

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA AL CONTROL QUÍMICO DE ROYA DE LA HOJA,
PARA CULTIVARES DE COMPORTAMIENTO CONTRASTANTE
EN TRIGO**

por

**Agustín Ignacio ELLIOT CARDOZO
Wilder Raúl MOREL REVETRIA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. Carlos Pérez

.....
Ing. Agr. Esteban Hoffman

.....
Ing. Agr. Luis Viega

Fecha: 02 de setiembre de 2011

Autor:
Agustín Ignacio ELLIOT CARDOZO

.....
Wilder Raúl MOREL REVETRIA

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres, hermanos y amigos, por el apoyo continuo a lo largo de nuestra formación.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO EN URUGUAY.....	2
2.2 ENFERMEDADES DE TRIGO	3
2.3 IMPORTANCIA DE LA ROYA DE LA HOJA	3
2.4 CICLO DE LA ROYA DE LA HOJA.....	4
2.5 RELACIÓN ENTRE LAS ENFERMEDADES FOLIARES Y LOS ATRIBUTOS ECOFISIOLÓGICOS DEL CULTIVO DE TRIGO	7
2.6 CONTROL DE ROYA DE LA HOJA	8
2.6.1 <u>Manejo mediante resistencia genética</u>	9
2.6.2 <u>Aplicación de fungicida y formulación utilizada</u>	12
2.6.3 <u>Respuesta al control químico de las enfermedades foliares según momento de aplicación del fungicida</u>	14
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	16
3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL	16
3.2 CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES UTILIZADOS	18
3.3 DETERMINACIONES.....	20
3.3.1 <u>Sobre el cultivo</u>	20
3.3.2 <u>Sobre la enfermedad</u>	20
3.3.3 <u>Sobre la actividad fotosintética de la planta</u>	21
3.3.4 <u>Componentes de rendimiento y calidad</u>	21
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	23
4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO 2010	23
4.2 SANIDAD DEL CULTIVO	25
4.2.1 <u>Roya de la hoja</u>	25
4.2.2 <u>Cantidad de enfermedad</u>	32
4.2.3 <u>Manchas foliares</u>	34
4.3 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS VIVAS	34
4.4 EVOLUCIÓN DEL INDICE DE VERDE	40
4.5 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA.....	43
4.6 RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES.....	46
4.7 RELACIONES ENTRE CANTIDAD DE ENFERMEDAD Y RENDIMIENTO CON SUS COMPONENTES.....	55
5. <u>CONCLUSIONES</u>	58
6. <u>RESUMEN</u>	59
7. <u>SUMMARY</u>	61

8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	62
9. <u>ANEXOS</u>	67

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Comportamiento de los fungicidas evaluados para el control de roya de la hoja en el período 1993 al 2008.	14
2. Largo del ciclo de los cultivares utilizados, medido como días post-emergencia a Z22, Z30 y Z55.	18
3. Características de los cultivares utilizados en el experimento.	18
4. Comportamiento sanitario de los dos cultivares en sus respectivos años de evaluación.	19
5. Tasa de evolución de roya de la hoja (% severidad/día) para productos fungicidas utilizados según período de estimación	29
6. Evolución de IV para ambos cultivares entre lecturas.	42
7. Lecturas de IV por estrato según momento de aplicación.	42
8. Lecturas de IV por estrato en respuesta a los fungicidas utilizados.	43
9. Tasa de crecimiento diaria (kg de MS/ha/día) según cultivar y etapa del ciclo.	44
10. Resultados del análisis de varianza (p - valor) de componentes y determinantes del rendimiento y calidad.	48
11. Componentes del rendimiento promedio para cada variedad	50
12. Rendimiento medio y componentes para todos los tratamientos.	54

Figura No.

1. Evolución anual del área de siembra de trigo en los últimos 50 años.	2
2. Ciclo de vida de <i>Puccinia triticina</i>	6
3. Precipitaciones y temperatura media mensual para el año 2010 en relación a los promedios históricos (30 años) para Paysandú.	23
4. Temperatura media y precipitaciones por día durante el periodo setiembre, octubre y noviembre.	24
5. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los dos cultivares en estudio.	25
6. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los momentos de aplicación del estudio.	27
7. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los fungicidas utilizados en el estudio	28
8. Evolución del porcentaje de severidad de roya de la hoja para la interacción Momento*Fungicida.	29
9. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para la interacción Cultivar*Momento.	30
10. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para la interacción Cultivar*Momento*Fungicida.	31
11. Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) para cada tratamiento.	33

12. Evolución del nivel de severidad de manchas foliares para testigo enfermo y protegido según cada cultivar	34
13. Evolución de severidad y número de hojas según cultivar.	35
14. Evolución del número de hojas vivas por tallo en cultivar Atlax y Baguette 9	36
15. Evolución del número de hojas vivas por tallo en función del momento de aplicación.	37
16. Evolución del número de hojas vivas por tallo para cada fungicida estudiado	38
17. Evolución del número de hojas vivas por tallo según interacción Cultivar*Momento	39
18. Evolución del número de hojas vivas por tallo según interacción Momento*Fungicida.	40
19. Evolución del IV de los estratos dentro del cultivo en dos mediciones para ambos cultivares	41
20. Evolución de la materia seca desde siembra hasta cosecha	45
21. Evolución de la producción de biomasa y severidad según tratamiento sano y enfermo para cada variedad	46
22. Relaciones entre el rendimiento y sus componentes.....	47
23. a) Rendimiento promedio para cada variedad. b) Rendimiento medio de los tratamientos sanos y enfermos según variedad.....	49
24. Rendimiento promedio según momento de aplicación y componentes del rendimiento	51
25. Rendimiento medio final en grano para todos los tratamientos según cultivar	53
26. Relación entre área bajo la curva (AUDPC) y rendimiento.....	56
27. Relación entre el AUDPC y el número y peso de grano para Atlax (a) y Baguette 9 (b).....	57

1. INTRODUCCION

El cultivo de trigo ha sido, y lo es en la actualidad, uno de los principales cereales producidos en el Uruguay, e históricamente ha dominado el área de siembra de cultivos de invierno. En las últimas décadas tanto el área de siembra, como los potenciales de rendimiento han mostrado un apreciable incremento. A esto se le suma la constante mejora en las prácticas de manejo, lo cual hace que sea posible cada año el logro de rendimientos cercanos a los potenciales.

En este marco, las enfermedades se han convertido en una de las principales limitantes productivas del cultivo. Una de las principales enfermedades que presenta actualmente el cultivo de trigo en Uruguay es la roya de la hoja causada por *Puccinia triticina* la cual ha causado las mayores pérdidas de rendimiento y calidad de grano en todo el país. Las epidemias de esta enfermedad se hacen presente cada año, principalmente en aquellas zonas donde hay grandes áreas sembradas con cultivares susceptibles.

Entre las medidas de manejo disponibles para controlar esta enfermedad se encuentran: la fecha de siembra, eliminación de plantas guachas y malezas, resistencia genética, diversificación de cultivares y el control químico. La alternativa de control químico es la única alternativa de manejo disponible una vez instalado el cultivo. Sin embargo existen una serie de limitantes de información respecto al uso de fungicidas para minimizar el impacto de epidemias de roya sobre el trigo. En este sentido, el objetivo de este trabajo es obtener una mejor comprensión de la bases fisiológicas de la respuesta al control químico de la roya de la hoja en cultivares de trigo de comportamiento contrastantes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE TRIGO EN URUGUAY

El cultivo de trigo se ha constituido a lo largo de la historia en uno de los principales cereales sembrados en el país. Pese a una notable caída en las décadas del '80 y el '90 el área de siembra de trigo en el Uruguay comenzó a crecer a principios del presente siglo ocupando un área por encima de las 500.000 hectáreas en el año 2009 (figura No. 1), y con un áreas sembrada de 405.000 hectáreas para el año 2010 (INIA, 2011), desplazando parcialmente al cultivo de cebada y convirtiéndose en el cultivo dominante del área de invierno, siendo la siembra para el invierno 2010 de un 82%, en relación al 12,6% de cebada (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010). La caída del 32% observada en el 2010 fue debida a la abundancia de lluvias en el invierno. El área del cultivo se concentra mayormente en la zona litoral oeste del país, donde se siembran grandes extensiones dominadas por no más de cuatro cultivares cada año (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010).

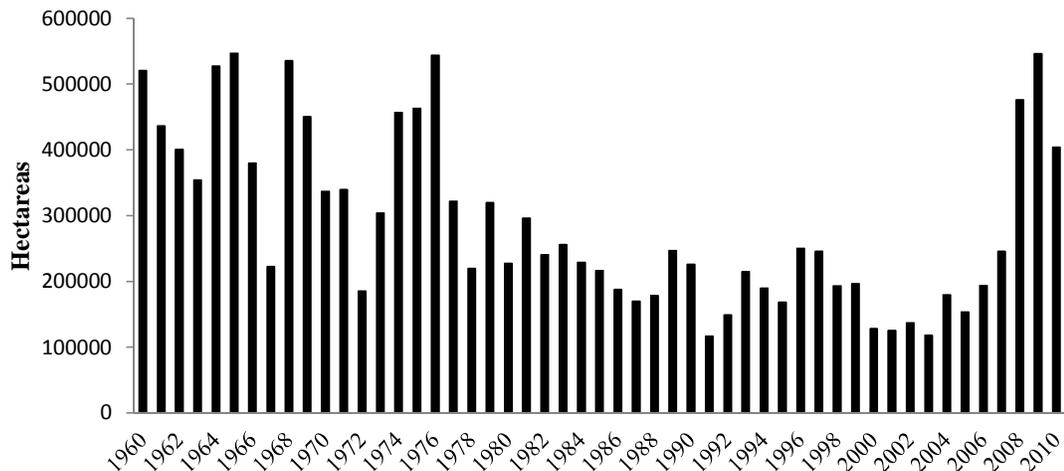


Figura No. 1. Evolución anual del área de siembra de trigo en los últimos 50 años. Fuente: URUGUAY. MGAP. DIEA (2011).

Las características climáticas de la región hacen que el rendimiento de trigo sea altamente variable y fuertemente influenciado por factores bióticos y abióticos. En este marco, las enfermedades foliares han sido identificadas como el principal factor biótico limitante en la concreción de altos potenciales de rendimiento (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011).

2.2 ENFERMEDADES DE TRIGO

Las enfermedades foliares en trigo producen cambios en los procesos normales del desarrollo de la planta que no le permiten expresar su potencial y que culmina con la disminución del rendimiento según: i) el componente genético relacionado a la resistencia del cultivar en cuestión, ii) la virulencia de los patógenos presentes y iii) el ambiente favorable a la enfermedad, siendo éstos los elementos críticos que completan el triángulo de enfermedad (González et al., 2007).

El cultivo de trigo es afectado por un gran número de enfermedades, pero en las condiciones de Uruguay, el número de las mismas que causan serios daños al cultivo se reduce. Este cultivo es atacado por diversos microorganismos, siendo los hongos el grupo de mayor importancia.

Los hongos se pueden clasificar en biótrofos o necrótrofos, según su habilidad de obtener nutrientes. Los primeros se caracterizan por poder obtener alimento únicamente desde tejido vivo, mientras que los últimos tienen capacidad de alimentarse de tejido muerto, y por consiguiente sobrevivir asociados a los rastrojos.

Las enfermedades más frecuentes y que producen las mayores pérdidas económicas en el cultivo en la región son: i) el grupo de las manchas foliares integrado por: *Drechslera tritici-repentis* (Mancha amarilla), *Septoria tritici* (Septosiosis) y *Bipolaris sorokiniana* (Mancha marrón); ii) el grupo de las royas integrado por *Puccinia triticina* (Roya de la hoja del trigo), *Puccinia graminis f.sp. tritici* (Roya del tallo) y *Puccinia striiformis* (Roya estriada); iii) el oídio (causado por *Blumeria graminis f.sp. tritici*) y iv) la fusariosis de la espiga (causada mayormente por *Fusarium graminearum*). Las manchas foliares y *Fusarium graminearum* son hongos necrótrofos mientras que las royas y el oídio son biótrofos.

2.3 IMPORTANCIA DE LA ROYA DE LA HOJA

En América del Norte, *P. triticina* fue introducida con el cultivo de trigo a principios del siglo XVII (Chester, citado por Bolton et al., 2008), sin embargo en dicho país no parece haber afectado la calidad del grano tanto como la roya del tallo (Leonard y Szabo, citados por Bolton et al., 2008) o fusariosis de la espiga (Goswami y Kistler, citados por Bolton et al., 2008). Pérdidas de rendimiento en grano por infecciones de *P. triticina* suelen ser el resultado de la disminución en el número de granos y menor peso de grano (Bolton et al., 2008). *Puccinia triticina* es ahora reconocido como un patógeno importante en la producción de trigo en todo el mundo, causando importantes pérdidas de rendimiento en grandes áreas geográficas (Saari y Prescott 1985, Roelfs et al. 1992, Marasas et al. 2004).

