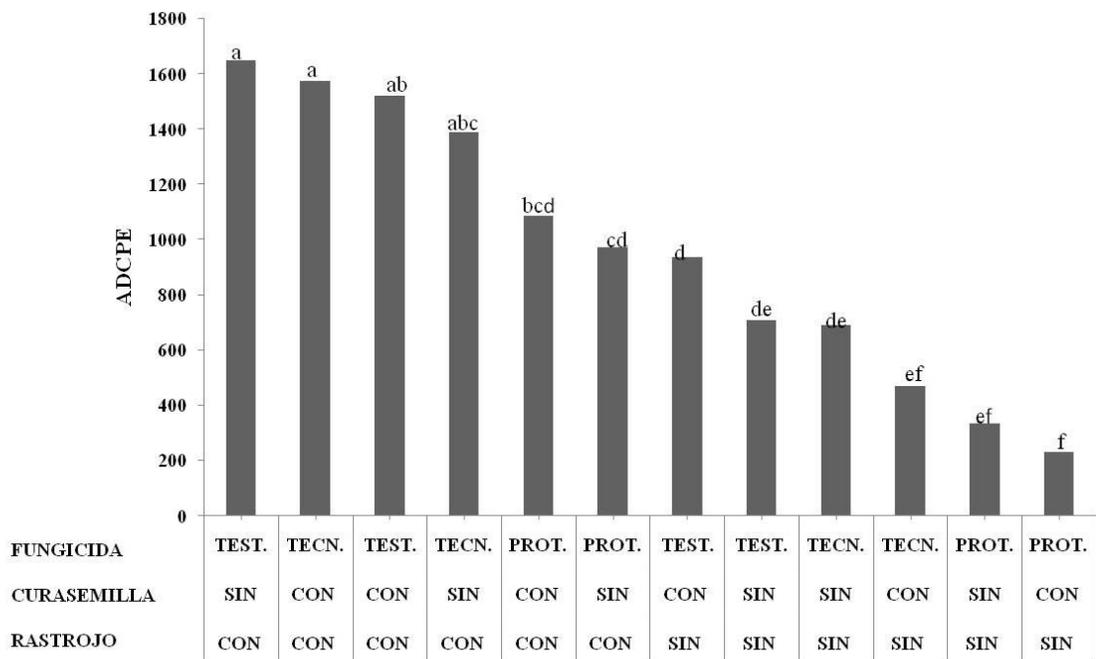
Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$). dps= días pos siembra.

Cuando se analizan por separado los tratamientos con rastrojo de los que no tuvieron rastrojo infectado, se observa que no hubo diferencias significativas entre las estrategias de aplicación de fungicida y los testigos hasta Z73 (151dps). Hasta ese momento, los tecnológicos con rastrojo tuvieron dos aplicaciones de fungicida, una a los 78dps y otra a los 127dps. Luego de Z69, no se realizaron más aplicaciones de fungicida en estos tratamientos, y sin embargo no difirieron del tratamiento protegido. Esto indica que, para las condiciones de este experimento, no se justificó una nueva aplicación entre Z69 y Z73. Esto puede estar explicado por la residualidad del tratamiento realizado previo a Z69.

En cuanto a los tratamientos tecnológicos sin rastrojo, no tuvieron diferencias significativas comparados con los testigos sin rastrojo en ninguna de las evaluaciones, pero sí tuvieron diferencias con los protegidos sin rastrojo en Z73. La aplicación tecnológica en los tratamientos sin rastrojo en superficie se realizó al llegar al nivel crítico en Z33, lo cual indica que el cultivo aún no tenía todas las hojas expuestas y eso pudo haber condicionado la residualidad del tratamiento. Las hojas expuestas luego de la aplicación quedaron sin la protección del fungicida, y eso pudo haber explicado que en

la última evaluación el tratamiento estratégico tuviera significativamente mayor nivel de enfermedad que el protegido. Sobre esto Wegulo et al. (2009), observaron que las manchas foliares progresaron rápidamente sólo después de la floración, con intensidad de la enfermedad aumentando exponencialmente hasta grano lechoso debido a que en ese período ocurrieron lluvias que estuvieron por encima de la media y temperaturas medias de 20°C, y cuantificaron que la severidad de la enfermedad evaluada en el estadio Z60 tuvo la relación más fuerte con el rendimiento. Bankina y Priekule (2011), encontraron que la mancha amarilla se distribuyó rápidamente solo después de floración, posiblemente debido a las condiciones necesarias para liberación, dispersión y germinación de las ascosporas, además del desarrollo de conidios en las hojas inferiores senescentes y el corto período de incubación.

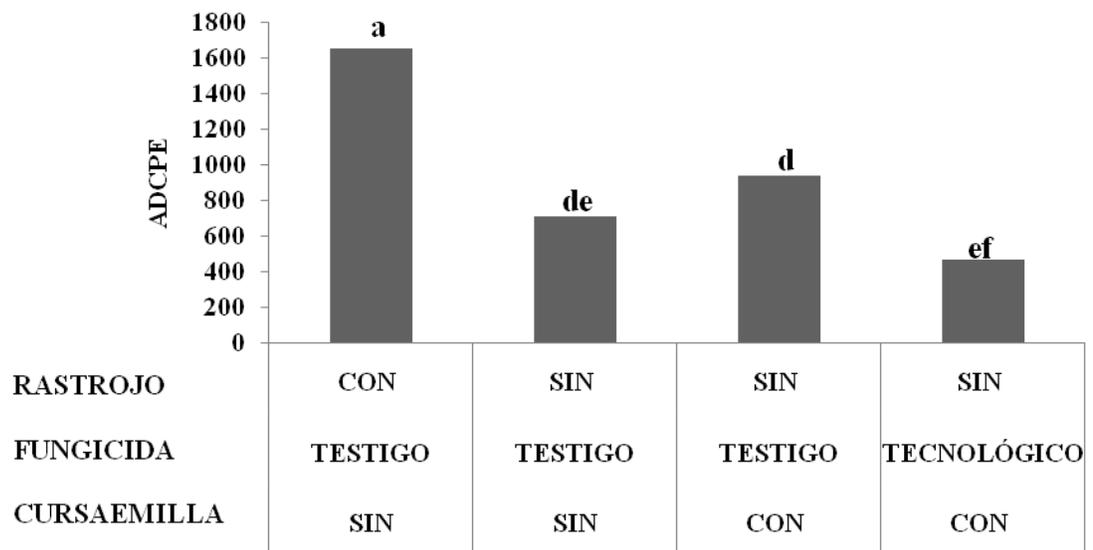
Hubo un efecto significativo de la triple interacción (rastrojo x curasemilla x fungicida foliar) sobre la cantidad de la enfermedad a lo largo del ciclo, estimada como el ADCPE (Figura No. 23). Todos los tratamientos tuvieron enfermedad, sin embargo, claramente todos los tratamientos sin presencia de rastrojo en superficie están ubicados hacia la derecha de la figura con menores niveles de enfermedad en el cultivo. Los factores curasemilla y fungicidas foliares no tuvieron un efecto tan marcado en la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo como sí lo tuvo la presencia de rastrojo. Dentro de los tratamientos sin presencia de rastrojo en superficie, el factor fungicida foliar fue el que tuvo mayor efecto, donde claramente los tratamientos protegidos resultaron en los menores niveles de enfermedad, seguidos por los tratamientos estratégicos. Por su parte el factor curasemilla fue el factor con menos efecto sobre los niveles de enfermedad a lo largo del ciclo.



Medias con distinta letra indican diferencias significativas entre sí (Tukey: $p=0,05$).

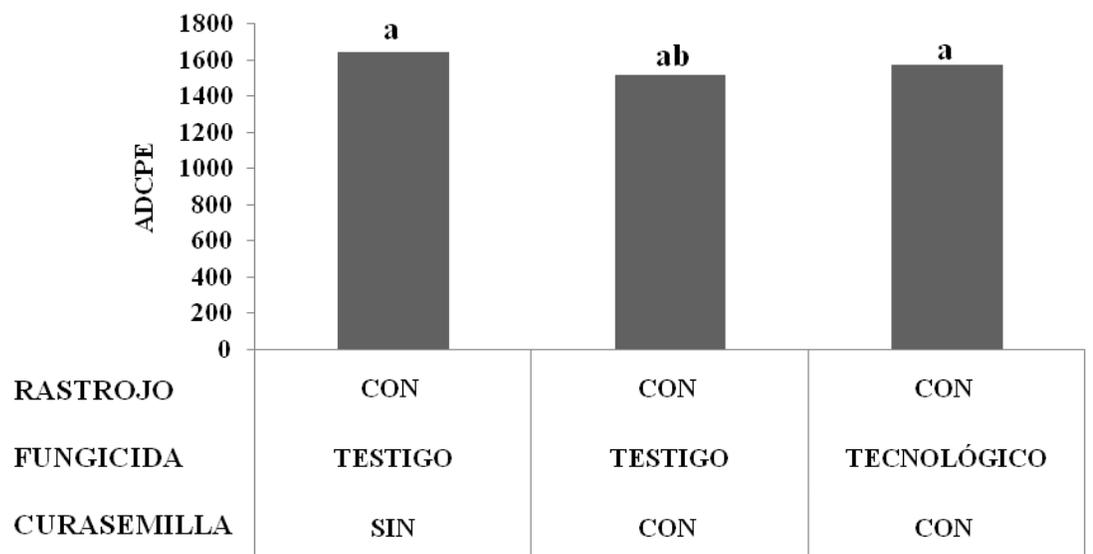
Figura No. 23. Efecto de la interacción triple entre rastrojo, curasemilla y fungicida sobre la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo, estimada como el área ubicada debajo de la curva del progreso de la enfermedad en base a severidad.

Al analizar el impacto de la integración de las medidas de manejo sobre la cantidad de enfermedad a lo largo del ciclo, se observó que al pasar de una situación con rastrojo infectado, sin curasemilla y sin aplicación de fungicida a una sin rastrojo, sin curasemilla y sin fungicida, se redujo la cantidad de enfermedad en un 57% (Figura No. 24). Cuando se emplean las tres medidas en conjunto, sembrar sin rastrojo infectado, con curasemilla y tecnológico, se observó una reducción en los niveles de enfermedad del 71,5% respecto a la siembra con rastrojo en superficie, sin curasemilla, y sin fungicidas foliares. En cambio, en la situación con rastrojo infectado, no se encontró efecto significativo de la adición de tecnología para reducir los niveles de enfermedad (Figura No. 25).



La separación de medias corresponde a la Figura No. 23. Medias con distinta letra indican diferencias significativas entre sí (Tukey: $p=0,05$).