En Uruguay, y en el resto del Cono Sur, la roya de la hoja de trigo (causada por *Puccinia triticina*) es una de las enfermedades foliares de trigo de mayor importancia económica (Perea y Díaz 1981, Germán et al. 2007). Los altos niveles de variación de virulencia y amplia adaptación del hongo a las diversas condiciones climáticas donde se cultiva trigo son característicos de *P. triticina* y contribuyen a las pérdidas observadas en la producción mundial de trigo (Roelfs et al. 1992, Kolmer, citado por Bolton et al. 2008).

En condiciones extremas se han estimado pérdidas de rendimiento de grano de más del 50% en cultivares susceptibles a roya de la hoja (Germán et al., citados por Germán y Castro, 2011). Roelfs et al. (1992) señalan entre 10 a 30% de pérdidas causadas por *Puccinia triticina*. En parcelas con infección natural de royas de la hoja y del tallo, la máxima disminución del peso de mil granos (PMG) reportada fue 39% en 1978 y 16% del peso hectolítrico (PH) (Germán, citado por Díaz et al., 2006). Además de las pérdidas económicas causadas por la merma de rendimiento por la enfermedad, Germán (2010a) estimó un costo de las aplicaciones de fungicidas para controlar roya de la hoja de U\$S7,9 millones.

La intensificación de la agricultura contribuyó al incremento en la importancia de las epidemias causadas por patógenos biotróficos en general y *P. triticina* en particular. El incremento del área de trigo determina mayor área donde puede multiplicarse el inóculo. Por otro lado, las mejores prácticas culturales utilizadas para lograr mayores rendimientos determinan mayor disponibilidad de nitrógeno y desarrollo vegetativo, lo que también favorece el desarrollo de roya de la hoja incrementando el nivel de infección y el daño (Germán et al., citados por Germán y Castro, 2011).

2.4 CICLO DE LA ROYA DE LA HOJA

Puccinia triticina es un hongo heteroico, y por lo tanto requiere de un hospedero telial / uredinial (generalmente trigo) y un hospedero alternativo (pycnial / aecial) (*Thalictrum speciosissimum* o *Isopyrum fumaroides*) para completar su ciclo de vida. Los hospederos alternativos adecuados están rara vez presentes, en donde el trigo es cultivado. Esto sugiere que el probable centro de origen de *P. triticina* es la región fértil del Oriente Medio, donde ambos hospederos necesarios para que la roya desarrolle el macrociclo, coexisten geográficamente (D'Oliveira y Samborski, citados por Bolton et al., 2008)

La falta de hospederos alternativos, junto a datos moleculares de genotipificación de *P. triticina* sugiere que la explotación del ciclo sexual no contribuye a la propagación de la enfermedad y es una fuente insignificante de variación genética para *P. triticina*

tanto en América del Norte y en la mayoría de otras áreas de producción de trigo del mundo (Kolmer, citado por Bolton et al., 2008). Sin embargo, la generación de variabilidad (nuevas razas) se produce fundamentalmente a través de mutaciones, dando lugar a poblaciones compuestas por diversos patotipos o razas que difieren en su habilidad en atacar diversos cultivares o genotipos del huésped (Germán et al., 2010b).

El patógeno sobrevive durante el verano en plantas voluntarias de cultivares susceptibles (puente verde), de los que proviene el inóculo primario. El inóculo puede ser endógeno o exógeno. El inóculo endógeno (originado en las cercanías de los cultivos), generalmente inicia epidemias más tempranas en el ciclo del cultivo y más severas que el inóculo exógeno (transportado desde grandes distancias). El inóculo exógeno es una fuente importante de nuevas razas de los patógenos (German, 2010a).

Las urediniosporas (de origen asexual) se diseminan transportadas por viento. Pueden trasladarse a distancias superiores a los 1000 Km, y hasta alturas entre 1000 y 3000 m. La deposición de las mismas sobre los cultivos ocurre por gravedad o cuando ocurren lluvias leves (German, 1996).

Una vez que la espora se deposita en la lámina de la hoja de trigo (inoculación), si ocurren condiciones ambientales favorables para el hongo, se desarrolla la infección. Las esporas del hongo requieren humedad libre para germinar y penetrar a los tejidos del huésped. Las urediniosporas se enbeben en agua, desarrollan un tubo germinativo después de entrar en contacto con una película de humedad, tales como el rocío o lluvia ligera en la superficie de la hoja. La germinación se produce después de 4-8 horas en presencia de agua libre a 20 °C (Hu y Rijkenberg 1998, Zhang y Dickinson, Zhang et al., citados por Bolton et al. 2008). La temperatura óptima para que se produzca la germinación y el crecimiento del micelio del patógeno es de 20°C, mientras que para la penetración y esporulación es de 10°C (German, 1996). Las esporas pueden retener la viabilidad de 1 a 3 días después de la inoculación en condiciones de campo en la ausencia de un período inmediato de rocío (Allen, citado por Bolton et al., 2008)

Después de que se produce la penetración, el crecimiento del hongo dentro de los tejidos de las hojas se independiza de la humedad, y la velocidad de desarrollo depende solamente de la temperatura y grado de resistencia del cultivar de trigo que es atacado (German, 1996).

Luego de producidas las infecciones primarias de roya, se dan repetidos ciclos de infecciones secundarias que determinan el desarrollo de la epidemia. Desde el momento de la infección hasta el momento en que el hongo comienza a producir propágulos (período de latencia) transcurren de 7 a 10 días (Germán, 1996). Según Germán (1996) luego de la infección, el rango de temperatura para el desarrollo de la enfermedad es de 10 a 30 °C con un óptimo de 20 °C.

En cada lesión de tipo susceptible se producen en promedio unas 3000 esporas por día, durante unos 20 días. Esto da una idea del enorme potencial que posee el patógeno para producir inóculo y la rapidez con que puede avanzar la enfermedad en presencia de un huésped susceptible, cuando las condiciones ambientales son favorables (German, 1996).

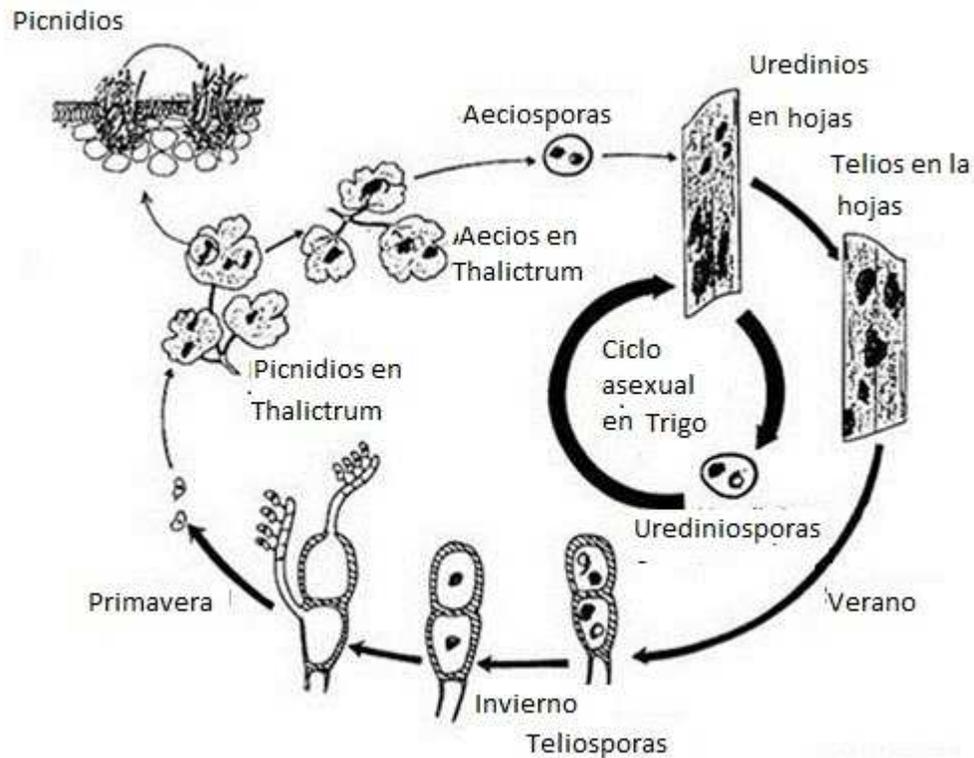


Figura No. 2: Ciclo de vida de *Puccinia triticina*.

Fuente: Google (s. f).

Las condiciones de temperaturas y humedad de nuestra zona durante el ciclo del cultivo de trigo sugieren que la humedad necesaria para el desarrollo de la enfermedad no es una limitante, puesto que es factible que se desarrolle la enfermedad luego de un rocío o llovizna (Allen, citado por Bolton et al., 2008), y que la temperatura óptima (20°C) puede darse a partir de mediados del mes de setiembre para nuestro país (Germán, 1996).

2.5 RELACIÓN ENTRE LAS ENFERMEDADES FOLIARES Y LOS ATRIBUTOS ECOFISIOLÓGICOS DEL CULTIVO DE TRIGO

El rendimiento en grano, está determinado por la cantidad de biomasa generada y la proporción de ésta que es depositada en los granos, conocido este último como el índice de cosecha (Evans, Gardner, Johnson, citados por Carretero et al. 2007, Monteith, Gardner et al., Johnson, citados por Serrago et al. 2009).

La producción de biomasa está en función de la radiación solar incidente que es interceptada por el cultivo (función del índice de área foliar y de la arquitectura del canopeo), y de la eficiencia de uso de dicha radiación, entendida tal, como la capacidad del cultivo de convertir la radiación interceptada en biomasa (Evans, Gardner, Johnson, citados por Carretero et al., 2007).

El área foliar desempeña la función de capturar la energía de la luz solar, para realizar la fotosíntesis y procesar los alimentos necesarios para el desarrollo, transpiración, respiración y reproducción de la planta. La defoliación implica una reducción en el área fotosintética y cantidad de nutrientes necesarios en todos y cada uno de los componentes del rendimiento, que finalmente trae como consecuencia pérdidas en rendimiento (Mendoza, citado por Leyva et al., 2003).

En situaciones ambientales y/o cultivares de altos potenciales de rendimiento en donde es posible generar un alto número de granos por unidad de superficie, la fuente fotosintética podría llegar a ser limitante en el llenado del grano ocasionando mermas en el peso de los granos y por ende el rendimiento total (Dimmock y Gooding 2002, Carretero et al., citados por Carretero et al. 2007). En este sentido, las enfermedades foliares pueden causar una caída en la producción de biomasa a través de una disminución de la radiación solar absorbida debido a una reducción del área foliar fotosintéticamente activa, como resultado de la infección, defoliación y senescencia de tejidos y órganos.

Sin embargo el efecto de las enfermedades foliares no se restringe únicamente a la reducción del área foliar fotosintéticamente activa, sino que también podrían afectar la eficiencia de uso de la radiación (EUR), en otras palabras, la capacidad fotosintética de las hojas (Carretero et al., 2009).

No todas las etapas por las que transcurre el cultivo durante su desarrollo tienen igual importancia relativa en lo que a generación del rendimiento se refiere. Distintos órganos son generados en cada una de las etapas de desarrollo y por consiguiente cada etapa tiene importancia diferencial en la construcción del rendimiento (Miralles y Slafer, citados por Carretero et al., 2007).

La aparición de enfermedades foliares pueden afectar tanto, el número de granos o el peso del grano, dependiendo de la etapa de desarrollo en el que la infección se produce y el grado de incidencia y/o severidad de la enfermedad (Madden y Nutter, citados por Serrago et al., 2009). El periodo desde inicio de encañazón a floración, en donde el tallo y la espiga crecen en forma conjunta y en intensa competencia ha sido identificado como un período crucial dado que determina el número de espigas por unidad de área y el número de granos por espigas, y por consiguiente el número de granos por unidad de área (Slafer y Rawson, Miralles y Slafer, citados por Carretero et al., 2007), siendo este último el componente más asociado con el rendimiento.