Figura No. 24. Efecto de la adición de tecnología sobre el ADCPE.



La separación de medias corresponde a la Figura No. 23. Medias con distinta letra indican diferencias significativas entre sí (Tukey: $p=0,05$).

Figura No. 25. Efecto de la adición de tecnología sobre el ADCPE.

4.4. RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES

Hubo efecto significativo del rastreo y del fungicida sobre el rendimiento en grano, pero no se encontró efecto significativo del curasemilla, ni de la interacción triple (Cuadro No. 12).

Cuadro No. 12. Análisis de varianza para rendimiento en grano

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor
MODELO	22807736	15	1520515,7	5,18	0,0004
BLOQUE	2791678,9	2	1395839,5	4,75	0,0205
RASTROJO	6359723,7	1	6359723,7	21,66	0,0002
CURASEMILLA	78156,18	1	78156,18	0,27	0,6116
FUNGICIDA	10794732	2	5397366	18,38	<0,0001
BLO. X RAS.	922160,21	2	461080,1	1,57	0,2326
RAS. X CUR.	316420,97	1	316420,97	1,08	0,3116
RAS. X FUN.	1086633,4	2	543316,68	1,85	0,1831
CUR. X FUN.	197245,57	2	98622,79	0,34	0,7186
RAS. X CUR. X FUN.	260984,79	2	130492,4	0,44	0,6474
ERROR	5872160,2	20	293608,01		
TOTAL	28679896	35			

Los tratamientos con rastreo rindieron un 18% más que los que no tuvieron rastreo infectado (Cuadro No. 13). Se observó un efecto significativo del rastreo sobre el número de plantas por unidad de superficie (pl/m²), número de macollos por unidad de superficie (macollos/m²), fertilidad de macollos (%), número de espigas (espigas/m²), y el peso de mil granos (PMG, Cuadro No. 14).

Cuadro No. 13. Efecto del rastreo sobre el rendimiento en grano.

Rastrojo	Rendimiento (kg/ha)
CON	5411 a
SIN	4571 b
CV%	10,86
p-valor	0,0002

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Cuadro No. 14. Efecto del rastrojo sobre los componentes del rendimiento.

Rastrojo	Pl/m²	Macollos/Pl	Macollos / m²	Fertilidad macollos (%)
CON	167,4 a	5,7 a	912 a	43,7 b
SIN	126,8 b	5,7 a	722 b	50,4 a
CV%	13,18	17,70	11,67	19,53
p-valor	<0,0001	0,8544	<0,0001	0,0404
Rastrojo	Espigas/m²	Granos/espiga	Granos/m²	PMG (g)
CON	396,1 a	42,9 a	17005 a	28,9 a
SIN	351,4 b	44,3 a	15578 a	27,2 b
CV%	12,03	10,40	16,4	8,31
p-valor	0,0074	0,3845	0,1248	0,0377

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Como se mencionó anteriormente se logró una mejor implantación del cultivo en los tratamientos con rastrojo. Esta implantación, se tradujo en un mayor número de macollos/m², ya que no hubo diferencias en el número de macollos por planta, lo que no le permitió a los tratamientos sin rastrojo compensar la falta de plantas. Resultados similares fueron observados por Hoffman et al. (2015), para el mismo cultivar en el año 2014 en Paysandú, donde una disminución de la población no resultó en un mayor macollaje.

Si bien los tratamientos sin rastrojo tuvieron un porcentaje de fertilidad de macollos mayor, el mayor número de macollos/m² a favor de los tratamientos con rastrojo, fue determinante de las diferencias encontradas en el número de espigas/m². La presencia de rastrojo en superficie resultó en un aumento del 11,3% en el número de espigas/m².

Ronis et al. (2009), encontraron reducción 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. En contraposición, Shierenbeck (2015), no encontró disminuciones en el número de espigas ante inoculaciones de *Pyrenophora tritici-repentis*, debido a que la enfermedad tuvo una baja incidencia en estadios tempranos y presentó un mayor desarrollo a partir de Z60, explicado por las condiciones ambientales más propicias para su desarrollo.

El menor porcentaje de fertilidad de macollos en los tratamientos con rastrojo en superficie, puede estar explicado por el mayor número de macollos/m² a Z30 que

generó una mayor competencia por luz, reduciendo la capacidad de obtener asimilados en los macollos más jóvenes. En este sentido, Miralles (2004), Balbi et al. (2013), coinciden en que 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, cesando en consecuencia la producción de macollos. 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. Para desarrollar espiga, cada macollo debe presentar al final del encañado un tamaño que le permita ser competitivo frente a otros órganos en crecimiento, ya que en caso contrario estos mueren sin generar espigas (García del Moral y Ramos, 1989). En definitiva, la fertilidad de los macollos depende de que los mismos sean capaces de situar sus hojas en los estratos superiores de la canopia, mejor iluminadas, que le permitan tener mayores tasas de crecimiento y no comprometer su supervivencia (Hoffman et al., 2014).

No se encontró efecto del rastrojo sobre el número de granos/espiga ni sobre el número de granos/m². Esto pudo deberse a las condiciones ambientales durante el período crítico (entre 10/9-10/10 aproximadamente) y durante los 20 días previos al mismo, que permitieron llegar a dicho momento con la mayoría del área foliar sana por un efecto de dilución de la enfermedad en todos los tratamientos. A su vez, estas condiciones permitieron un muy buen crecimiento de la espiga quedando fijados un alto número de granos por espiga (43,6 granos/espiga en promedio de ambos tratamientos), en comparación a los encontrados por Hoffman et al. (2015), que encontraron 40 granos/espiga en promedio bajo protección total en el cultivar algarrobo.

Serrago et al. (2011), tampoco encontraron efecto de las enfermedades sobre el número de granos cuando estas ocurrieron después de la antesis. Por su parte, Shierenbeck (2015), encontró que el número de granos por espiga fue uno de los componentes de rendimiento más afectado por *Pyrenophora tritici-repentis*, provocando importantes reducciones en el número de granos total (12,9%) a medida que aumentó la concentración de inóculo inicial.

Las condiciones ambientales durante el período crítico del cultivo, inciden de manera importante en el número final de granos generados (Balbi et al., 2013). La relación positiva entre el peso de las espigas y el número de flores fértiles en floración, demuestra que la cantidad de recursos alojados en la espiga es fundamental para lograr un alto número de granos. De esta manera, ante valores iguales de partición de asimilados hacia las espigas, una mayor cantidad de biomasa acumulada a floración determina un mayor peso de las espigas y por lo tanto un mayor número de granos (Carmona 2003, Miralles 2004, Carmona 2008, Balbi et al. 2013). Cuanto mayor es la disponibilidad de asimilados, mayor peso seco de las espigas y mayor el número de granos por unidad de superficie (Carretero et al. 2015, Shierenbeck et al. 2015).

Los tratamientos con rastrojo en superficie tuvieron un PMG 5,9% mayor que los tratamientos sin rastrojo. Esto puede explicarse por una mayor cantidad de biomasa en los tratamientos que tuvieron rastrojo, debido a que tuvieron una mejor implantación, permitiendo una mayor movilización de asimilados. Sobre esto, Carretero et al. (2015), señalan que los granos pueden completar su llenado a partir de la movilización de reservas que son acumuladas en los tallos previo a la floración del cultivo, y que este aporte será mayor, cuanto mayor sea el número de granos fijados por espiga. La disponibilidad de asimilados almacenados en los tallos depende de las condiciones exploradas por el cultivo antes de la antesis, y la movilización a los granos en crecimiento es principalmente afectada por: tamaño del sumidero, condiciones ambientales y el cultivar. En las situaciones en las que las enfermedades foliares disminuyen la fotosíntesis durante el período de llenado de grano, la importancia de los asimilados almacenados en tallos adquiere especial importancia dependiendo del tamaño del sumidero previamente establecido para llenar los granos formados (Ehdaie et al. 2008, Bahrani et al. 2011, Miralles et al. 2014). Serrago et al. (2011), encontraron caídas en el PMG de 8,5% ante infecciones en post-antesis generadas por *Pyrenophora tritici-repentis*. A su vez, Shierenbeck (2015) encontró que inoculaciones con *Pyrenophora tritici-repentis* redujeron el PMG hasta un 6,25% frente al tratamiento sin inóculo.

En los tratamientos con rastrojo en superficie hubo mayores niveles de enfermedad, por lo cual era de esperar una mayor interferencia de la misma sobre el llenado de los granos, sin embargo, los resultados indican lo contrario (Figura No. 26). Probablemente hubo un efecto mayor de otro factor que el causado por la mancha amarilla (Figuras No. 27 y No. 28). Es probable que el mejor desarrollo del cultivo sembrado en presencia del rastrojo, y explicado por el estrés hídrico a la siembra, como se analizó anteriormente, haya permitido una mayor producción de biomasa y consiguiente removilización de reservas que redujera la caída en el peso de los granos frente al desarrollo de mancha amarilla durante el período de llenado (Figura No. 29).

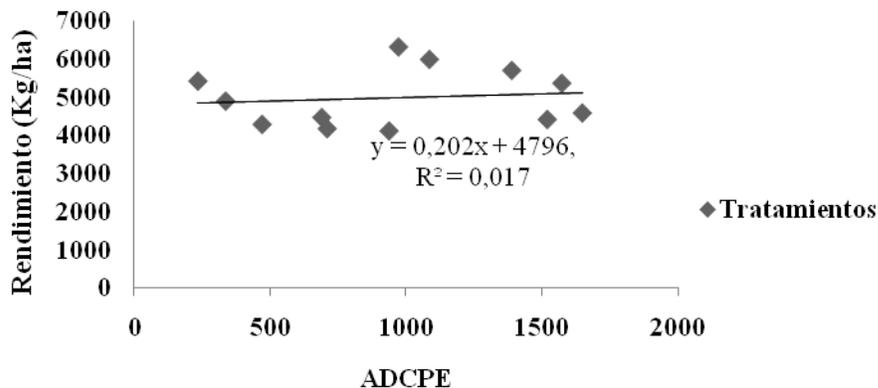


Figura No. 26. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como el ADCPE para los 12 tratamientos evaluados.