Serrago et al. (2009) desde el punto de vista del cultivo, expresa que los efectos de las enfermedades foliares en la EUR es explicado por: (i) la reducción de la actividad fotosintética de las zonas sanas (llamado β de Bastiaans) de la hoja (Bastiaans, Béasse et al., Robert et al., citados por Serrago et al., 2009) o (ii) la distribución vertical de las enfermedades foliares entre las diferentes capas de hojas en el canopeo (Bancal et al. 2007, Johnson, citado por Serrago et al. 2009).

En este sentido, la roya de la hoja no sólo causa una disminución del área fotosintética, sino también un aumento en la tasa transpiratoria por ruptura de la epidermis y una reducción de la tasa de translocación de asimilados dentro de la planta (McNew, citado por Carretero et al., 2007).

En epidemias severas de roya de la hoja coincidente en el tiempo con condiciones de estrés hídrico, puede ocurrir la interrupción del proceso de llenado del grano y un secado rápido del mismo. Las infecciones tempranas en estado de plántula, pueden causar la muerte. Las pérdidas en rendimiento pueden variar de 10 hasta 30% (Roelfs et al., 1992).

Los síntomas de esta enfermedad presentan distintas características dependiendo del grado de susceptibilidad de la variedad que se trate. Variedades de trigo que son altamente susceptibles forman uredinios grandes sin causar clorosis o necrosis en los tejidos del huésped, evidenciando una falta de respuesta vegetal ante la invasión por parte del patógeno. Por otra lado, las variedades resistentes de trigo se caracterizan por diversas respuestas que varían desde la hipersensibilidad hasta uredinios de tamaño reducidos que pueden estar rodeado de zonas cloróticas y/o necróticas (Bolton et al., 2008).

2.6 CONTROL DE ROYA DE LA HOJA

Dado los sistemas de producción de la actualidad, donde se busca obtener el máximo beneficio económico, el manejo adecuado de las enfermedades de los cultivos

en general, y del trigo en particular reviste cada vez mayor relevancia. No existe una alternativa que asegure el éxito en el control de las enfermedades, sino que un manejo integrador de los distintos métodos de control es la mejor alternativa. Además a través del manejo integrado se intenta racionalizar el uso de fungicida y así mejorar el resultado económico.

Existen diversas alternativas de control de roya de la hoja. Algunas deben ser implementadas previo a la siembra del cultivo, mientras que otras deben ser llevadas a cabo durante la etapa de cultivo. Las alternativas disponibles para el control de roya que presentan comprobada eficiencia son: la elección del cultivar, aplicación de fungicidas, elección de fecha de siembra y eliminación de plantas guachas (Pereyra et al., 2007).

Según Pereyra et al. (2007) al ser las plantas voluntarias el principal mecanismo de sobrevivencia para el caso de royas y oídios durante el verano, la eliminación de este “puente verde” reduce directamente el inóculo primario, disminuyendo el riesgo del inicio temprano de epidemias locales.

En cuanto a la fecha de siembra, Pereyra et al. (2007) señalan que en caso de la siembra de cultivares susceptibles, si estos se siembran durante el otoño se presentan infecciones tempranas que multiplican inóculo para futuras re-infecciones en la primavera.

La resistencia genética es el medio más efectivo y económico para manejar la roya de la hoja. Conocer el comportamiento de los cultivares a sembrar frente a roya de la hoja es fundamental para su manejo. La decisión de la aplicación de fungicidas estará asociada a situaciones en que las medidas de control previas no sean eficientes (Díaz y Germán, 2008).

2.6.1 Manejo mediante resistencia genética

Villaseñor et al. (2003), Campos y Brach (2004) señalan que la principal estrategia destinada al manejo de esta enfermedad es a través de la resistencia genética. Una característica particular de la roya de la hoja es la alta especialización evidenciada por la existencia del alto número de razas fisiológicas que interactúan específicamente con el genotipo del hospedante. Esta interacción está relacionada a la presencia de genes de resistencia en el hospedante y la capacidad de genes complementarios en el patógeno para producir enfermedad.

Las razas del patógeno incrementan en frecuencia paralelamente al incremento del área de los cultivares susceptibles y disminuyen cuando el área de los mismos decrece. Estos ciclos de incremento y disminución de la frecuencia de distintas razas que han afectado a distintos cultivares está documentado en el país desde el año 1991,

habiéndose identificado más de 100 razas diferentes del patógeno con distintas combinaciones de virulencia identificadas desde entonces (Germán, 2010a).

Existen diferentes tipos de resistencia genética, Germán (2010a) las clasifica en: i) aquella formada por genes mayores, mono u oligogénica, cualitativa, que produce hipersensibilidad y es raza específica (resistencia gen por gen), la cual presenta expresión tanto en plántula como en planta adulta; y ii) aquella que es conformada por genes menores, poligénica, cuantitativa, no produce reacción de hipersensibilidad, no es raza específica y produce un desarrollo de la enfermedad lento. Este tipo de resistencia tiene mejor expresión en planta adulta.

Villaseñor et al. (2003) señalan que el principal tipo de resistencia que presentan las plantas de trigo frente a roya es aquella que posee un gen dominante de resistencia que produce una respuesta de hipersensibilidad. Esta resistencia es poco durable y eventualmente sucumbe cuando el patógeno evoluciona hacia nuevas formas de virulencia (Singh, citado por Villaseñor et al., 2003).

Según Germán (2010a) hasta el momento se han identificado 60 genes de resistencia a roya de la hoja de trigo, identificados como genes Lr (Leaf rust), 15 genes fueron transferidos de especies afines al trigo, mientras que los restantes 45 genes se encuentran presentes en trigo común y trigo duro. Del total, 58 son genes “mayores” (53 de plántula, 5 RPA) y 2 genes “menores”: Lr34 y Lr46 (resistencia parcial).

Kolhi y Reis, citados por Carmona (2004) mencionan que aunque es considerada una práctica de manejo exitosa, el control de la roya de la hoja a través de resistencia genética, ejerce un efecto a corto plazo, de aproximadamente 2 a 3 años, debido a la alta variabilidad del patógeno. Por esta razón, se ha observado que muchos cultivares han aumentado su susceptibilidad año tras año. Por lo tanto, no debe olvidarse que el uso reiterado y difundido de un mismo cultivar para una zona dada, puede causar el “quiebre de esta resistencia” y provocar graves epidemias, con las consecuentes pérdidas económicas (Carmona, 2004). La aparición de una nueva variante del patógeno normalmente ocurre en respuesta a la siembra de un cultivar resistente (con genes de resistencia específicos) en una gran extensión (Campos y Brach, 2004).

La estrategia que se está utilizando en el Programa de Mejoramiento de INIA para incrementar la duración de la resistencia de nuevos cultivares es utilizar fuentes de resistencia parcial o resistencia planta adulta (RPA) basada en genes menores de efecto aditivo (Germán et al., 2010b). Este tipo de resistencia es considerada durable y determina desarrollo más lento de la enfermedad cuanto mayor es el número de genes presentes, lográndose altos niveles de resistencia con 4 a 5 genes (Singh et al., citados por Germán et al., 2010b). Cuando el número de genes presentes es bajo el nivel de resistencia es insuficiente. Así se han identificado varios genes que confieren este tipo

de resistencia, el de mayor efecto (Lr34) está asociado también a resistencia a roya estriada y oídio.

El gen Lr34 se ha utilizado exitosamente para incorporar resistencia a roya de la hoja a nivel mundial (McIntosh et al., citados por Villaseñor et al., 2003); sin embargo tal gen está ligado al que produce la necrosis apical en la hoja bandera, cuyos síntomas se presentan cercanos a la floración, y se manifiesta como una necrosis de 2 a 3 cm en la punta de las hojas, que en ocasiones se extiende de 3 a 4 cm adicionales (Singh, citado por Villaseñor et al., 2003). Drijepondt et al., Singh y Huerta-Espino, citados por Villaseñor et al. (2003) consignan el posible efecto negativo de la necrosis de la punta de la hoja, como el responsable de la reducción del rendimiento de grano en parcelas libres de la enfermedad. Singh y Huerta-Espino, citados por Villaseñor et al. (2003), al evaluar líneas casi isogénicas derivadas de la variedad Jupateco 73 con y sin el gen Lr34, encontraron que el rendimiento de Jupateco 73R (resistente) fue 5,3% menor ($P \leq 0.05$) que el de Jupateco 73S (susceptible), así como reducciones significativas en biomasa, granos por espigas y granos por metro cuadrado en ausencia de roya de la hoja. En parcelas no protegidas contra roya, los genotipos portadores del gen Lr 34 alcanzaron un nivel de enfermedad de hasta 40% y esto redujo el rendimiento en 15%, mientras que en las líneas que no poseían este gen, las pérdidas en rendimiento fueron entre 43 y 84%. Por lo tanto, considerando las condiciones de Uruguay, donde se presentan frecuentemente epidemias severas de roya de la hoja, es factible que cultivares que contengan el gen Lr 34 tengan un mejor comportamiento frente a aquellos que no lo posean.

En síntesis, la resistencia genética es una herramienta de manejo de gran impacto, pero que puede resultar con eficiencia efímera si no se considera la presión de selección que se ejerce sobre la población genética del patógeno. En este sentido, la forma de reducir el riesgo de ocurrencia de epidemias severas de roya de la hoja, es diversificar la base genética del cultivo. Deben utilizarse dos o más cultivares a nivel predial y un número relativamente alto de cultivares a nivel país, evitando concentrar el área de siembra en pocos cultivares (Germán, 1996).

El comportamiento de los cultivares también influye en el éxito del control químico. Diferencias de comportamiento de los cultivares significa diferencias en la velocidad de desarrollo de la roya de la hoja, de forma que en aquellos cultivares que aún requiriendo control químico, tengan mejor comportamiento, la acción de los fungicidas será más eficiente y de residualidad mayor (Germán et al., 2010b).

2.6.2 Aplicación de fungicida y formulación utilizada

Es posible minimizar los riesgos de que la roya de la hoja alcance niveles capaces de disminuir el rendimiento y la calidad del grano con el uso combinado de las herramientas de manejo disponibles: desde el control de plantas voluntarias durante el verano, la elección del cultivar a sembrar, la elección de la fecha de siembra, y eventualmente el uso de fungicidas. Por lo tanto, la decisión de la aplicación de fungicidas esta generalmente asociada a situaciones en que las medidas preventivas de control no fueron eficientes (Díaz y Germán, 2008).

Entre los grupos de fungicidas más utilizados se encuentran los triazoles y las estrobilurinas. Los primeros, interrumpen la síntesis del ergosterol en la membrana celular, con esto se comienzan a acumular esteroides tóxicos intermedios, aumenta la permeabilidad de la membrana y se interrumpe el crecimiento del hongo (Gregorí, 2005). Las estrobilurinas son derivados sintéticos de compuestos producidos naturalmente por el hongo *Strobilurus tenacellus*. Esos compuestos tienen una actividad antifúngica de amplio espectro (Gullino, citado por Formento, 2002). Estos compuestos actúan sobre un sitio específico resultando en la inhibición de la respiración mitocondrial, mediante la interrupción del transporte de electrones en la cadena respiratoria (Formento, 2002).

No se conocen reportes de resistencia de *Puccinia triticina* a triazoles a nivel mundial, a excepción de Brasil, donde se ha reportado resistencia de las razas B55 (MDT-10,20, MFT-10,20) y B56 (MFP-20) de *P. triticina* a triazoles. Ambas razas han estado presentes en Uruguay (Díaz y Germán, 2008).

Formento (2003) concluyó que los fungicidas triazoles Caramba (Metconazole 9 %) a una dosis de 900 cc/ha y Duett (Epoconazole 12,5 % + Carbendazim 12,5 %) a una dosis de 1000 cc/ha, controlaron en forma eficaz a la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) cuando fueron aplicados a comienzos de la antesis del trigo, resultando en mayor rendimiento y peso de 1000 granos, en relación al testigo sin aplicación.

En el INTA-EEA Paraná, Formento (2002) estudió la eficiencia de las estrobilurinas en el control de enfermedades foliares del trigo y concluyó que las estrobilurinas evaluadas y sus mezclas: Sphere (Trifloxyxtrobin 18,7% + Cyproconazole 8%), Allegro (Kresoxim metil 12,5% + Epoconazole 12,5%) y Amistar (Azoxistrobina 25%) ejercen un excelente control de la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y septoriosis de la hoja (*Septoria tritici*) en el cultivo de trigo. A su vez el peso de 1000 granos (PMG) fue aumentado significativamente por la utilización de estrobilurinas aplicadas en hoja bandera completamente expandida.

En el período 1993 - 1998 los fungicidas en base a triazoles fueron los productos más eficientes en el control de roya de la hoja del trigo. Las mezclas de triazoles y estrobilurinas incluidas en los ensayos de pruebas de productos realizados por el INIA-La Estanzuela desde 1999 mostraron superar ampliamente a los fungicidas triazoles solos. (Díaz y Germán, 2008).

Díaz y Germán (2008) estudiando el control de la roya de la hoja en trigo con fungicidas triazoles y mezcla de triazoles con estrobilurina indicaron que los fungicidas más eficientes y de mayor residualidad fueron Amistar-Xtra, Allegro, Opera y Nativo siendo la eficiencia de control en base al coeficiente de infección superior al 90%. En todos los casos se trata de mezclas de triazoles y estrobilurinas. Mientras que la eficiencia de control de los productos fungicidas sin estrobilurinas como Swing, Artea y Folicur varió entre 80 y 90%. La eficiencia de control estimada en base al AUDPC sigue la misma tendencia. La residualidad de los productos probados varió desde menos de 20 días para Swing, Artea y Folicur, y hasta 32 días para Opera, Amistar y Amistar Xtra (Díaz y Germán, 2008).

Nunes y Soares (2008) concluyeron que los fungicidas mixtos (mezcla de un triazol y una estrobilurina) mostraron mayor eficiencia de control que los triazoles utilizados solos, evidenciando claras ventajas cuando se combinan las características de ambos grupos. Las estrobilurinas tienen una alta estabilidad bajo la acción del sol y la aparición del llamado “movimiento en fase gaseosa” que permite la redistribución del fungicida en los alrededores del impacto en la hoja. Estas dos características garantizan una eficiencia superior a un fungicida del grupo de los triazoles utilizado solo.

En el cuadro No. 1 se presenta un resumen del comportamiento de distintos fungicidas evaluados en INIA-La Estanzuela para el período 1993-2009 para la roya de la hoja de trigo. La eficiencia de control de la enfermedad es variable entre los diferentes productos disponibles (evaluados a las dosis recomendadas por la firma representante) en el mercado. La eficiencia del producto se considera alta cuando supera a la eficiencia media de todos los productos más un desvío estándar de la media y baja cuando es inferior a la eficiencia media de todos los productos menos un desvío estándar de la media. Las eficiencias intermedias son las comprendidas entre ambos valores (Díaz y Germán, 2008).

Cuadro No. 1: Comportamiento de los fungicidas evaluados para el control de roya de la hoja en el período 1993 al 2008.

Ingrediente activo (nombre comercial evaluado)	Dosis	RH ¹
	cc/ha	
Carbendazim + epoxiconazol (Swing 250 sc)	750-1000	I ²
Difenoconazol + propiconazol (Taspa 500 ec)	200-250	I
Metconazol (Caramba)	1000	B
Propiconazol (Tilt 250 ec)	500-1000	A
Tebuconazol (Folicur 430 sc)	450	I
Flusilazol + carbendazim (Fusión)	800-1000	I
Propiconazol + ciproconazol (Artea)	400	I
Azoxystrobin + coadyuvante (Amistar + Nimbus)	300	A
Azoxystrobin + ciproconazol + coadyuvante (AmistarXtra + Nimbus)	350	A
Trifloxystrobin + ciproconazol (Sphere 267,5 dc)	600-750	I
Piraclostrobin+ epoxiconazol (Opera)	1000	A
Trifloxystrobin + propiconazol (Stratego 250 ec)	500-750	A ³
Kresoxim-metil + epoxiconazol (Allegro)	1000	A
Trifloxystrobin + tebuconazol (Nativo 300 sc)	800	I/A ⁴

Fuente: Díaz y Germán (2008).

¹ RH: Roya de la hoja causada por *Puccinia triticina*; ² Eficiencias de control: A: alta; I: intermedia; B: baja; ³ Información de un año, ⁴ depende de la formulación.

2.6.3 Respuesta al control químico de las enfermedades foliares según momento de aplicación del fungicida

El resultado de la aplicación de fungicida desde el punto de vista del control de la enfermedad, depende del momento de la aplicación y de una correcta tecnología de aplicación (Castellarin et al., 2005).

Las reducciones en rendimiento son mayores cuanto más temprano en el ciclo del cultivo se inicia el desarrollo de la enfermedad. A su vez, para obtener una acción eficaz del fungicida, es necesario que este sea aplicado temprano en el desarrollo de la epidemia. Debido a que la roya tiene ciclos de infección de 7 a 10 días en condiciones ambientales favorables y debido a que los cambios en el comportamiento varietal frente a roya de la hoja pueden ser abruptos, es deseable que se realicen monitoreos semanales desde macollaje hasta grano acuoso para determinar el estado sanitario de los cultivos (Díaz y Germán, 2008).

Existen diferentes grados de susceptibilidad, que determinan diferente velocidad de progreso de la infección de roya de la hoja. En cultivares en que la roya de

la hoja alcanza niveles altos de infección en estados de desarrollo tempranos, el comienzo del control químico debe ser anterior y generalmente es necesario realizar un mayor número de aplicaciones para controlar la enfermedad. En este tipo de cultivares el comienzo de control químico debe ajustarse muy estrictamente al momento en que se alcanza el nivel crítico de infección, aplicaciones más tardías determinan un control deficiente de la enfermedad (Díaz y Germán, 2008).

La información obtenida por Díaz y Germán (2008) trabajando con el cultivar INIA Tero (cultivar susceptible a la raza MFP-20, la más frecuente en Uruguay en el año 2006, año del estudio), indica que frente a infecciones tardías (principios de espigazón), una aplicación en el momento apropiado (Z61) en base al nivel crítico de aplicación recomendado, fue suficiente para controlar la enfermedad con los fungicidas de mayor eficiencia de control.

Castellarin et al. (2005) trabajando con la molécula fungicida de nombre comercial Allegro (Epoconazole 12,5 g + Kresoxim-metil 12,5 g) a razón de 750 cc/ha en un cultivar de trigo (Buck Pingo) susceptible a roya de la hoja, septoriosis y mancha amarilla, estudiaron el control de estas últimas cuando el producto se aplicó en distintos momentos desde el macollaje hasta fin de grano lechoso. Los autores concluyen que el control de las enfermedades incremento significativamente el rendimiento con aplicaciones entre cuarto nudo visible y floración, mientras que las aplicaciones muy tempranas (desde macollaje a cuarto nudo visible) como las tardías (desde post-floración a fines de grano lechoso) no produjeron efectos positivos sobre el rendimiento en grano, observando valores similares de rendimiento y severidad al testigo sin tratar.

Dada la existencia de limitantes de información nacional respecto al efecto diferencial del control químico en cultivares con distinto comportamiento frente a la roya de la hoja, la eficiencia del producto fungicida y del momento de aplicación frente a epidemias severas de la enfermedad, el objetivo de este estudio es obtener una mejor comprensión de la bases fisiológicas de la respuesta al control químico de la roya de la hoja en cultivares de trigo de comportamiento contrastantes.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

El estudio fue realizado en el campo experimental de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) durante el periodo junio-diciembre de 2010, ubicándose la fecha de siembra el 10 de junio. El experimento estuvo ubicado sobre un suelo de alto potencial de rendimiento (Brunosol Eútrico Típico de la unidad San Manuel) (Altamirano et al., 1976).

El diseño estadístico fue un factorial completo con tratamientos adicionales, donde los factores fueron tres (cultivar, fungicida y momento), más un tratamiento adicional en cada cultivar correspondiente al testigo sin aplicación de fungicida, totalizando 14 tratamientos. El factor cultivar consto de dos niveles (un cultivar muy susceptible y otro de mejor comportamiento), el factor fungicida tuvo dos niveles (Triazol+Benzimidazol y Triazol+Estrobilurina) mientras que el factor momento de aplicación consto de tres niveles (aplicación continua cada 20 días, temprano y tardío)

Los cultivares utilizados fueron elegidos por su alto potencial de rendimiento y por su comportamiento contrastante frente a la roya de la hoja. Baguette 9 ha sido caracterizado por su alta susceptibilidad frente a la enfermedad mientras que el cultivar Atlax presentaba un mejor comportamiento frente a la misma (INIA, 2007, 2009).

Los fungicidas utilizados fueron seleccionados según su formulación, donde se buscaba comparar los efectos de la utilización de un mismo triazol utilizado solo o en mezcla. Los mismos fueron Swing (epoxiconazol 125 g/L + carbendazim 125 g/L) y Opera (epoxiconazol 50 g/L + pyraclostrobin 133 g/L).

Los momentos de aplicación considerados son: sano, temprano y tardío. El momento sano correspondió a la aplicación periódica cada 20 días a partir de la aparición de la enfermedad. El momento de aplicación de los tratamientos tempranos, se basó en la determinación del nivel crítico para decidir la aplicación de fungicidas recomendado por INIA (Pereyra et al., 2005), mientras que la aplicación tardía fue realizada dos semanas después de alcanzado dicho nivel crítico.

El diseño experimental fue de bloques completos con parcelas aleatorizadas con tres repeticiones. La unidad experimental fueron parcelas de 6 surcos de ancho (a 15 cm de entresurco), y 5 metros de largo. La densidad objetivo con la cual fueron sembrados los cultivares fue de 38 plantas/m para Atlax y 32 plantas/m para Baguette 9.

El experimento fue instalado bajo labranza convencional, la cual consistió de una pasada de cincel y una pasada de rastras de dientes. No existieron diferencias en la fertilidad del suelo, ni en el enmalezamiento, entre bloques. Los niveles de nitrógeno y fósforo en el suelo al momento de instalar el experimento fueron de 6 ppm y 16 ppm respectivamente según análisis de suelo. En el momento en que el cultivo se encontraba en Z 22 el nivel de nitrógeno en suelo fue de 7 ppm y a Z 30 la concentración de nitrógeno en planta fue de 3,3% según análisis de planta. A la siembra fueron agregados 100 kg/ha de 7-40-40-0-5 y 50 kg/ha de urea (46-0-0). A Z 22 se fertilizó con 110 kg/ha de Urea. En Z 30 se agregó urea a razón de 80 kg/ha. En todos los momentos la disponibilidad de nitrógeno y de fósforo fueron corregidos de forma objetiva en base a análisis de suelo y planta según Hoffman et al. (1998).

Cada aplicación fue realizada con mochila pulverizadora y uso de boquillas turbo teejet TT 11001 a un caudal de 0,012 L/s. La dosis a la cual se aplicaron ambos productos fue de 1 L en 100 L de agua/ha. Para evitar la deriva en las aplicaciones entre parcelas con distintos tratamientos se utilizaron pantallas plásticas protectoras de 1 x 1,5 m.

El enmalezamiento fue controlado con una aplicación de herbicida Glean (Clorsulfurón 75%) a 20 g en 100 L de agua/ha y una posterior aplicación de la mezcla de los herbicidas 2-4D (sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético) a 800 cc/100 L de agua/ha y Banvel (Dicamba 57,7%) a 100 cc/100 L de agua /ha. Para el control de un eventual ataque de pulgones en etapas iniciales del llenado de grano (ver ANEXOS) se realizó la aplicación del insecticida Lorsban (Clorpirifos 15%) a 300 cc/120 L de agua/ha.

Las enfermedades de roya de la hoja y de manchas foliares se determinaron mediante estimación visual en base a porcentaje de severidad, tomando como referencia un entrenamiento previo en Distrain v 1.0 (Tomerlin y Howell, 1988). A partir de la tercera lectura de roya de la hoja se comenzó a realizar también la estimación de la severidad de manchas foliares. Para la cuantificación de la enfermedad, en cada lectura se tomaron al azar 5 plantas por parcela, en las cuales se estimó el porcentaje del área de tejido ocupado por los síntomas de cada enfermedad en relación al tejido total de la hoja. En cada lectura de severidad, se contó el número de hojas vivas del tallo donde se midió la enfermedad.

Como complemento de la lectura de severidad de la enfermedad y del conteo del número de hojas por tallo, se realizaron dos estimaciones del índice de verde, utilizando como referencia el Leaf Color Chart (LCC) desarrollada por el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI) (Witt et al., 2005). Una de estas estimaciones fue realizada a los 133 días post siembra (Dps) y la otra a los 146 Dps. Estas mediciones se realizan en tres estratos de hojas (bajo, medio y alto). Para la medición del índice de verde se utilizó una escala del 0 al 5; donde el 0 corresponde a la

hoja totalmente muerta; el 1 corresponde a la hoja amarillenta en proceso de muerte, y del 2 al 5 se corresponde con una escala de verdes, desde 2 como verde claro, hasta 5 como verde oscuro según cartilla de colores (LCC) (Figura No. 18).