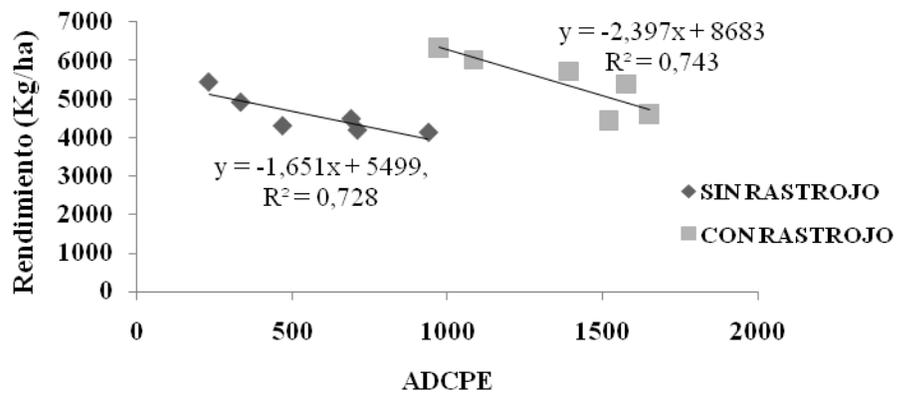


Figura No. 27. Relación entre el rendimiento y la cantidad de enfermedad medida como el ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.

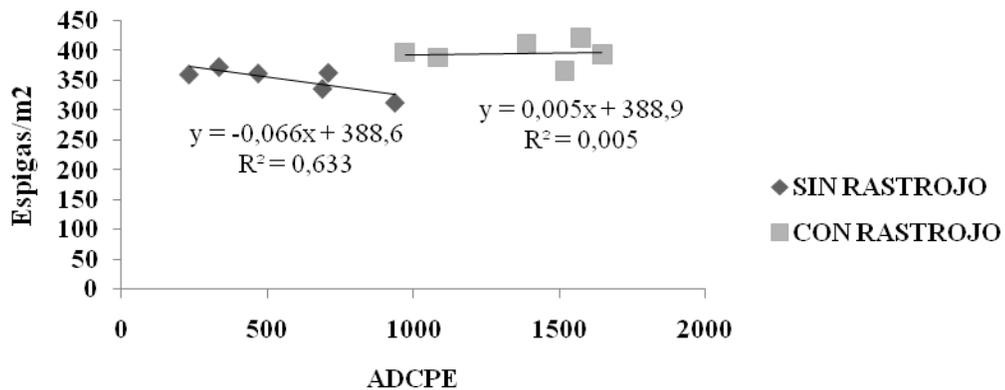


Figura No. 28. Relación entre el número de espigas y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.

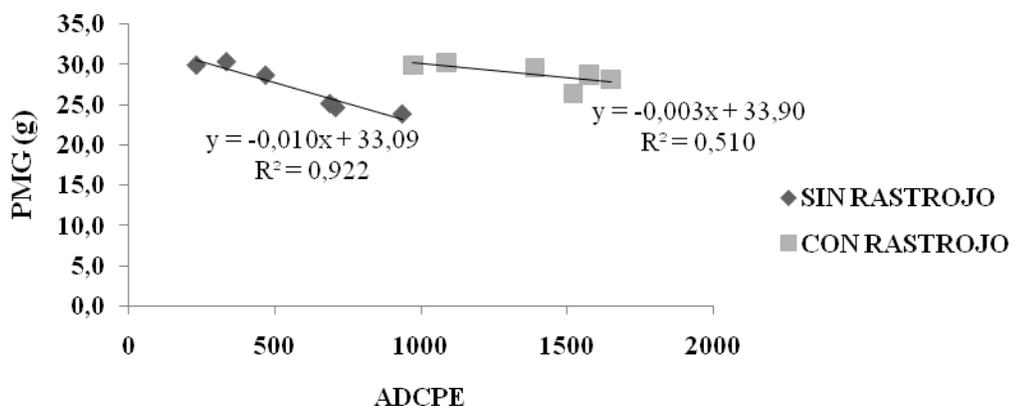


Figura No. 29. Relación entre el peso de grano y la cantidad de enfermedad medida como ADCPE para los 12 tratamientos evaluados, según la presencia de rastrojo en superficie.

No se encontraron diferencias significativas para curasemilla sobre rendimiento en grano ni sus componentes. Esto coincide con lo encontrado por Stewart (1995), donde el uso de curasemilla fue eficiente desinfectando hongos de semilla, pero no fue eficiente para proteger las plántulas emergiendo a través de un rastrojo infectado donde las máximas eficiencias de control con curasemillas fueron bajas y no se tradujeron en aumentos de rendimiento. Tampoco Alberione et al. (2011) encontraron efecto alguno de los tratamientos con curasemillas sobre el rendimiento, posiblemente debido a las muy buenas condiciones del año.

Al igual que para el factor rastrojo, se analizó el rendimiento y todos sus componentes para las diferentes estrategias con fungicida, encontrándose solo diferencias significativas en el rendimiento en grano (Kg/ha, Cuadro No. 15) y en PMG (g, Cuadro No. 16)

Cuadro No. 15. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el rendimiento.

Fungicida	Rendimiento (kg/ha)
Protegido	5673 a
Tecnológico	4969 b
Testigo	4332 c
CV%	10,86
p-valor	<0,0001

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Cuadro No. 16. Efecto de la aplicación de fungicida sobre los componentes del rendimiento.

Fungicida	Pl/m²	Macollos/Pl	Macollos / m²	Fertilidad macollos (%)
Protegido	152 a	5,6 a	836 a	46,1 a
Tecnológico	145 a	5,9 a	821 a	48,2 a
Testigo	143 a	5,7 a	793 a	46,9 a
CV%	13,2	17,7	11,7	19,5
p-valor	0,4908	0,7966	0,5412	0,8529

Fungicida	Espigas/m²	Granos/espiga	Granos/m²	PMG (g)
Protegido	379 a	45,4 a	17275 a	30,2 a
Tecnológico	382 a	41,5 a	15821 a	28,1 ab
Testigo	359 a	43,9 a	15781 a	25,8 b
CV%	12,0	10,4	16,4	8,31
p-valor	0,3914	0,1263	0,3168	0,0007

Medias con distinta letra indican diferencias significativas (Tukey: $p=0,05$).

Los tratamientos tecnológicos y protegidos rindieron un 15 y 31% más respectivamente, que el testigo. La aplicación de fungicidas permitió reducir significativamente los niveles de enfermedad, lo que resultó en una mayor área foliar fotosintéticamente activa, que se tradujo en mayor respuesta sobre el rendimiento en grano. Los menores niveles de enfermedad, demostrados en el análisis del ADCPE explican el mayor rendimiento en los tratamientos protegidos. En Argentina, Alberione et al. (2013), observaron un aumento de rendimiento del 91% con respecto al testigo al aplicar una mezcla de fluxapyroxad (5%)+epoxyconazol (5%)+pyraclostrobin (8,1%) en Z46 para el control de mancha amarilla. A su vez, Burs y Dubor (2016), indicaron que dos aplicaciones de fluxapyroxad (50g/L)+epoxyconazol (50g/L) + pyraclostrobin (81g/L) en Z23 y en Z39 para el control de mancha amarilla generó aumentos en el rendimiento de entre 25,6-54,4% dependiendo del cultivar.

En cuanto al peso del grano (Cuadro No. 16), también se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento protegido presentó los mayores valores. Estos resultados evidencian el daño que puede causar la mancha amarilla sobre el rendimiento y la calidad del grano en las condiciones del ensayo. Esta diferencia puede estar explicada por la reducción del área fotosintéticamente activa a causa de la enfermedad, que limitó una mayor partición de asimilados a las espigas. Las hojas superiores del canopeo son las que más contribuyen al rendimiento del cultivo por lo que mantener estas hojas libres de enfermedad se correlaciona estrechamente con la

acumulación de materia seca en el grano (Cook et al. 1999, Viljanen-Rollinson et al. 2010).

No hubo efecto significativo de la triple interacción (rastrajo x curasemilla x fungicida foliar) sobre el rendimiento a lo largo del ciclo (Anexo No. 5). Al estudiar el impacto de la integración de las medidas de manejo sobre el rendimiento, se observó que, al pasar de una situación con rastrajo infectado, sin curasemilla y sin aplicación de fungicida a una sin rastrajo, con curasemilla y tecnológico, se redujo el rendimiento, pero no significativamente (Figura No. 30). Al pasar de una situación con rastrajo infectado, sin curasemilla y testigo a una con rastrajo con curasemilla y tecnológico, se aumenta el rendimiento, pero no significativamente (Figura No. 31).

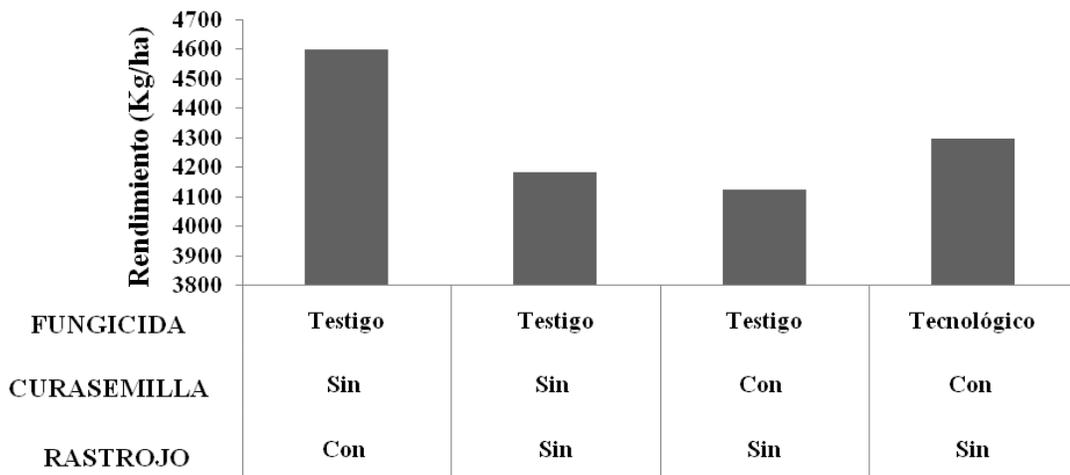


Figura No. 30. Efecto de la adición de tecnología sobre el rendimiento.