3.2 CARACTERIZACIÓN DE CULTIVARES UTILIZADOS

Cuadro No. 2. Largo del ciclo de los cultivares utilizados, medido como días post-emergencia a Z22, Z30 y Z55.

	Días a Z22		Días a Z30		Días a Z55	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Baguette 9	39	51	74	71	108	107
Atlax	40	50	58	66	108	109

Fuente: Hoffman et al. (2009, 2010).

No existe diferencia en cuanto al largo del período emergencia Z55 en ninguno de los años. Tampoco existen diferencias en el primer período evaluado (emergencia-Z22) entre los cultivares. Si se evidencia diferencias entre Z22 y Z30, donde el cultivar Baguette 9 presenta una mayor longitud que el cultivar Atlax (35-20 días vs 18-16 días respectivamente). Por último, existieron diferencias en la fase Z30-Z55, donde el cultivar Atlax presento mayor longitud que el cultivar Baguette 9 (50-43 vs 34-36 respectivamente).

Cuadro No. 3. Características de los cultivares utilizados en el experimento.

Variable	2008		2009	
	Baguette 9	Atlax	Baguette 9	Atlax
Tallos por planta invernáculo	2.7	2.9	4.6	3.2
Tallos por planta campo	4.1	3.3	6.3	5
Sincronización Dif Tp-T2 días	24	23	28	30
Espigas/m ²	462	504	563	647
Tamaño de espiga (granos/esp)	36	42	37	38
Peso grano (mg)	43	35	39	31.7
Fertilidad de tallos	60	78	56.5	74.2
Rendimiento con fungicida	7531	7434	8202	7766
Rendimiento sin fungicida	5690	6825	4740	6892
Densidad optima pl/m lineal	25 a 35	30 a 40	25 a 35	30 a 40

Fuente: Hoffman et al. (2009, 2010).

En cuanto al macollaje, se observa en general un mayor número de tallos por planta en el cultivar Baguette 9 frente al cultivar Atlax, ya sea en invernáculo como a campo. También se observa que no existen diferencias muy marcadas en cuanto a la sincronización de los cultivares medida a través de la diferencia en días entre el tallo principal y el segundo macollo. La decisión de densidad de siembra de cada cultivar en el experimento concuerda con estos resultados dado que se sembró con mayor densidad el cultivar Atlax, esperando una compensación en el número de tallos por parte del cultivar Baguette 9 debido a su mayor macollaje. Esto también se afirma con el rango de siembra recomendado por la evaluación de cultivares realizada por Facultad de Agronomía (Hoffman et al., 2009, 2010).

Sobre los componentes de rendimiento, el cultivar Atlax presenta una leve superioridad en el tamaño de espiga, mientras que el cultivar Baguette 9 supera al anterior en peso de grano. La fertilidad de los tallos es superior en el cultivar Atlax, por lo que sumado a lo anterior se puede decir que el rendimiento del mismo responde mayormente al número de granos. En el cultivar Baguette 9 al contrario que en Atlax, el peso de grano tiene una importancia relativa mayor.

Por último, el rendimiento en grano cuando las parcelas fueron tratadas con fungicida fueron similares, solo un poco superior en Baguette 9 en el año 2009, en cambio cuando las parcelas no fueron tratadas con productos fitosanitarios, el cultivar Atlax tuvo mejor comportamiento que el cultivar Baguette 9, esto podría deberse al mejor comportamiento del primero frente a la roya de la hoja (cuadro No. 3).

Cuadro No 4. Comportamiento sanitario de los dos cultivares en sus respectivos años de evaluación.

	Septoriosis	Mancha Amarilla	Fusariosis	Roya Hoja	Oídio	Roya Tallo
Baguette 9	BI	IA	A	A	B	A
Atlax	A	A	IB	BI	B	B

Fuente: INIA (2007, 2009)

El cultivar Baguette 9 presenta un mejor comportamiento frente a las manchas foliares como septoriosis y mancha amarilla, en cambio el cultivar Atlax se comporta mejor frente a las royas, a oídio y fusariosis. Castro, citado por Germán et al. (2010b), clasifica al cultivar Baguette 9 como de pobre comportamiento frente a roya de la hoja dado que fue caracterizado con un nivel alto de infección de la enfermedad. Por otra parte el cultivar Atlax presenta un comportamiento superior frente a la enfermedad respecto al cultivar anterior dado que fue caracterizado con un nivel bajo a intermedio de infección. Esto está evidenciado por la predominancia de razas en la zafra anterior (2009) como MFP-10,20, MFP-20 y MDP a las cuales el cultivar Atlax es considerado

resistente, mientras que el cultivar Baguette 9 es considerado susceptible a dichas razas del patógeno (Germán et al., 2010b).

Durante el año 2010 se observaron cambios en el comportamiento frente a roya de la hoja de algunos cultivares de trigo, dentro de los cuales se encuentra el cultivar Atlax, que paso de tener un nivel de infección bajo-intermedio en 2009 a alto en el año 2010. Estos cambios de comportamiento tan marcados son debidos a la presencia de nuevas razas virulentas del patógeno. Dentro de las nuevas razas predominantes en el año 2010, se encuentra TDT-10,20, la cual es la responsable del cambio de comportamiento frente a la enfermedad reportado por el cultivar Atlax (Germán y Castro, 2011).

3.3 DETERMINACIONES

Las determinaciones realizadas fueron:

3.3.1 Sobre el cultivo

- Número de plantas por metro lineal a emergencia de las mismas. Se marcaron dos metros lineales representativos de la parcela, se contaron las plantas y se promedió a un metro.
- Número de macollos por metro lineal a Z 30. En los dos metros lineales marcados a implantación, se contabilizaron los macollos, y se promediaron a un metro.
- Estimación de materia seca (MS) a través de “*Rising plate meter*” a Z 30. Se calibro el instrumento con cortes y secado de las muestras de la calibración, y luego se estimó en 3 puntos por parcela, promediándose las mismas.
- Medición de MS/ 2m lineales a Z 65 a través del corte de plantas y secado en estufa a 60°C durante 3 días.
- Número de espigas. Los dos metros lineales marcados a implantación, se cortaron, y se contaron las espigas, promediándose a 1 metro lineal.
- Biomasa total a cosecha y rendimiento en grano total de la parcela. Se determinó el peso del fardo de cada parcela y el rendimiento en grano correspondiente.

3.3.2 Sobre la enfermedad

- Severidad e incidencia de roya de la hoja periódicamente desde la aparición de la misma por apreciación y estimación visual. A partir de la tercera lectura de severidad de roya se comenzó la determinación de la severidad e incidencia de

manchas foliares. Se tomaban 5 plantas por parcela, y se estimaba el porcentaje de severidad de ambas enfermedades. El número de estimaciones realizadas fue cinco para roya de la hoja y tres para manchas foliares.

- La cantidad de enfermedad medida a través del área debajo de la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC).

3.3.3 Sobre la actividad fotosintética de la planta

- Evolución del índice de verde de los estratos de hojas dentro del cultivo mediante cartilla “Leaf color chart”. Se realizaron 2 estimaciones, donde se tomaban tres puntos de la parcela y a través de la cartilla se determinaba el índice de verde.
- Número de hojas promedio por planta a través de mediciones periódicas. En las mismas estimaciones de enfermedad, se contabilizaba el número de hojas por planta.

3.3.4 Componentes de rendimiento y calidad

- Número de espigas/m². A partir del dato de cantidad de espigas por metro lineal y con la distancia entre hileras se determina el número de espigas/m².
- Peso de grano. Una vez trillado, se contabilizaron 300 granos y se halló el peso de mil granos (PMG), mediante un promedio de tres pesos de 100 granos.
- Número de granos por espiga. Se pesaron los granos totales obtenidos de los dos metros lineales marcados a implantación y mediante el peso de grano se determinó el número de granos totales. Por último se dividió por el número de espigas de los dos metros lineales y se obtuvo el número de granos por espiga.
- Peso hectolítrico. Se pesa la cantidad de granos que entran en ¼ litro y mediante el uso de una tabla se transforma al peso de granos en un hectolitro.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental corresponde a bloques completos al azar con tres repeticiones, resultante de un factorial completo y con tratamientos adicionales.

Para el análisis se utilizaron los paquetes estadísticos SAS (versión 9.1, SAS Institute) e InfoStat (versión 2008), y se realizaron sobre las determinaciones antes mencionadas.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_i + C_j + T_k + (CT)_{jk} + F_l(T_k) + M_m(T_k) + (FM)_{lm}(T_k) + (CF)_{jl}(T_k) + (CM)_{jm}(T_k) + (CFM)_{jlm}(T_k) + \varepsilon_{ijkl}$$

- C_j : Efecto del j-ésimo (Cultivar)
- T_k : Efecto del k-ésimo (Tratamiento)
- F_l : Efecto del l-ésimo (Fungicida)
- M_m : Efecto del m-ésimo (Momento)
- B_l : Efecto del l-ésimo bloque
- $(CT)_{jk}$: Efecto de la interacción entre j-ésimo (Cultivar) y el k-ésimo (Tratamiento)
- $X(T_k)$: Efecto anidado por el tratamiento
- $(CF)_{ij}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel cultivar y el j-ésimo nivel Fungicida (Efecto de interacción)
- $(CM)_{ik}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de Cultivar y el k-ésimo nivel de Momento (Efecto interacción)
- $(FM)_{jk}$: Efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel de Fungicida y el k-ésimo nivel de Momento (efecto interacción)
- $(CFM)_{ijk}$: Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel de Cultivar, el j-ésimo nivel de Fungicida y el k-ésimo nivel de Momento (Efecto interacción)
- $XX(T_k)$: Interacción anidada por el tratamiento.

Dado que existen tratamientos adicionales, en los cuales no se puede observar efectos de momentos de aplicación ni tampoco de diferencia de eficacia de los fungicidas utilizados, existen efectos anidados en el modelo estadístico, ya que la expresión de las variables mencionadas, dependerán de si se trata de un tratamiento adicional o no. Este efecto se denomina Efecto Anidado.

Los registros de severidad de mancha y roya se analizan por cada medición (roya, lectura 1 a 5 y mancha, lectura 1 a 3). Se transformó para normalizar y se usó la transformación angular (arco seno (raíz cuadrada (proporción))). Se debe mirar el ANOVA en la variable transformada así como las letras (Tukey) de las medias, pero se presenta la media del ANOVA de la variable sin transformar. Entonces, del ANOVA de la variable sin transformar se presentan las medias, pero lleva las letras (Tukey) del ANOVA de la variable transformada, así como la significancia y el R cuadrado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO 2010

Antes de presentar los resultados, es importante la caracterización del ambiente donde fueron obtenidos. Se presenta el régimen térmico e hídrico para el período de mayo a diciembre del 2010 (figura No. 3).

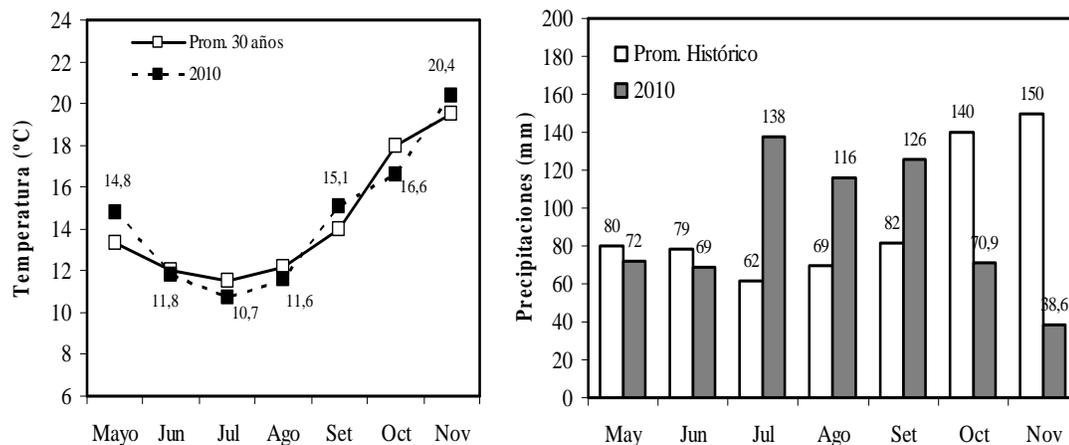


Figura No. 3. Precipitaciones y temperatura media mensual para el año 2010 en relación a los promedios históricos (30 años) para Paysandú. Fuente: Hoffman et al. (2011).