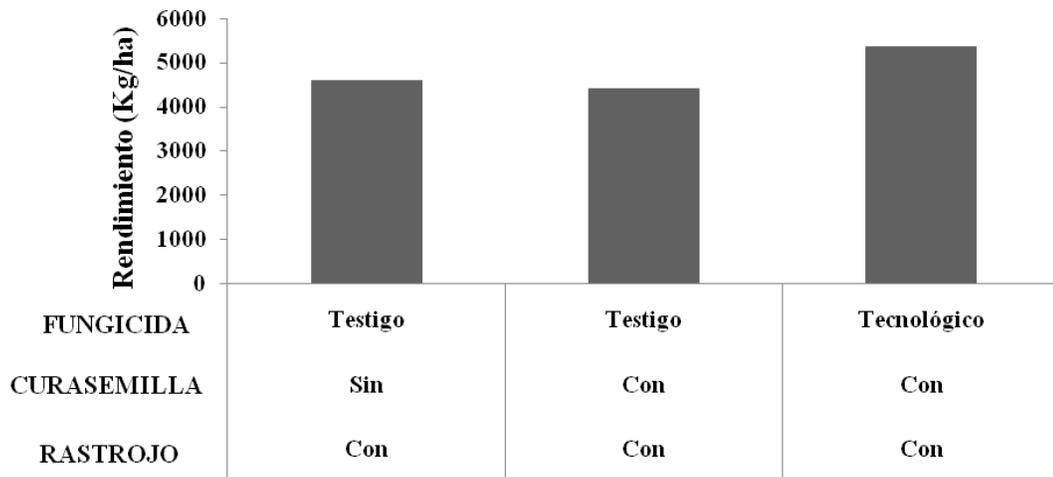


Figura No. 31. Efecto de la adición de tecnología sobre el rendimiento

Como ya fue mencionado, las condiciones ambientales fueron desfavorables para las etapas de emergencia e implantación del cultivo, sobre todo en aquellos tratamientos que no tuvieron rastrojo agregado, el cual tuvo un marcado efecto, favoreciendo la retención de humedad en los tratamientos donde si fue agregado, con el resultado de una mejor implantación y mayor macollaje en los mismos. A pesar de esto, se observaron buenos rendimientos en grano en todos los tratamientos. Esto puede ser debido a que las condiciones climáticas del año fueron favorables en los meses donde ocurrió la concreción del potencial de rendimiento del cultivo. Según Hoffman et al. (2014), cuando las condiciones climáticas y de manejo durante el encañado y llenado de grano son favorables, y por lo tanto la tasa de crecimiento y concreción de potencial no se ven limitados, la construcción del potencial desde fases tempranas del ciclo, condicionan el potencial final.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que el impacto de la adición de tecnología para controlar mancha amarilla, redujo el ADCPE en un 71,5% respecto al testigo sin fungicidas foliares, sin curasemilla y con rastrojo en superficie. El rastrojo fue el factor que tuvo mayor impacto sobre el desarrollo de la epidemia, seguido por la utilización de fungicidas foliares, mientras que el curasemilla no tuvo efecto sobre la enfermedad en las condiciones del experimento.

Este control efectivo sobre el patógeno, no se tradujo en aumentos de rendimiento, debido a las condiciones favorables para el cultivo que ocurrieron durante el período crítico que hicieron que todos los tratamientos logren un buen rendimiento independientemente del nivel de infección.

Es probable que el daño causado por la mancha amarilla en condiciones con rastrojo en superficie haya sido neutralizado por un mejor establecimiento y desarrollo del cultivo. La presencia de rastrojo en superficie otorgó beneficios para la implantación en las condiciones de estrés hídrico que sufrió el cultivo durante los primeros 45 días, que resultaron en un mayor número de espigas y PMG que compensaron el daño causado por la enfermedad.

En términos de epidemia, sembrar sin rastrojo de trigo en superficie significó una disminución de la enfermedad en un 60% aproximadamente.

En cuanto al impacto del fungicida, el tratamiento tecnológico redujo la severidad en un 15% respecto al testigo, mientras que el protegido la redujo en un 45% aproximadamente. Esto significó un aumento de rendimiento de 15% aproximadamente para el tratamiento tecnológico y de 30% para el protegido comparados con el testigo sin aplicación.

No se constató un efecto positivo significativo por el uso de curasemilla sobre la epidemia ni sobre el rendimiento en grano. El desarrollo de epidemias en situaciones sin rastrojo en superficie y con curasemilla indica que el control obtenido con este tratamiento no fue suficiente para controlar el inóculo presente en la semilla.

El inóculo proveniente del rastrojo en superficie fue el principal determinante de la ocurrencia de epidemias, y su ausencia marcó diferencias significativas en el desarrollo de epidemias. Por su parte, el inóculo en la semilla tomó mayor importancia relativa en situaciones sin presencia de rastrojo, y no pudo ser manejado con el uso de curasemilla. El uso de fungicidas foliares presentó muy buena eficiencia de control, siendo una importante alternativa correctiva, aunque en ningún caso alcanzó a neutralizar el efecto del rastrojo en superficie. Esto es, con rastrojo en superficie la aplicación de fungicidas no logra controlar los niveles de enfermedad a niveles similares a situaciones sin rastrojo.

Este estudio permite visualizar la importancia relativa de cada medida de manejo disponible para el control de mancha amarilla, y la importancia de la adición de tecnología en el control de la misma.

6. RESUMEN

Los sistemas de producción agrícola de Uruguay, en los últimos años, han sido fuertemente impactados por un conjunto de cambios asociados a un proceso de intensificación, que han resultado en un aumento en la interferencia de las enfermedades en la producción de grano. En el caso particular de Uruguay, una de las enfermedades que ha tomado mayor relevancia en la producción de trigo es la mancha amarilla, causada por el hongo *Drechslera tritici-repentis*, generando un aumento en la aplicación de fungicidas foliares y por ende incrementando los costos de producción. El objetivo de este estudio fue estimar el impacto que genera el manejo integrado de enfermedades en un cultivo de trigo, sobre el rendimiento del mismo y sobre la evolución de la mancha amarilla, con el fin de potenciar cada medida de manejo individual y protegerlas del mal uso, o del sacrificio de aplicarlas en forma aislada. Se instaló un experimento donde se evaluaron en un diseño factorial completo tres factores: rastrojo (con 2 niveles, con y sin rastrojo de trigo en superficie), curasemilla (con 2 niveles, con y sin curasemilla), y aplicación de fungicidas foliares (con 3 niveles, testigo, protegido, y con aplicación estratégica). El ensayo se realizó en parcelas divididas con tres 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. De acuerdo a los resultados obtenidos, el manejo integrado fue muy eficiente en el control de la enfermedad, pero este control efectivo no se tradujo en aumentos de rendimiento, debido principalmente a problemas de implantación del cultivo debido a humedad del suelo. Sembrar sin rastrojo de trigo en superficie fue el factor que tuvo mayor impacto sobre el desarrollo de la epidemia, seguido por la utilización de fungicidas foliares, mientras que el curasemilla no tuvo efecto sobre la enfermedad en las condiciones del experimento. El uso de fungicidas foliares presentó muy buena eficiencia de control, siendo una importante alternativa correctiva, logrando incrementar el rendimiento, aunque en ningún caso alcanzó a neutralizar el efecto del rastrojo en superficie. Este estudio permite visualizar la importancia relativa de cada medida de manejo disponible para el control de mancha amarilla, y la importancia de la adición de tecnología en el control de la misma.

Palabras clave: Enfermedades; *Drechslera tritici-repentis*; Rastrojo; Fungicida.

7. SUMMARY

In recent years, agricultural production systems in Uruguay have been deeply affected by several changes associated to an intensification process which has resulted in an increase in sanitary problems. In Uruguay, tan spot, caused by *Drechslera tritici-repentis*, is one of the most relevant diseases affecting wheat production and increasing production costs due to the use of foliar fungicides. Thus, this research focused to estimate the impact of integrated disease management on wheat yield and the evolution of tan spot 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 objectives, a factorial experiment design was carried out based on three main factors: i) stubble (with two levels, with and without wheat stubble on the soil surface), ii) seed treatment (with two different levels, with and without seed fungicides) and, iii) the use of foliar spray (with three different levels, witness, protected and strategic application). The design was a split plot with three replicates. The largest plot was stubble and, seed treatment and the use of foliar fungicide randomly included as minor plots. Integrated control was the most efficient controlling the diseases epidemic, however no impact on yielded was observed due to implantation problems. Seeding without wheat residue was the factor with major impact on the tan spot epidemic, followed by fungicide spray, whereas seed treatment had no effect under the experiment conditions. In fact, the use of foliar fungicides proved to be very efficient to control the diseases and it could be regarded as an alternative to improve the crop yield even though the use of these products never neutralized the effect of the stubble over the land. This research highlights the relative importance of each available measure to control tan spot as well as on the relevance of the addition of technologies to improve control.

Key words: Diseases; *Drechslera tritici-repentis*; Stubble; Fungicide.

8. **BIBLIOGRAFÍA**

1. Agrios, G. 1995. Fitopatología. México, D. F., Noriega. 837 p.
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: Informe de actualización técnica. Córdoba, INTA. EEA Marcos Juárez. pp. 59-63. Consultado nov. 2017. 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. M.; Bainotti, C. T.; Arburúa, M. 2011b. Fungicidas foliares en trigo aplicados en distintos momentos para controlar mancha amarilla y roya anaranjada. (en línea). In: Informe de actualización técnica. Córdoba, INTA. EEA Marcos Juárez. pp. 1-6. Consultado nov. 2017. 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 nov. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_trigo_sanidad1213_cqenff.pdf.
5. Alexander, P.; Bahret, M. J.; Chaves, J.; Courts, G.; D'Alessio, N. 1992. Biología. New Jersey, Prentice Hall. 717 p.
6. Annone, J. 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.
7. _____.; 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.
8. _____. 2011. El rol de la fitopatología en los sistemas de producción actuales desde el punto de vista de la investigación. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Serie Técnica no. 189).
9. 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.

10. 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. 2016. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/miscelaneas/101/trigo2004_n10.pdf
11. Audesirk, T.; Audesirk, G.; Byers, E. 2003. Biología: la vida en la tierra. 6a. ed. México, Pearson Educación. 889 p.
12. Ávila, G. G. 2008. Cobertura del suelo con rastrojos y restos de cosecha. (en línea). Roma, FAO. 8 p. Consultado nov. 2017. Disponible en <http://teca.fao.org/read/3657>
13. Awasthi, L. P. 2015. Recent advances in the diagnosis and management of plant diseases. Faizabad, India, Springer. 302 p.
14. Bahrani, A.; Heidari Sharif Abad, H.; Tahmasebi, Z.; Moafpourian, G. H.; Band, A. 2011. Remobilization of dry matter in wheat: effects of nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 39 (4): 279-293.
15. 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 Agrotécnia. no. 21: 11-17.
16. 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.
17. Baloch, U. K. 1999. Wheat; post harvest operations. (en línea). Rome, FAO. 21 p. Consultado jul. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/cereals-grains/es>
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.; Priekule, I. 2015. The effects of soil tillage and crop rotation on the development of winter wheat leaf diseases. *Zemdirbyste Agriculture*. 102: 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. Bergamín, A.; Kimati, H. 2012. *Variedades resistentes*. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
23. 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.
24. Burne, Z. 2012. Eficacia de fungicidas para el tratamiento de semillas de trigo en siembra directa. (en línea). *Agrositio*. s.p. Consultado jun. 2016. Disponible en <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.php?id=73980&se=19>
25. Carmona, M. 2003a. Manejo integrado de enfermedades (MIE) en el cultivo de trigo. (en línea). INTA. Información técnica de trigo. Campaña 2003. Publicación miscelánea no. 99: 1-6. Consultado may. 2016. 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. Campaña 2003. Publicación miscelánea no. 109: 1-6. Consultado may. 2016. 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*. *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. Campaña 2003. Publicación miscelánea no. 109: 44-49. Consultado may. 2016. Disponible en http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/26452/mod_resource/content/0/El-manejo-integrado-de-las-enfermedades-del-trigo%20mi%C3%A9rcoles%203%20tarde.pdf

29. Carretero, R.; Serrago, R. A.; Guarino, G. 2015. Claves para un correcto monitoreo y control de enfermedades de trigo y cebada. *Revista Cultivar Conocimiento Agropecuario*. 95: 1-6.
30. Carvalho, P. C. T. 2010. Concepto de enfermedad. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
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. Ciuffetti, L. M.; Manning, V. A.; Pandleova, I.; Faris, J. D.; Friesen, T. L.; Strelkov, S. E.; Weber, G. L.; Goodwin, S. B.; Wolpert, T. J.; Figueroa, M. 2014. *Pyrenophora tritici-repentis*: a plant pathogenic fungus with global impact. In: Dean, R. A.; Lichens-Park, A.; Kole, C. eds. *Genomics of Plant-Associated Fungi: monocot Pathogens*. Berlin, Springer. pp. 01-40.
34. Coscollá, R. 1980. Incidencia de los factores climatológicos en la evolución de las plagas y enfermedades de las plantas. (en línea). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*. 6: 123-139. Consultado ene. 2017. Disponible en http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas/BSVP-06-02-123-139.pdf
35. Cotuna, O.; Sarateanu, V.; Paraschivu, M.; Durau, C.; Micu, L. 2013. Researches on the compartment 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. Dannenberg, M. D. 1989. Effect of timing of foliar fungicides on wheat disease control and yield increases. *Plant Disease*. 73: 227-229.
38. 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.
39. Díaz de Ackermann, M. 1992. Mancha parda del trigo. Montevideo, INIA. 18 p. (Boletín de Divulgación no. 19).

40. _____.; Pereyra, S.; Stewart, S. 1995. Manejo de enfermedades en cultivos de invierno en siembra directa. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (1995, Mercedes, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 42-43.
41. _____. 2004. Manejo de enfermedades en trigo. In: Jornada Técnica de Cultivos de Invierno (2004, Soriano, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 12-19 (Actividades de Difusión no. 357)
42. _____. 2011. Mancha parda o amarilla del trigo en Uruguay. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 95-109 (Serie Técnica no. 189).
43. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada M.; Robledo, C. W. 2008. InfoStat, versión 2008. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. s.p.
44. Dubor, T.; Burs, G. 2016. Aplicación de fungicidas y fertilización nitrogenada en trigo: efectos sobre la generación de biomasa y rendimiento ante infecciones de *Drechslera tritici-repentis*. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 47 p.
45. Duczek, L. J.; Sutherland, K. A.; Reed, S. L.; Bailey, K. L.; Lanfond, G. P. 1999. Survival of leaf spot pathogens on crop residues of wheat and barley in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 21: 165-173.
46. Ehdaie, B.; Alloush, G. A.; Waines, J. G. 2008. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*. 106: 34-43.
47. Ernst, O. 1999. Siembra sin laboreo en cultivos de invierno. *Cangüé*. no. 15: 20-23.
48. _____.; Siri-Prieto, G. 2011. La agricultura en Uruguay: su trayectoria y consecuencias. In: Simposio Nacional de Agricultura de Secano (2º., 2011, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 149-162.
49. Fernández, M. R.; De Pauw, R. M.; Clarke, J. M.; Lefkovitch, L. P. 1996. Red smudge in durum wheat reduces seedling vigour. *Canadian Journal of Plant Science*. 76: 321-324.

50. _____.; Pearse, P. G.; Holzgang, G.; Basnyat, P.; Zentner, R. P. 2009. Impacts of agronomic practices on the leaf spotting complex of common wheat in eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 89: 717-730.
51. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, BE). 2010. FRAC recommendations for fungicide mixtures designed to delay resistance evolution. (en línea). Brussels. 7 p. Consultado set. 2016. Disponible en http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures---january-2010.pdf?sfvrsn=7e9d419a_4
52. Franc, L. 1998. Components of the tan spot disease cycle. *In*: Duveiller, E.; Dubin, H. J.; Reeves, J.; McNab, A. eds. *Helminthosporium Blights of Wheat: spot Blotch and Tan Spot*. El Batán, CIMMYT/UCL/BADC. pp. 28-36.
53. Galli, F.; Carvalho, P. C. T. 2010. Ciclo de las relaciones patógeno-hospedero. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
54. García Del Moral, L. F.; Ramos, J. M. 1989. Fisiología de la producción de grano. *In*: Molina-Cano, J. L. ed. *La cebada, morfología, fisiología, genética, agronomía y uso industrial*. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 137-178.
55. Gepp, V. 2000. Control químico. Montevideo, Facultad de Agronomía. 18 p.
56. _____.; Mondino, P. 2002. Apuntes sobre fungicidas. Montevideo, Facultad de Agronomía. 8 p.
57. _____. 2010. Influencia del ambiente sobre las enfermedades vegetales. Montevideo, Facultad de Agronomía. 28 p.
58. _____. 2012. Epidemiología. Montevideo, Facultad de Agronomía. 4 p.
59. Germán, S.; Pereyra, S.; Díaz, M.; Silva, P.; Quincke, M.; Vázquez, D. 2014. Mejoramiento por resistencia a enfermedades de trigo en INIA Uruguay. *In*: Seminario Internacional de Trigo (2014, Colonia, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-45.
60. Godfray, H. C. J.; Beddington, J. R.; Crute, I. R.; Haddad, L.; Lawrence, D.; Muir, J. F.; Pretty, J.; Robinson, S.; Thomas, S. M.; Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science, New Series*. 327: 811-818.

61. Godiño, M.; Silva, J.; Negro, C.; Hartwich, F. 2004. La mesa nacional de trigo de Uruguay; aprendizaje para la innovación: las iniciativas mixtas entre sectores público y privado. (en línea). ISNAR Briefing Paper. 71: 1-11. Consultado jun. 2016. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20La%20Estanza/Mesa%20de%20Trigo/isnar%20bp%2071.pdf>
62. González, F. G. 2009. Uso del código decimal para describir el ciclo de cultivo de trigo. Revista Fertilizar. 11: 26-29.
63. González, S. 2011. Patología de semillas de trigo y cebada. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 63-73 (Serie Técnica no. 189).
64. 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.
65. 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.
66. Hoffman, E.; Viega, L.; Cadenazzi, M.; Benítez, A.; Gestido, V.; Mesa, P.; Fernández, R.; Baeten, A.; Glison, N. 2014. Bases morfo-fisiológicas que justifican el manejo diferencial de cultivares de trigo y cebada en Uruguay. In: Simposio Nacional de Agricultura de Secano (1º., 2009, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 1-9.
67. _____.; Fassana, N.; Akerman, A. 2015. Caracterización de cultivares de trigo: evaluación 2014. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 41 p.
68. 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.
69. Jorgensen, L. N.; Thygesen, K. 2006. Should strobilurins still be used in wheat? danish and foreign experience. In: Danish Plant Production Congress (3rd., 2006, Foulum, Denmark). Proceedings. Foulum, Danish Institute of Agricultural Science. pp. 485-486.
70. _____.; 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 abr. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/222396568_Control_of_tan_spot_Drechslera_tritici-repentis_using_cultivar_resistance_tillage_methods_and_fungicides

71. _____.; 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.
72. Kariyawasam, G. K.; Carter, A. H.; Rasmussen, J. B.; Faris, J.; Xu, S. S.; Mergoum, M.; Liu, Z. 2016. Genetic relationship between race-nonspecific and race-specific interactions in the wheat *Pyrenophora tritici-repentis* pathosystem. *Theoretical and Applied Genetics*. 129: 897-908.
73. Kirkegaard, J. A.; Christen, O.; Krupinsky, J.; Layzell, D. 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research*. 107: 185-195.
74. _____.; Ryan, M. H. 2014. Magnitude and mechanisms of persistent crop sequence effects on wheat. *Field Crops Research*. 164: 154-163.
75. Knogge, W. 1996. Fungal infection of plants. *The Plant Cell*. 8: 1711-1722.
76. Kohli, M. M. 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).
77. Krupinsky, J. M. 1982. Host of *Pyrenophora trichostoma*. In: Tan Spot and Related Diseases Workshop (1st., 1982, North Dakota, USA). Proceedings. Fargo, North Dakota. North Dakota State University. pp. 25-27.
78. _____.; Tanaka, D. L.; Merrill, S. D.; Liebig, M. A.; Lares, M. T.; Hanson, J. D. 2007. Crop sequence effects on leaf spot diseases of no-till spring wheat. *Agronomy Journal*. 99: 912-920.
79. McDonald, B. 2010. Trait correlations in bryophytes: exploring an alternative world. *New Phytologist*. 185: 1-3.
80. Massaro, R. A.; Gargicevich, A.; Gonzáles, M.; Incremona, M.; Albrecht, R.; Almada, G.; Capurro, J.; Damen, D.; Gonzáles, M. C.; Lago, M.; Méndez, J. M.; Pescetti, H. 2005. Asociación entre las variables

culturales del trigo y la severidad de las enfermedades foliares. INTA. Para Mejorar la Producción. no. 25: 50-53.