Al momento de la siembra no hubo limitantes de humedad acumulada en el perfil, con lo cual se logró una buena implantación. Los meses del invierno fueron muy lluviosos, con precipitaciones superiores al promedio histórico (julio, agosto, setiembre), seguido por un progresivo déficit hídrico hacia los meses de primavera (octubre y noviembre), lo cual ubicó al cultivo bajo condición de estrés hídrico, afectando la concreción del rendimiento.

Las temperaturas promedio del año 2010, se aproximan al promedio histórico, indicando que para la fase de crecimiento inicial del cultivo, las mismas fueron bajas (meses de invierno). Esto repercutió en un crecimiento inicial lento, favoreciéndose la etapa de macollaje. El mes de setiembre tuvo una temperatura promedio mayor a la histórica, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad. Pasando a una segunda fase de concreción del rendimiento, las temperaturas fueron frescas a partir de octubre, que de no ser por el déficit hídrico de primavera repercutirían favorablemente sobre el llenado de grano.

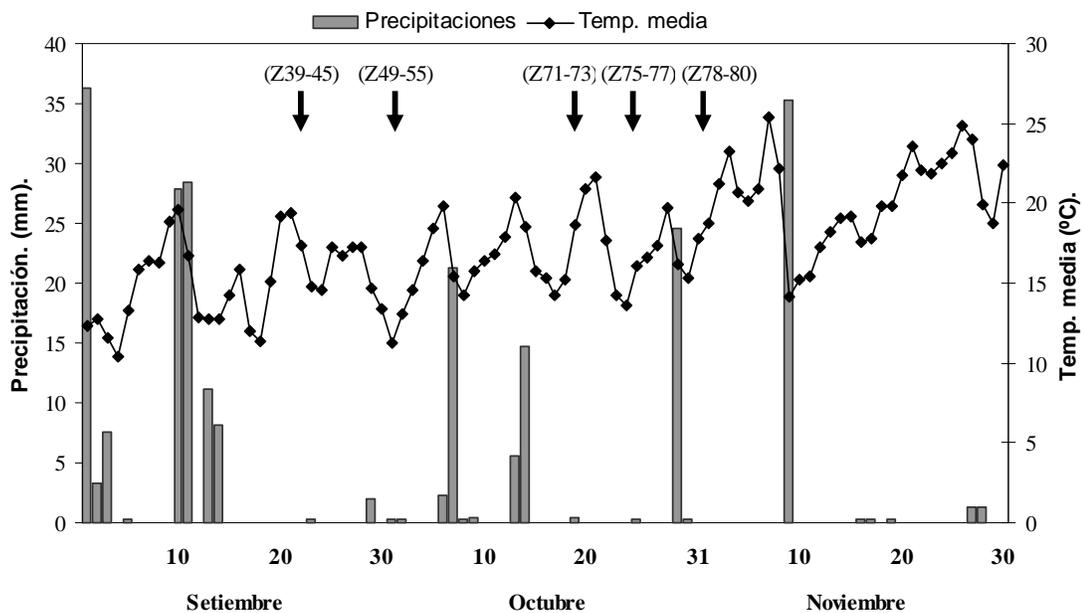


Figura No. 4. Temperatura media y precipitaciones por día durante el periodo setiembre, octubre y noviembre. Las flechas negras representan los momentos en que se determinó severidad e incidencia.

Como ya fue citada previamente en la revisión bibliográfica, Germán (1996) menciona como rango de temperatura para el desarrollo de la roya de la hoja luego de la infección de 10 a 30° C, con un óptimo de 20° C. Durante setiembre la temperatura se encontró siempre por debajo de los 20° C, pero por encima del valor de temperatura mínimo necesario para el desarrollo de la enfermedad (figura No. 4). Posteriormente en octubre, la temperatura permaneció mayormente por debajo de los 20°C pero con mínimos mayores que el mes anterior, por lo que en caso de presencia de la enfermedad, la evolución sería más rápida en comparación al mes de setiembre. Según estos datos durante setiembre y octubre, las condiciones de temperatura siempre se mantuvieron dentro del rango para el desarrollo de la enfermedad.

La distribución de las precipitaciones se mantiene desuniforme, demostrando la incertidumbre del régimen hídrico de nuestra zona. Durante los meses finales del ciclo, el cultivo entra en la mencionada sequía (figura No. 4) existiendo varios períodos con ausencia prolongada de precipitaciones, donde se destaca el período ubicado desde mediados de setiembre a principios de octubre. Si bien para el desarrollo de toda enfermedad es necesario un cierto régimen de humedad, como ya fue aclarado anteriormente, según Hu y Rijkenberg, Zhang y Dickinson, Zhang et al., citados por Bolton et al. (2008), la humedad para el desarrollo de una epidemia de roya de la hoja no sería una limitante para las condiciones de Uruguay, puesto que bastaría con la ocurrencia de rocío o llovizna leve.

4.2 SANIDAD DEL CULTIVO

Para el año 2010, y debido a las condiciones del año, el desarrollo de roya de la hoja se dio tardíamente en el ciclo de cultivo, a pesar de que estuvo presente desde fines de encañazón-inicio de exposición de hoja bandera (Z40), permaneciendo a bajos niveles dándose el desarrollo de la epidemia recién en etapas más avanzadas (figura No. 5), debido a mayores temperaturas ocurridas en el mes de setiembre respecto a la media histórica (figura No. 3).

4.2.1 Roya de la hoja

Se encontraron diferencias significativas (ver ANEXO) dado por los factores; Cultivar, Fungicida y Momento, y en las interacciones; Momento*Fungicida y Cultivar*Momento.

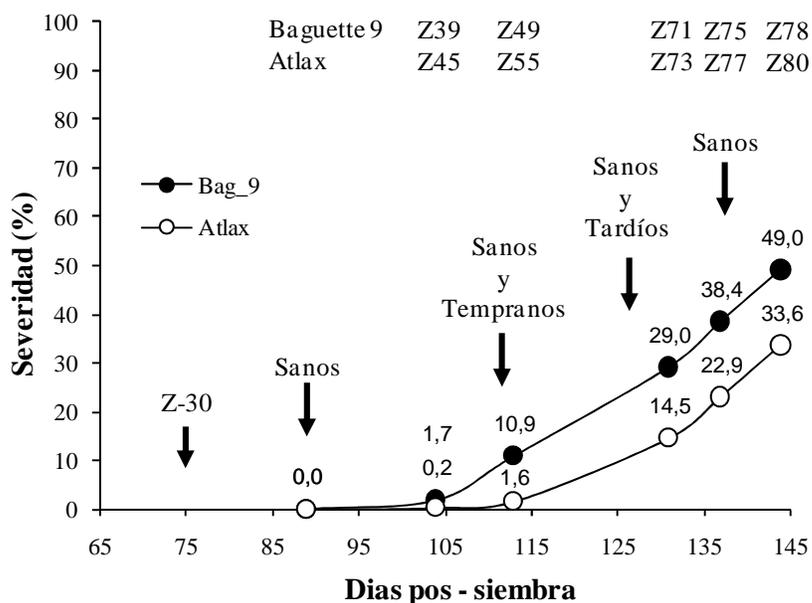


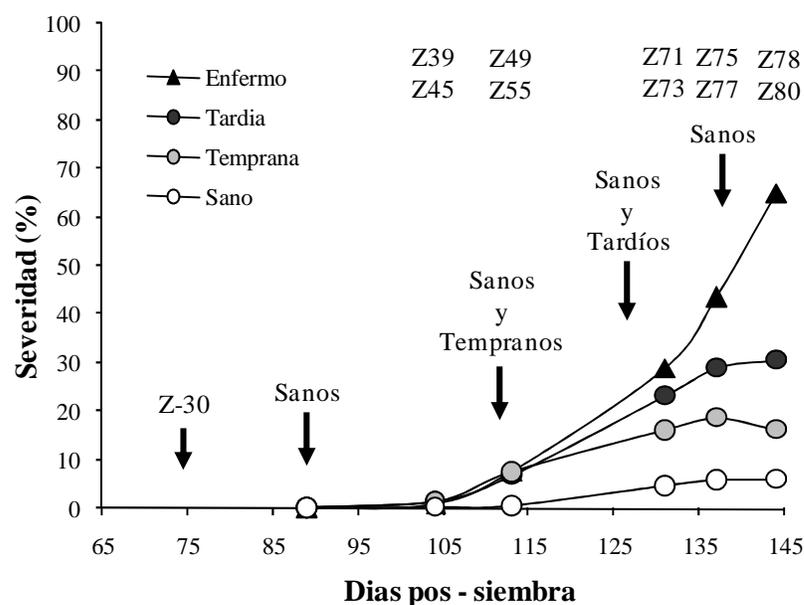
Figura No. 5. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los dos cultivares en estudio. Valores con distintas letras en cada lectura difieren entre si, Tukey ($P < 0.05$). Flechas negras indican fecha de estadio Z30 y momentos de aplicación.

La diferencia en largo de ciclo (cuadro No. 2) entre cultivares lleva a que la aparición de la enfermedad se de en una etapa más temprana en el desarrollo de Baguette 9 y con una tasa de desarrollo mayor en relación a Atlax (0.91% severidad/día y 0.57% severidad/día respectivamente), lo que llevo a que la severidad en el momento de

aplicación considerado como temprano para Baguette 9 no se correspondió con el nivel crítico de control recomendado por INIA, siendo mayor a este. Las diferencias entre cultivares se hacen cada vez más notorias hacia las últimas lecturas (131, 137 y 144 Dps), dado por las diferencias en comportamiento frente a la enfermedad que presentan cada cultivar, ya que Baguette 9 fue clasificado como de pobre comportamiento frente a roya de la hoja y Atlax con un mejor comportamiento (INIA, 2007, 2009). Más allá del cambio de comportamiento registrado para Atlax en el año 2010 (Germán y Castro, 2011), esto coincide con lo esperado, ya que el estudio se basó en la utilización de cultivares de comportamiento contrastantes.

A partir de los 113 días pos siembra (Atlax Z55, Baguette 9 Z49) la media de severidad de los tratamientos que recibieron aplicaciones con fungicida mostraron un porcentaje de severidad significativamente inferior a los tratamientos sin aplicación (4.9% y 7.6% respectivamente) (figura No.6).

Al evaluar los momentos de aplicación las diferencias significativas se dan desde etapas tempranas en la evolución de la epidemia. Desde un comienzo se diferencian los tratamientos sanos con el menor porcentaje de severidad (113 Dps), posteriormente a su respectiva aplicación se diferencia los tempranos (131 Dps), y tardíos (137 Dps) del testigo enfermo (figura No. 6).



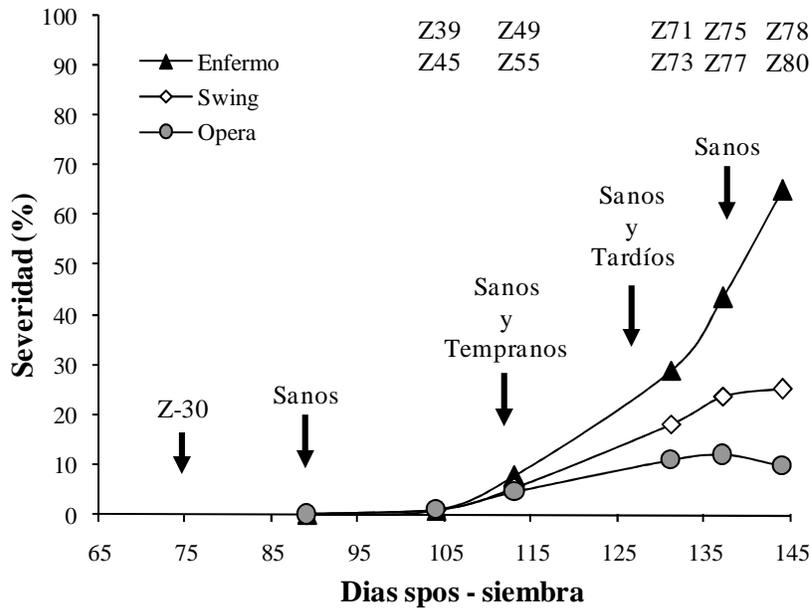
Momento	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Enfermo	0.8 ab	7.6 a	28.9 a	43.5 a	65.0 a
Tardía	1.5 a	6.8 a	23.3 a	29.1 b	30.5 b
Temprana	1.4 a	7.4 a	16.1 b	18.6 c	16.2 c
Sano	0.2 b	0.5 b	4.6 c	5.8 d	6.1 d

Figura No. 6. Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los momentos de aplicación del estudio. Ordenado según resultados de la quinta lectura. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$). Flechas negras indican fecha de estadio Z30 y momento de aplicación.