81. 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.
82. Mehta, R. Y. 2014. *Wheat diseases and their management*. Dordrecht, Springer. 265 p.
83. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección De Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2015a. Anuario estadístico agropecuario 2015. (en línea). Montevideo. 215 p. Consultado mar. 2016. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>
84. _____. 2015b. Encuesta agrícola, invierno 2015. (en línea). Montevideo. 22 p. Consultado mar. 2016. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_agricola_invierno_2015.pdf
85. 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.
86. 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 jun. 2016. Disponible en http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/101/trigo2004_n1.pdf
87. _____.; González, F. G.; Abeledo, L. G.; Serrago, R. A.; Alzueta, I.; García, G. A.; de San Caledonio, R. P.; Lo Valvo, P. 2014. *Manual de trigo y cebada para el cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo*. Buenos Aires, Argentina, Orientación Gráfica. 48 p.
88. Moffat, C. S.; Then 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.
89. 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 mar. 2016. Disponible en <https://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/33928.pdf>

90. Mumford, J. D.; Norton, G. A. 1984. Economics of decision making in pest management. *Annual Review of Entomology*. 29: 157-174.
91. Oerke, E. C.; Dehne, H. W. 2004. Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*. 23: 275-285.
92. Palmgren, M. G.; Edenbrandt, A. K.; Vedel, S. E.; Andersen, M. M.; Landes, X.; Osterberg, J. T.; Falhof, J.; Olsen, L. I.; Christensen, S. B.; Sandoe, P.; Gamborg, C.; Kappel, K.; Thorsen, B. J.; Pagh, P. 2015. Are we ready for back-to-nature crop breeding? *Science*. 20: 155-164.
93. 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.
94. 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.
95. Perelló, A.; Simón, M. R.; Arambarri, A. M. 2002. Interactions between foliar pathogens and the saprophytic microflora of the wheat (*Triticum aestivum* L.). *Phytopathology*. 150: 232-243.
96. _____; 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.
97. Pereyra, S.; Díaz de Ackerman, M.; Stewart, S. 2005. Manual de identificación de enfermedades en cereales de invierno. 2^a. ed. Montevideo, INIA. pp. 12-34 (Boletín de Divulgación no. 61).
98. _____; Altier, N. 2011. Desarrollo de epidemias en cultivo: análisis de sus componentes para un manejo integrado. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2011, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 19-35 (Serie Técnica no. 189).
99. _____; 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).

100. _____. 2014a. Criterios para el manejo de enfermedades en la nueva zafra. In: Jornada de Cultivos de Invierno (1^a., 2014, Mercedes, Uruguay). Trabajos presentados. Mercedes, FUCREA-INIA. pp. 1-15.
101. _____.; Acosta, Y. 2014b. Guía para el manejo de la fusariosis de la espiga en trigo. In: 100 años de INIA La Estanzuela (1^a., 2017, Colonia, Uruguay). Trabajos presentados. Colonia, INIA. pp. 1-10.
102. _____. 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>
103. Pérez, C. 1998. Importancia del rastreo en la sanidad de los cultivos de invierno. Cangüé. no. 5: 1-11.
104. _____. 2004. Manejo sanitario de cereales de invierno. Algunas consideraciones epidemiológicas frente a la próxima zafra. Cangüé. no. 25: 34-39.
105. _____.; 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 (1^o., 2009, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 141-160.
106. _____.; Hoffman, E.; Viega, L.; Villar, H.; Ernst, O. 2011. Manejo de enfermedades en sistemas agrícolas: mitos y realidades. In: Simposio Nacional de Agricultura (2^o., 2011, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 1-14.
107. _____.; Gepp, V. 2013. Principios generales de control. Montevideo, Facultad de Agronomía. 18 p.
108. Platz, G. 2010. Yellow leaf spot management. (en línea). Queensland, Agri-Science. s.p. Consultado jun. 2016. Disponible en <https://riverineplains.org.au/wp-content/uploads/2016/12/YellowLeafSpotmanagementGPlatz.pdf>

109. 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
110. _____.; _____.; 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.
111. Raymond, P. J.; Bockus, W. W.; Norman, B. L. 1985. Tan spot of winter wheat: procedures to determinate host response. *Phytopathology*. 75: 686-690.
112. Reis, E. M.; Trezzi Casa, R.; Carmona, M. 2002. Elementos para el manejo de enfermedades. In: Reis, E. M.; Trezzi Casa, R.; Carmona, M. eds. *Prácticas alternativas de manejo para una agricultura sustentable agroecológica: el camino para una agricultura sustentable*. Buenos Aires, Universidad de La Plata. pp. 275-308.
113. Ronis, A.; Semaskiene, R. 2006. Development of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in winter wheat under field conditions. *Agronomy Research*. 4: 331-334.
114. _____.; 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.
115. 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.
116. Serrago, R. A.; Carretero, R.; Bancal, M. O.; Miralles, D. J. 2011. Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum*). *Field Crops Research*. 120 (3): 352-359.
117. 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.
118. 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.
119. 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 Argentinan wheat production. *Agronomy Journal*. 103: 1441-1451.

120. Stewart, S. 1995. Avances en la patología de semilla de cebada. *In*: Reunión Nacional de Investigadores de Cebada (1º., 1995, Montevideo, Uruguay). Proceedings. Montevideo, INIA/LATU/SALUS. pp. 107-109.
121. _____. 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)
122. _____.; Pereyra, S.; Díaz, 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 abr. 2016. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-32.pdf>
123. _____.; _____.; _____. 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).
124. Suárez, D.; Melgarejo, L. M. 2010. Biología y germinación de semillas. (en línea). *In*: Melgarejo, L. M. ed. Experimentos en fisiología y bioquímica vegetal. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia. pp. 13-24. Consultado set. 2016. Disponible en http://bdigital.unal.edu.co/8545/4/03_Cap01.pdf
125. 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.
126. Uribe, H.; Rouanet, J. L. 2002. Effect of three tillage systems on moisture content in the soil profile. *Agricultura Técnica*. 62 (4): 555-564.
127. Viljanen-Rollinson, S. L. H.; Marroni, M. V.; Butler, R. C. 2010. Benefits from plant resistance in reducing reliance on fungicides in cereal disease management. *New Zealand Institute for Plant & Food Research*. 63: 145-150.

128. Wegulo, S. N.; Breathnach, J. A.; Baenziger, P. S. 2009. Effect of growth stage on the relationship between tan spot and spot blotch severity and yield in winter wheat. *Crop Protection*. 28: 692-702.
129. _____. 2010. Foliar diseases of winter wheat: management with fungicides. University of Nebraska. NebGuide G 1979. 4p.
130. _____.; Zwingman, M.; Baenziger, P.S. 2012. Yield response to foliar fungicide application in winter wheat. (en línea). *In*: Dhanasekaran, D. ed. *Fungicides for Plant and Animal Diseases*. Nebraska, Intech. pp. 227-244. Consultado may. 2016. Disponible en <https://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/26031.pdf>
131. Winter, M.; Demol, F.; Von Tiedemann, A. 2014. Cropping systems with maize and oilseed rape for energy production may reduce the risk of stem base diseases in wheat. *Field Crops Research*. 56: 249-257.
132. Wyczling, D.; Lenc, L.; Sadowski, C. 2010. Comparison of disease occurrence and green leaf area (GLA) of winter wheat depending on the forecrop and differentiated fungicidal protection used. *Journal of Plant Protection Research*. 50 (4): 489-498.
133. Zhan, J.; Thrall, P. H.; Burdon, J. J. 2014. Achieving sustainable plant disease management through evolutionary principles. *Trends in Plant Science*. 19: 570-575.

9. ANEXOS

ANEXOS MATERIALES Y MÉTODOS

Anexo No. 1.

Arreglo espacial de los tratamientos en el experimento

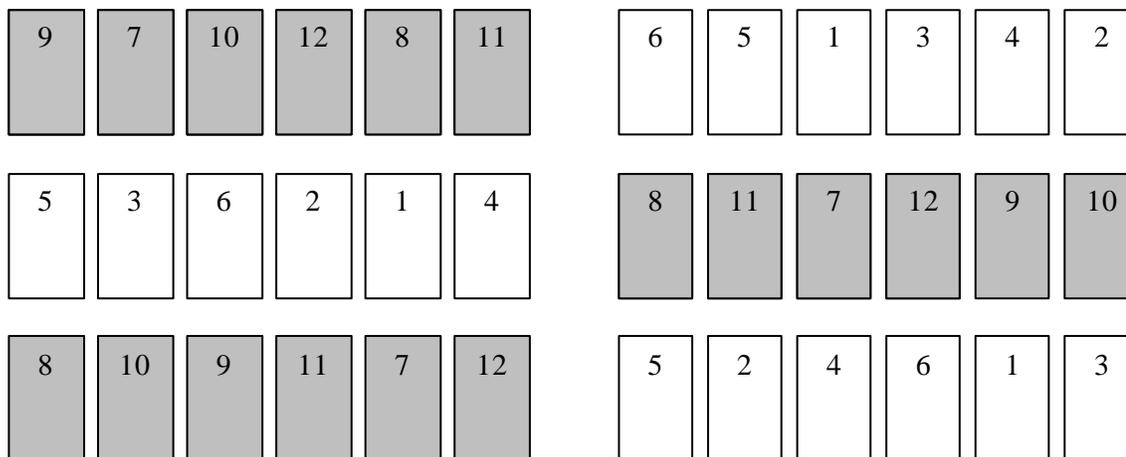


Figura No. 1. Arreglo espacial de los tratamientos en el experimento.

Cuadro No. 1. Detalle de tratamientos

TRATAMIENTO	RASTROJO	CURASEMILA	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

ANEXOS RESULTADOS

Anexo No. 2.

Datos meteorológicos mensuales del período de estudio

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	13,7	20,6	8,7	0,5
2	14,7	21,8	8,7	0,0
3	16,9	23,2	13,1	0,0
4	17,2	24,3	9,0	0,3
5	23,1	28,2	18,6	0,0
6	24,2	29,5	18,6	0,0
7	18,2	21,4	15,0	0,0
8	15,1	17,3	12,7	0,0
9	16,8	20,7	15,0	0,0
10	13,7	17,7	6,8	0,0
11	10,8	16,8	6,6	0,0
12	8,3	15,8	-0,2	0,0
13	8,9	12,1	7,1	0,8
14	9,9	17,3	3,2	0,3
15	8,9	16,7	1,0	0,0
16	11,4	20,4	5,1	0,0
17	10,1	17,7	3,4	0,0
18	6,1	11,2	0,4	0,0
19	5,7	13,3	-1,7	0,0
20	7,9	15,4	0,4	0,0
21	10,7	18,6	2,8	0,0
22	10,8	16,8	5,6	0,0
23	6,9	13,7	0,7	0,0
24	10,8	16,4	3,9	0,0
25	17,3	24,7	11,6	0,0
26	17,7	24,4	12,4	0,0
27	19,1	25,1	15,7	1,0
28	18,9	24,9	14,5	0,0
29	16,8	18,9	14,8	34,3
30	14,9	20,5	9,6	0,3
MEDIA = 13,5 MÁXIMA = 29,5 MÍNIMA = -1,7				TOTAL = 37,3

Figura No. 2. Datos meteorológicos de junio de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	10,9	16,7	6,6	0,3
2	11,9	16,3	8,0	0,0
3	9,7	12,8	6,6	0,3
4	8,3	12,2	3,5	0,0
5	7,3	14,7	1,1	0,3
6	11,8	16,8	8,2	0,0
7	9,7	17,1	4,3	0,0
8	9,9	18,7	0,1	0,3
9	11,2	15,8	6,7	0,3
10	14,0	18,4	10,4	0,3
11	14,1	20,0	8,1	0,0
12	17,3	21,8	13,6	1,0
13	12,2	15,7	9,2	0,3
14	9,6	15,9	3,8	0,0
15	7,4	14,8	-0,1	0,0
16	8,8	16,2	2,6	0,0
17	10,3	18,6	1,2	0,0
18	12,4	18,3	7,3	0,3
19	16,8	21,7	12,4	0,0
20	9,3	14,0	3,2	0,0
21	5,9	12,9	0,3	0,3
22	8,3	15,5	1,0	0,0
23	10,3	17,4	4,2	0,0
24	10,5	18,8	1,7	0,3
25	13,0	19,5	7,5	0,3
26	14,5	21,5	9,1	0,3
27	16,1	23,8	8,9	0,3
28	20,2	27,2	14,4	0,0
29	19,8	25,6	15,9	0,0
30	20,7	26,9	15,6	0,0
31	18,2	22,1	12,1	18,0
MEDIA = 12,3 MÁXIMA = 29,5 MÍNIMA = -0,1 TOTAL = 22,4				

Figura No. 3. Datos meteorológicos de julio de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	14,8	21,7	8,8	0,3
2	20,4	25,4	16,8	0,0
3	16,2	21,0	12,1	0,0
4	14,8	20,9	10,3	0,3
5	18,0	23,2	13,4	2,8
6	20,6	22,7	18,5	4,1
7	19,8	22,8	16,2	1,5
8	22,9	29,4	16,3	0,0
9	24,8	32,3	16,1	0,0
10	14,2	16,4	10,2	5,1
11	10,8	13,2	6,9	4,1
12	13,2	15,1	11,6	100,6
13	15,7	17,3	14,6	7,1
14	13,2	14,6	11,2	28,2
15	11,0	15,0	7,9	1,3
16	11,6	17,7	5,5	0,5
17	14,6	16,2	12,6	66,3
18	14,6	17,5	11,7	0,3
19	10,9	15,0	7,7	0,3
20	13,1	17,0	8,9	0,0
21	15,1	20,9	10,2	0,0
22	16,4	22,9	11,8	0,0
23	10,9	14,7	6,7	0,0
24	9,8	16,8	3,0	0,0
25	14,1	21,9	6,8	0,3
26	16,2	19,2	11,5	32,3
27	14,1	19,7	9,7	0,3
28	16,2	25,0	8,3	0,0
29	21,1	27,8	15,5	0,0
30	23,3	31,1	17,2	0,0
31	21,4	28,2	13,0	0,0
MEDIA = 15,9 MÁXIMA = 32,3 MÍNIMA= 3 TOTAL=255,3				

Figura No. 4. Datos meteorológicos de agosto de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	11,8	15,9	7,4	0,0
2	11,9	15,2	9,1	0,0
3	11,5	17,9	6,6	0,3
4	11,4	18,3	3,6	0,3
5	13,3	20,3	6,3	0,0
6	13,6	20,7	5,8	0,0
7	14,1	19,9	8,3	0,0
8	15,6	23,7	7,9	0,3
9	14,8	22,5	5,9	1,0
10	9,7	13,9	6,8	21,3
11	7,3	11,3	4,1	0,0
12	10,4	18,6	1,2	0,0
13	14,7	23,8	5,7	0,0
14	16,4	25,4	8,0	0,0
15	20,6	29,3	13,2	0,0
16	15,3	19,7	11,1	0,0
17	12,7	19,9	6,8	0,0
18	13,5	22,0	5,6	0,3
19	15,8	22,9	9,0	0,0
20	16,4	20,9	10,8	0,0
21	17,5	19,8	15,4	0,0
22	16,1	17,9	14,7	0,0
23	16,1	17,3	14,8	36,8
24	14,8	16,3	13,8	18,8
25	14,2	17,4	12,9	0,8
26	15,0	20,2	11,7	0,0
27	15,1	21,1	8,6	0,3
28	15,3	22,6	9,0	1,8
29	15,3	22,7	9,2	0,3
30	13,8	20,9	6,3	0,0
MEDIA = 14,1 MÁXIMA = 29,3 MÍNIMA=1,2				TOTAL=82

Figura No. 5. Datos meteorológicos de setiembre de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	18,3	26,4	9,7	5,1
2	14,1	19,1	9,9	28,7
3	9,3	13,8	6,5	0,0
4	12,8	18,6	5,3	0,0
5	17,4	23,9	12,5	0,0
6	21,1	28,1	14,8	0,0
7	15,4	17,8	13,7	7,1
8	15,2	18,4	13,1	0,5
9	14,1	18,7	10,1	0,0
10	12,4	15,8	9,2	0,3
11	13,4	17,5	10,9	0,8
12	13,4	19,7	7,5	0,3
13	15,9	22,6	9,7	0,0
14	18,5	24,7	13,7	0,0
15	16,8	22,7	12,5	13,5
16	13,8	19,9	8,5	0,0
17	12,2	18,9	6,1	0,0
18	13,9	20,7	6,2	0,0
19	15,6	18,9	13,2	32,8
20	17,8	22,2	14,8	1,3
21	17,9	23,1	12,9	0,0
22	18,4	24,9	11,6	0,0
23	15,1	19,8	11,2	0,0
24	13,2	15,9	9,4	0,0
25	15,9	19,6	13,0	0,0
26	18,9	23,4	15,8	1,0
27	22,1	28,2	16,3	0,0
28	21,3	27,1	15,6	0,0
29	21,3	28,3	17,9	23,4
30	18,6	21,1	16,6	0,0
31	16,7	22,1	11,8	0,0
MEDIA = 16,2 MÁXIMA = 28,3 MÍNIMA = 5,3 TOTAL = 114,6				

Figura No. 6. Datos meteorológicos de octubre de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	15,8	20,6	10,9	0,0
2	16,0	20,7	10,5	0,0
3	19,4	24,2	15,7	0,0
4	17,6	20,3	15,0	0,0
5	17,8	24,2	12,3	0,0
6	18,7	25,5	11,2	0,0
7	20,0	26,8	11,8	0,0
8	21,8	28,2	14,5	0,0
9	24,6	32,2	16,5	0,0
10	22,8	28,1	19,8	66,0
11	22,6	28,7	18,4	0,0
12	21,7	25,9	17,2	7,6
13	18,6	21,8	15,6	0,0
14	20,4	27,4	13,1	0,3
15	21,9	28,4	14,6	0,0
16	20,9	25,4	18,3	0,0
17	20,1	24,3	17,7	1,3
18	20,4	25,9	17,3	0,0
19	18,2	23,2	12,9	9,1
20	16,4	21,8	11,8	0,0
21	17,7	24,2	9,6	0,0
22	21,3	28,2	12,7	0,0
23	21,3	27,2	15,0	0,0
24	19,9	26,1	13,2	0,0
25	21,2	27,3	14,8	0,0
26	19,2	22,2	16,7	19,0
27	21,3	24,8	17,9	12,4
28	19,9	26,2	14,4	0,3
29	20,4	26,6	13,5	0,0
30	21,3	29,0	12,3	0,0
MEDIA = 20,0 MÁXIMA = 32,2 MÍNIMA=9,6 TOTAL=116,1				

Figura No. 7. Datos meteorológicos de noviembre de 2015.

DÍA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	PRECIPITACIONES (mm)
1	21,9	28,6	14,3	0,0
2	21,8	28,9	13,3	0,0
3	22,4	26,4	18,8	0,0
4	24,0	30,9	16,7	0,0
5	22,7	29,0	16,1	0,0
6	18,8	25,8	12,1	0,0
7	19,9	28,9	10,2	0,0
8	23,7	31,3	13,3	0,0
9	21,7	26,9	18,4	2,3
10	24,8	32,7	15,4	0,0
11	26,3	33,4	18,7	0,0
12	25,2	35,1	19,6	20,1
13	24,6	31,3	18,7	0,0
14	24,2	28,9	20,8	4,6
15	24,1	31,8	17,1	0,3
16	24,6	31,9	16,7	0,0
17	20,6	21,9	18,7	88,4
18	21,6	26,6	15,7	17,3
19	19,6	25,9	12,2	0,0
20	21,3	28,1	13,3	0,0
21	24,0	31,0	18,9	2,0
22	21,3	22,9	19,6	56,6
23	20,9	24,3	18,6	30,5
24	23,4	29,4	18,0	0,3
25	24,4	30,9	17,6	0,0
26	24,8	30,6	19,3	0,0
27	26,4	32,7	19,4	0,0
28	28,1	34,1	21,8	0,0
29	25,3	26,9	23,8	15,7
30	25,2	30,4	22,1	26,4
31	24,0	29,1	20,2	0,3
MEDIA = 23,3 MÁXIMA = 35,1 MÍNIMA= 10,2 TOTAL=264,7				

Figura No. 8. Datos meteorológicos de diciembre de 2015.

Anexo No. 3.

Análisis de la varianza para plantas por metro a los 50 días post siembra

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
NÚMERO DE PLANTAS POR METRO A LOS 50 dps	36	0,8	0,65	13,18

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1079,08	15	71,94	5,29	0,0004	
BLOQUE	178,01	2	89,01	6,55	0,0065	
RASTROJO	536,69	1	536,69	39,48	<0,0001	
CURASEMILLA	3,36	1	3,36	0,25	0,6244	
FUNGICIDA	20,06	2	10,03	0,74	0,4908	
BLOQUE*RASTROJO	129,6	2	64,8	4,77	0,0203	
RASTROJO*CURASEMILLA	61,36	1	61,36	4,51	0,0463	
RASTROJO*FUNGICIDA	41,06	2	20,53	1,51	0,245	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	47,39	2	23,69	1,74	0,2006	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	61,56	2	30,78	2,26	0,1299	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	
Error	271,89	20	13,59			
Total	1350,97	35				

Figura No. 9. Análisis de la varianza para plantas por metro a los 50 dps.

Anexo No. 4.