La lectura de severidad entre momentos de aplicación, parece sugerir que en promedio cuanto antes la aplicación de un producto fungicida, mejor es el control. El promedio de los tratamientos enfermos alcanza niveles elevados de severidad hacia fin de ciclo (65%), los cuales se minimizan con una única aplicación de fungicida en un momento dado (temprano 16.2% y tardío 30.5%). La importancia del momento adecuado de la intervención química en base al nivel crítico de control determinado por Pereyra et al. (2005), radica en que la enfermedad es controlada antes en el ciclo del cultivo y con menor desarrollo en relación a la aplicación tardía. Avanzada la enfermedad se observa la superioridad en severidad, según orden de aplicación; Enfermos > Tardíos > Tempranos > Sanos.

En cuanto a los productos fungicidas utilizados, para el promedio de los tratamientos, Opera arrojó mejores resultados en cuanto a control de roya de la hoja medido a través de la severidad. Estas diferencias se dieron a partir de 131 días post

siembra (Atlax Z73, Baguette 9 Z71), llevando a que al final del llenado de grano las diferencias en severidad fuesen de 15% entre productos. Estas diferencias se encuentran explicadas por el impacto de cada producto sobre la tasa promedio de evolución de la enfermedad (desde 104 Dps hasta 144 Dps), donde el tratamiento enfermo tuvo un incremento diario promedio de 1.61% de severidad/día, mientras que el promedio de los tratamientos que recibieron Swing la tasa de evolución de la enfermedad fue del 37.6% respecto del anterior (0.603% severidad/día) y por último el promedio de los tratamientos que recibieron Opera fue de 13.7% respecto al enfermo (0,22% severidad/día). Observando las tasas de evolución entre períodos de lectura de severidad, el promedio de los tratamientos con Opera comienza a detener la evolución antes respecto a Swing luego de la aplicación de fungicidas en el momento temprano y sano (cuadro No. 5 y figura No. 7). Esto concuerda con los resultados de Díaz y Germán (2008), Nunes y Soares (2008) en cuanto a que mezclas de triazoles y estrobilurinas permiten un mejor control de la roya de la hoja y mayor residualidad que los triazoles utilizados solos.



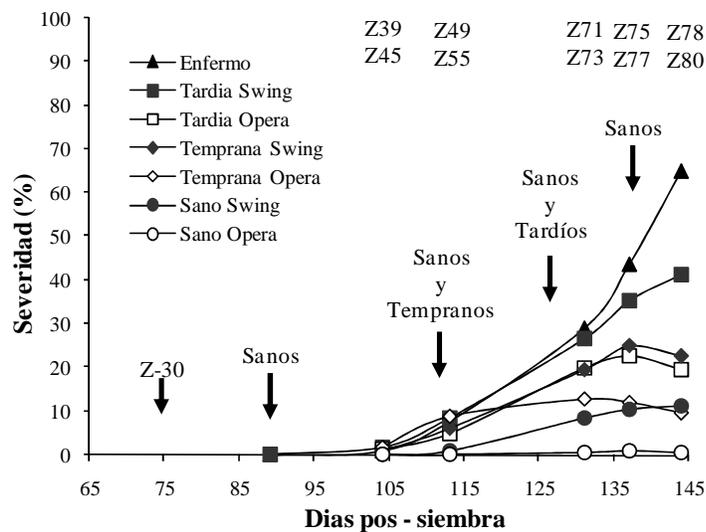
Fungicida	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Enfermo	0.8 a	7.6 a	28.9 a	43.5 a	65.0 a
Swing	1.1 a	5.2 a	18.2 b	23.7 b	25.2 b
Opera	1.1 a	4.6 a	11.1 c	12.0 c	9.9 c

Figura No. 7: Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para los fungicidas utilizados en el estudio. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$). Flechas negras indican fecha de estadio Z30 y momento de aplicación.

Cuadro No. 5. Tasa de evolución de roya de la hoja (% severidad/día) para productos fungicidas utilizados según período de estimación

	104-113 Dps (%)	113-131 Dps (%)	131-137 Dps (%)	137-144 Dps (%)	Promedio (%)
Enfermo	0.75 (100%)	1.18 (100%)	2.4 (100%)	3.07 (100%)	1.605 (100%)
Swing	0.45 (60%)	0.72 (61%)	0.92 (38.3%)	0.21 (6.8%)	0.603 (37.6%)
Opera	0.38 (51%)	0.36 (30.5%)	0.17 (7.1%)	-0.3 (-9.8%)	0.22 (13.7%)

Para la interacción Momento*Fungicida, existieron diferencias significativas a los 113 y 131 días post siembra. A los 131 días post siembra dentro de cada momento de aplicación los tratamientos con Opera resultan mejores que los tratamientos con Swing salvo en el momento tardío el cual tuvo la aplicación de fungicidas 5 días antes de esta lectura. Estas diferencias entre tratamientos desaparecen a los 137 días post siembra (figura No. 8).

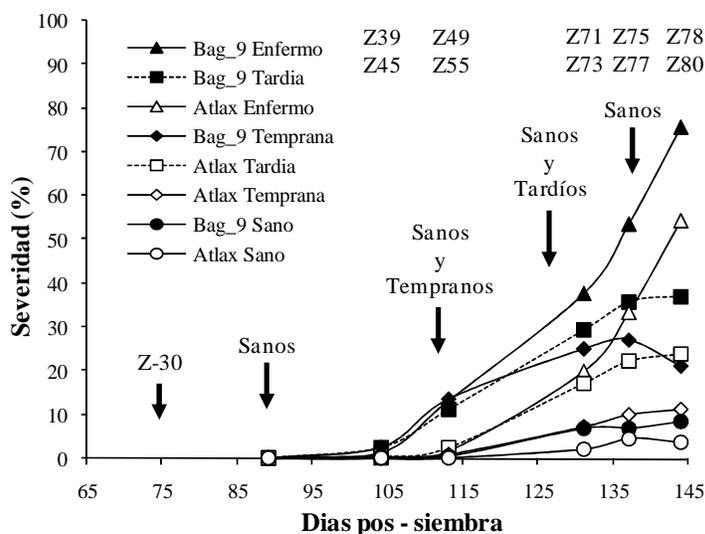


Tratamiento	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Enfermo	0.8 a	7.6 a	28.9 a	43.5 a	65.0 a
Tardía Swing	1.8 a	8.6 a	26.7 ab	35.5 a	41.5 a
Tardía Opera	1.3 a	5.0 a	20.0 b	22.7 a	19.5 a
Temprana Swing	1.1 a	6.1 a	19.4 b	25.0 a	22.9 a
Temprana Opera	1.7 a	8.7 a	12.7 c	12.2 a	9.6 a
Sano Swing	0.3 a	0.9 b	8.5 c	10.6 a	11.4 a
Sano Opera	0.2 a	0.1 b	0.7 d	1.1 a	0.7 a

Figura No. 8: Evolución del porcentaje de severidad de roya de la hoja para la interacción Momento*Fungicida. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

El promedio de los tratamientos con aplicaciones tempranas de Opera terminó (144 Dps) con un porcentaje de severidad igual que el promedio de tratamientos Swing sano (9.6% y 11.4% respectivamente). Con esto se puede apreciar el efecto residual de las aplicaciones con estrobilurinas en su formulación tal cual lo expresan Díaz y Germán (2008), ya que aplicaciones tempranas en el ciclo de la enfermedad mantuvo bajos los niveles de infección hasta fin de ciclo.

Para el efecto de la interacción Cultivar*Momento, sobre la severidad de la enfermedad, se encontraron diferencias estadísticamente significativas a partir de la lectura realizada a los 113 días post siembra.



Tratamiento	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Bag_9 Enfermo	1.5 a	13.4 a	37.6 a	53.4 a	75.8 a
Bag_9 Tardía	2.6 a	11.1 a	29.4 ab	35.9 b	37.0 a
Atlax Enfermo	0.2 a	1.8 bc	20.1 bc	33.6 ab	54.2 a
Bag_9 Temprana	2.6 a	13.7 a	25.0 b	27.3 b	21.3 a
Atlax Tardía	0.4 a	2.5 b	17.3 c	22.3 b	24.0 a
Atlax Temprana	0.3 a	1.2 bc	7.1 d	9.9 c	11.2 a
Bag_9 Sano	0.4 a	0.8 bc	6.8 d	7.0 c	8.4 a
Atlax Sano	0.0 a	0.2 c	2.3 e	4.7 c	3.7 a

Figura No. 9: Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para la interacción Cultivar*Momento. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$). Flechas negras indican fecha de estadio Z30 y momento de aplicación.

Debido a la alta tasa de desarrollo inicial de roya de la hoja que presentó el promedio de los tratamientos tempranos de Baguette 9 en relación a Atlax (1,23% severidad/día y 0,1% severidad/día respectivamente), el momento de aplicación temprano, para Baguette 9, se realizó con niveles de severidad superiores al recomendado por INIA. Con un cultivar de buen comportamiento frente a roya de la hoja (Atlax) y con aplicaciones tempranas se logró mantener bajos los niveles de severidad hasta fin de ciclo obteniendo el mismo resultado con un cultivar susceptible (Baguette 9) protegido con 4 aplicaciones. La aplicación tardía de fungicidas en Atlax si bien presentó la misma severidad final que Baguette 9 temprano, tuvo una evolución más tardía que este último (figura No. 9), lo cual podría estar influenciado por la mala decisión de control temprano para Baguette 9 antes mencionada. Estos resultados demuestran los beneficios de una correcta elección del material genético. En años predisponentes para el desarrollo de la enfermedad, es importante considerar las intervenciones químicas puesto que al menos con una aplicación tardía se logró disminuir los niveles de severidad a la mitad respecto al testigo sin tratar para ambos cultivares (figura No. 9).

Estos resultados indican la necesidad de manejar de forma diferente a cultivares con distinto comportamiento, puesto que en los de mayor susceptibilidad la evolución de las epidemias de roya son mas aceleradas, ameritando un mayor seguimiento y controles más tempranos tal como expresan Díaz y Germán (2008).

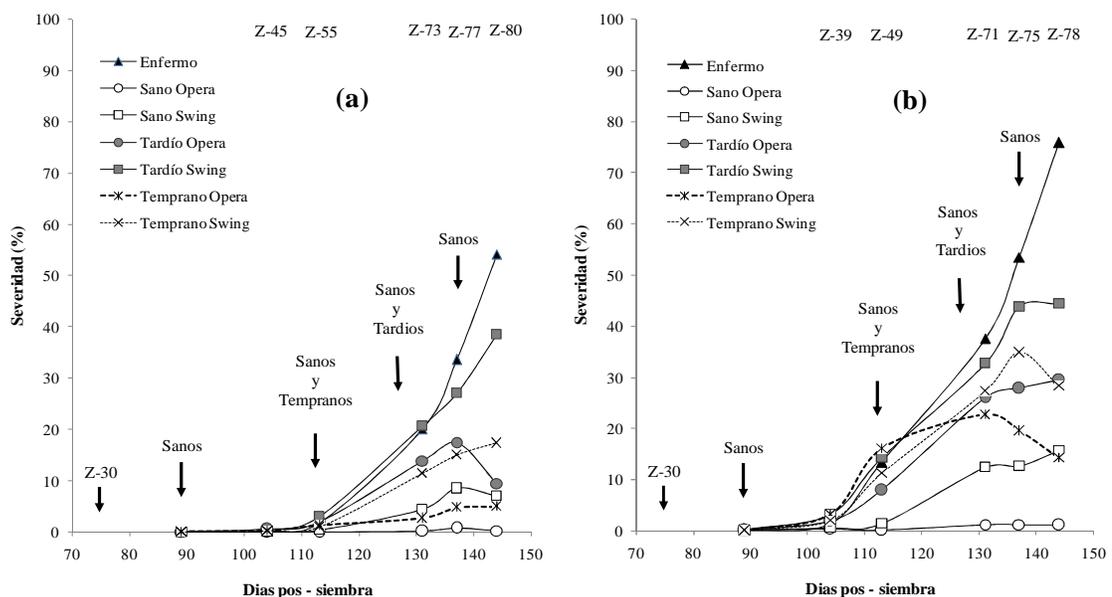


Figura No. 10: Evolución del nivel de severidad de roya de la hoja para la interacción Cultivar*Momento*Fungicida. (a); Cultivar Atlax. (b); Baguette 9. Flechas negras indican fecha de estadio Z30 y momento de aplicación.