Análisis de la varianza para macollos por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
NÚMERO DE MACOLLOS PROMEDIO POR PLANTA	36	0,65	0,38	17,7

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	37,08	15	2,47	2,43	0,0326	
BLOQUE	3,46	2	1,73	1,7	0,2079	
RASTROJO	0,04	1	0,04	0,03	0,8544	
CURASEMILLA	0,67	1	0,67	0,66	0,4271	
FUNGICIDA	0,47	2	0,23	0,23	0,7966	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	(BLOQUE*RASTROJO)
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	(BLOQUE*RASTROJO)
BLOQUE*RASTROJO	28,54	2	14,27	14,02	0,0002	
RASTROJO*CURASEMILLA	1,69	1	1,69	1,66	0,2125	
RASTROJO*FUNGICIDA	0,13	2	0,06	0,06	0,9404	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	0,68	2	0,34	0,33	0,7205	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	1,42	2	0,71	0,7	0,5104	
Error	20,35	20	1,02			
Total	57,43	35				

Figura No. 10. Análisis de la varianza para número de macollos promedio por planta.

Anexo No. 5.

Análisis de la varianza para rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
RENDIMIENTO POR UNIDAD DE SUPERFICIE	36	0,8	0,64	10,86

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	22807736	15	1520515,7	5,18	0,0004	
BLOQUE	2791678,9	2	1395839,5	4,75	0,0205	
RASTROJO	6359723,7	1	6359723,7	21,66	0,0002	
CURASEMILLA	78156,18	1	78156,18	0,27	0,6116	
FUNGICIDA	10794732	2	5397366	18,38	<0,0001	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	(BLOQUE*RASTROJO)
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	(BLOQUE*RASTROJO)
BLOQUE*RASTROJO	922160,21	2	461080,1	1,57	0,2326	
RASTROJO*CURASEMILLA	316420,97	1	316420,97	1,08	0,3116	
RASTROJO*FUNGICIDA	1086633,4	2	543316,68	1,85	0,1831	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	197245,57	2	98622,79	0,34	0,7186	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	260984,79	2	130492,4	0,44	0,6474	
Error	5872160,2	20	293608,01			
Total	28679896	35				

Figura No. 11. Análisis de la varianza para rendimiento.

Anexo No. 6.

Análisis de la varianza para componentes del rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
PLANTAS/m2	36	0,8	0,65	13,18

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	29855,65	15	1990,38	5,29	0,0004	
BLOQUE	4925,22	2	2462,61	6,55	0,0065	
RASTROJO	14849,05	1	14849,05	39,48	<0,0001	
CURASEMILLA	92,99	1	92,99	0,25	0,6244	
FUNGICIDA	554,89	2	277,44	0,74	0,4908	
BLOQUE*RASTROJO	3585,64	2	1792,82	4,77	0,0203	
RASTROJO*CURASEMILLA	1697,71	1	1697,71	4,51	0,0463	
RASTROJO*FUNGICIDA	1135,91	2	567,95	1,51	0,245	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	1311,14	2	655,57	1,74	0,2006	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	1703,09	2	851,55	2,26	0,1299	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	
Error	7522,51	20	376,13			
Total	37378,16	35				

Figura No. 12. Análisis de la varianza para plantas por metro.

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	C.V.
MACOLLOS/PLANTA	36	0,65	0,38	17,7

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	37,08	15	2,47	2,43	0,0326	
BLOQUE	3,46	2	1,73	1,7	0,2079	
RASTROJO	0,04	1	0,04	0,03	0,8544	
CURASEMILLA	0,67	1	0,67	0,66	0,4271	
FUNGICIDA	0,47	2	0,23	0,23	0,7966	
BLOQUE*RASTROJO	28,54	2	14,27	14,02	0,0002	
RASTROJO*CURASEMILLA	1,69	1	1,69	1,66	0,2125	
RASTROJO*FUNGICIDA	0,13	2	0,06	0,06	0,9404	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	0,68	2	0,34	0,33	0,7205	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	1,42	2	0,71	0,7	0,5104	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	
Error	20,35	20	1,02			
Total	57,43	35				

Figura No. 13. Análisis de la varianza para macollos por planta.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
MACOLLOS/m2	36	0,79	0,62	11,67

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	755896,87	15	50393,12	4,89	0,0006	
BLOQUE	69123,1	2	34561,55	3,35	0,0555	
RASTROJO	366347,74	1	366347,74	35,53	<0,0001	
CURASEMILLA	21063,68	1	21063,68	2,04	0,1683	
FUNGICIDA	13056,65	2	6528,32	0,63	0,5412	
BLOQUE*RASTROJO	201705,34	2	100852,67	9,78	0,0011	
RASTROJO*CURASEMILLA	5097,96	1	5097,96	0,49	0,4901	
RASTROJO*FUNGICIDA	31412,7	2	15706,35	1,52	0,2422	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	37998,3	2	18999,15	1,84	0,1843	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	10091,39	2	5045,69	0,49	0,6202	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	
Error	206209,42	20	10310,47			
Total	962106,29	35				

Figura No. 14. Análisis de la varianza para macollos por metro cuadrado.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
FERTILIDAD DE TALLOS (%)	36	0,47	0,07	19,53

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1502,7	15	100,18	1,19	0,3551	
BLOQUE	148,28	2	74,14	0,88	0,4313	
RASTROJO	406,1	1	406,1	4,81	0,0404	
CURASEMILLA	243,73	1	243,73	2,88	0,105	
FUNGICIDA	27,1	2	13,55	0,16	0,8529	
BLOQUE*RASTROJO	354,8	2	177,4	2,1	0,1487	
RASTROJO*CURASEMILLA	80,3	1	80,3	0,95	0,3413	
RASTROJO*FUNGICIDA	135,5	2	67,75	0,8	0,4624	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	99,17	2	49,59	0,59	0,5654	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	7,71	2	3,85	0,05	0,9555	
BLOQUE	0	0	0 sd		sd	
RASTROJO	0	0	0 sd		sd	
Error	1690,05	20	84,5			
Total	3192,75	35				

Figura No. 15. Análisis de la varianza para fertilidad de tallos.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
ESPIGAS/m ²	36	0,49	0,11	12,03

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	39189,62	15	2612,64	1,29	0,2915	
BLOQUE	3469,21	2	1734,6	0,86	0,439	
RASTROJO	17990,86	1	17990,86	8,9	0,0074	
CURASEMILLA	941,47	1	941,47	0,47	0,5028	
FUNGICIDA	3976,45	2	1988,22	0,98	0,3914	
BLOQUE*RASTROJO	4957,11	2	2478,56	1,23	0,3146	
RASTROJO*CURASEMILLA	27,67	1	27,67	0,01	0,908	
RASTROJO*FUNGICIDA	2494,7	2	1247,35	0,62	0,5495	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	4871,03	2	2435,52	1,2	0,3206	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	461,13	2	230,56	0,11	0,8928	
BLOQUE	0	0	0 sd		sd	
RASTROJO	0	0	0 sd		sd	
Error	40434,66	20	2021,73			
Total	79624,28	35				

Figura No. 16. Análisis de la varianza para espigas por metro cuadrado.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
GRANOS/ESPIGA	36	0,41	0	10,4

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	289,93	15	19,33	0,94	0,5417	
BLOQUE	2,75	2	1,37	0,07	0,9357	
RASTROJO	16,27	1	16,27	0,79	0,3845	
CURASEMILLA	0,54	1	0,54	0,03	0,8732	
FUNGICIDA	94,63	2	47,32	2,3	0,1263	
BLOQUE*RASTROJO	49,35	2	24,68	1,2	0,3223	
RASTROJO*CURASEMILLA	6,25	1	6,25	0,3	0,5877	
RASTROJO*FUNGICIDA	26,77	2	13,39	0,65	0,5325	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	51,87	2	25,94	1,26	0,3052	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	41,5	2	20,75	1,01	0,3827	
BLOQUE	0	0	0 sd		sd	
RASTROJO	0	0	0 sd		sd	
Error	411,61	20	20,58			
Total	701,54	35				

Figura No. 17. Análisis de la varianza para granos por espiga.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
GRANOS/M2	36	0,42	0	16,4

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	103969332	15	6931288,8	0,97	0,5146	
BLOQUE	12176532	2	6088265,8	0,85	0,4411	
RASTROJO	18321182	1	18321182	2,57	0,1248	
CURASEMILLA	2348022	1	2348022	0,33	0,5727	
FUNGICIDA	17388725	2	8694362,4	1,22	0,3168	
BLOQUE*RASTROJO	30059342	2	15029671	2,11	0,1479	
RASTROJO*CURASEMILLA	1522962,5	1	1522962,5	0,21	0,6491	
RASTROJO*FUNGICIDA	13699524	2	6849762	0,96	0,4	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	754529,74	2	377264,87	0,05	0,9486	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	7698513,5	2	3849256,7	0,54	0,5914	
BLOQUE	0	0	0 sd		sd	
RASTROJO	0	0	0 sd		sd	
Error	142752454	20	7137622,7			
Total	246721786	35				

Figura No. 18. Análisis de la varianza para granos por metro cuadrado.

Variable	N	R ²	R ² Aj	C.V.
PMG (g)	36	0,65	0,39	8,31

Cuadro de análisis de la varianza (S.C. tipo III)

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	p-valor	(Error)
Modelo.	200,35	15	13,36	2,47	0,0305	
BLOQUE	9,65	2	4,82	0,89	0,4262	
RASTROJO	26,84	1	26,84	4,95	0,0377	
CURASEMILLA	1,30E-03	1	1,30E-03	2,50E-04	0,9876	
FUNGICIDA	114,79	2	57,39	10,59	0,0007	
BLOQUE*RASTROJO	6,97	2	3,48	0,64	0,5363	
RASTROJO*CURASEMILLA	5,64	1	5,64	1,04	0,3197	
RASTROJO*FUNGICIDA	15,77	2	7,88	1,46	0,257	
CURASEMILLA*FUNGICIDA	10,45	2	5,23	0,96	0,3981	
RASTROJO*CURASEMILLA*FUNGICIDA	10,25	2	5,12	0,95	0,4051	
BLOQUE	0	0	0	sd	sd	
RASTROJO	0	0	0	sd	sd	
Error	108,34	20	5,42			
Total	308,69	35				

Figura No. 19. Análisis de la varianza para peso de mil granos.

FUNGICIDA	Medias	n	E.E.		
PROTEGIDO	30,17	12	0,73	A	
TECNOLÓGICO	28,07	12	0,73	A	B
TESTIGO	25,8	12	0,73		B

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,40397 Error: 5,4172 gl: 20

Figura No. 20. Test de Tukey para efecto de fungicida sobre PMG.