En primer lugar se evidencia una evolución diferencial de la enfermedad dependiendo del material en consideración. Para Atlax, se observó una evolución más tardía de la enfermedad en comparación con Baguette 9, que ya desde las primeras lecturas mostraba apreciables valores de severidad (figura No. 10). Sumado a esto, la evolución de la enfermedad se dio en un estadio de desarrollo anterior en el cultivar Baguette 9. Por lo tanto, la enfermedad tuvo un impacto diferencial entre cultivares.

Al comparar entre tratamientos, las diferencias visibles entre los mismos, significativas o no, se hacen apreciables para Baguette 9 a los 113 Dps, mientras que para el cultivar Atlax recién a los 131 Dps en adelante cuando la curva de la enfermedad toma valores elevados según tratamiento. Para las dos variedades dentro de cada momento de aplicación, (figuras No. 7 y 8), se nota un mejor comportamiento del fungicida Opera en relación a Swing. En ambos cultivares, los tratamientos temprano y tardío con Opera tuvieron mejor control que cuando se utilizó el producto fungicida Swing, concordando con lo expresado por Díaz y Germán (2008), Nunes y Soares (2008) en cuanto al mejor control de las formulaciones mezclas de estrobilurina y triazoles que estos últimos utilizados solos. En tanto una aplicación tardía con Swing no redujo los niveles de enfermedad respecto al testigo enfermo al menos hasta la última lectura la cual fue a fines de llenado de grano.

4.2.2 Cantidad de enfermedad

Para poder cuantificar la cantidad total de enfermedad en el ciclo del cultivo que presentaron los distintos tratamientos, se recurrió al cálculo del área debajo de la curva del progreso de la enfermedad (AUDPC), debido a que es un indicador complementario del efecto de cada tratamiento a lo largo del progreso de la enfermedad en el ciclo del cultivo.

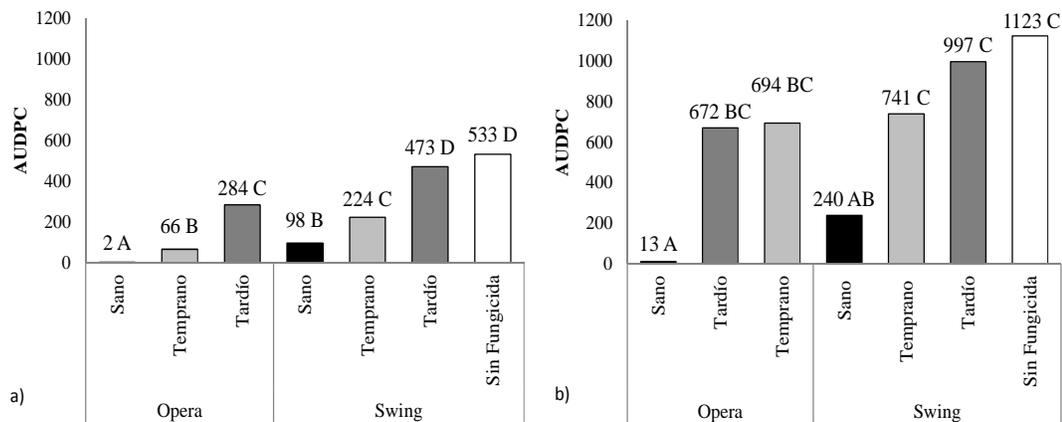


Figura No. 11. Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) para cada tratamiento. (a); Cultivar Atlax. (b); Cultivar Baguette 9. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

Existió una clara diferencia entre cultivares, coincidiendo con lo expresado por la evaluación de cultivares (INIA, 2007, 2009) donde el cultivar Atlax es considerado de mejor comportamiento que el cultivar Baguette 9 (cuadro No. 4), más allá del citado cambio de comportamiento del cultivar Atlax frente a la enfermedad (Germán y Castro, 2011).

Dentro del cultivar Baguette 9, los únicos tratamientos que se diferenciaron estadísticamente del testigo sin aplicación fueron los que tuvieron más de una aplicación (sanos), debido a la gran susceptibilidad del material frente a la roya de la hoja. Vale la pena recalcar que el momento de aplicación temprano para este cultivar fue realizado con mayor severidad que lo recomendado por INIA, lo que podría haber repercutido en el resultado obtenido para dicho momento y por ende también para el momento tardío. Por el contrario, en el cultivar Atlax, los 3 tratamientos que fueron tratados con Opera se diferenciaron del testigo sin aplicación, mientras que los que fueron tratados con Swing solo se diferenciaron los sanos y tempranos.

Con respecto a los fungicidas utilizados, en el caso de Atlax, Opera presentó menor AUDPC que el fungicida Swing en todos los momentos de aplicación debido a un mejor control observado en la evolución del porcentaje de severidad (figura No. 10). Por otro lado en Baguette 9, estas diferencias no son tan claras. La elección del tipo de fungicida y del momento de aplicación, toman una importancia relativa mayor luego de la elección del material genético. Debido al ya mencionado retraso en la aplicación temprana para Baguette 9, no se dieron las condiciones para confirmar la mayor importancia de determinación del momento de aplicación en cultivares susceptibles como lo afirman Díaz y Germán (2008).

4.2.3 Manchas foliares

La evolución de epidemias de manchas foliares no fueron de importancia, puesto que en la mayoría de los tratamientos la evolución no tuvo valores elevados. En los peores casos los niveles de infección fueron levemente mayores a 5% de severidad pero recién hacia fines de llenado de grano (144 días post siembra). Por tal motivo las epidemias de manchas foliares no fueron un problema y no interfirieron en los resultados.

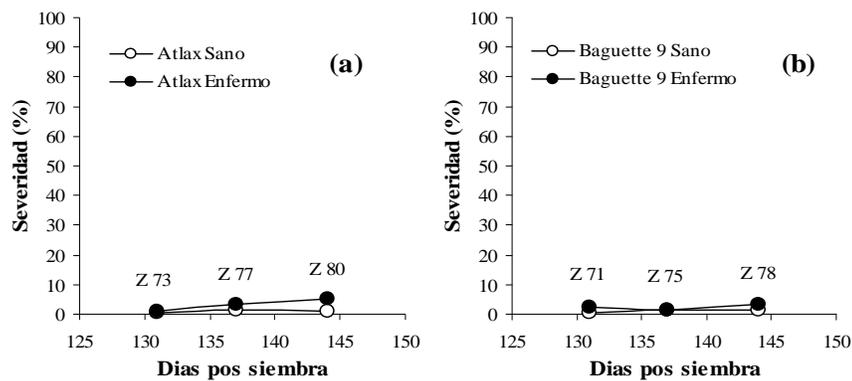


Figura No. 12: Evolución del nivel de severidad de manchas foliares para testigo enfermo y protegido según cada cultivar. (a); Cultivar Atlax. (b); Baguette 9.

4.3 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS VIVAS

La evolución del número de hojas vivas es un indicador de la duración del área foliar (DAF). Según Leyva et al. (2003) el área foliar desempeña la función de capturar la energía de la luz solar, para realizar la fotosíntesis y procesar los alimentos necesarios para el desarrollo, transpiración, respiración y reproducción de la planta. La presencia de la enfermedad, afecta directamente a este componente fisiológico determinante del rendimiento (figura No. 13), por lo cual ésta estimación es complementaria al porcentaje de severidad.

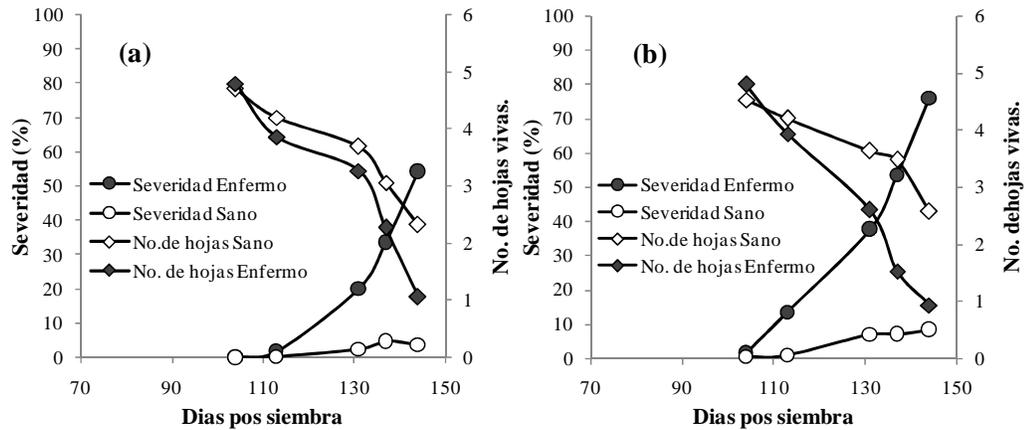


Figura No. 13. Evolución de severidad y número de hojas según cultivar. (a) Atlax, (b) Baguette 9.

Al comparar tratamiento protegido (sano) con el tratamiento testigo enfermo en ambos cultivares, se observa el efecto de la presencia de enfermedad en la evolución del número de hojas. Para Baguette 9, a partir de Z49 la diferencia en severidad entre ambos tratamientos es expresada en el número de hojas, la cual se hace máxima a partir de los 137 Dps (Z 71) (figura No. 13 b), momento en el cual comienza el período de llenado de grano. En Atlax, si bien desde Z55 comienza a diferenciarse los tratamientos por severidad, la diferencia en el número de hojas se mantiene hasta avanzado el período de llenado de grano (Z 77) (figura No. 13 a), siendo esta caída causada fundamentalmente por encontrarse cerca de madurez.

El número de hojas por tallo fue en promedio estadísticamente superior para el cultivar Atlax a partir de Z71-73 (131 días post siembra) manteniéndose superior también a Z75-77 (137 Dps). Esta diferencia están dadas por el comportamiento contrastante entre cultivares frente a la roya de la hoja, lo que hace a la pérdida diferencial en el número de hojas. A Z78-80 (144 Dps) las diferencias desaparecen explicándose esto por la cercanía a fines de ciclo para cada cultivar (figura No. 14).

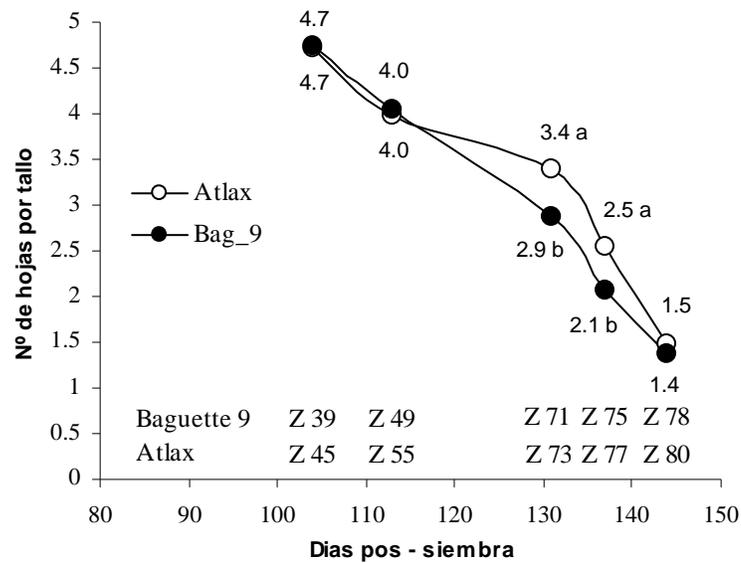
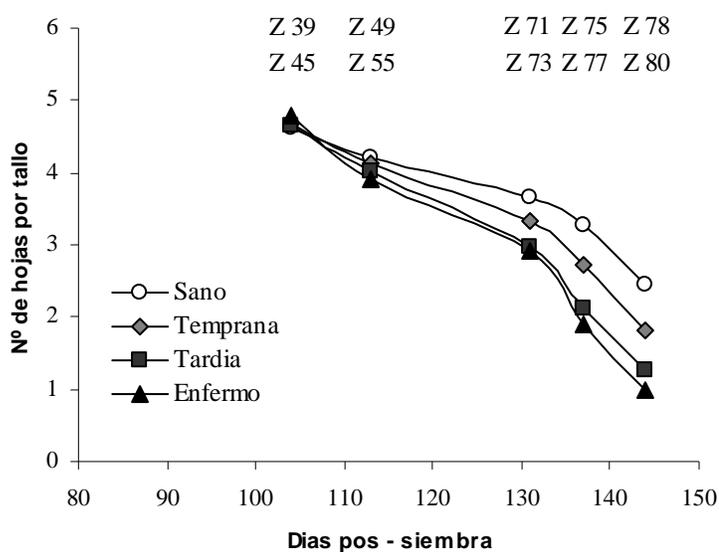


Figura No. 14. Evolución del número de hojas vivas por tallo en cultivar Atlax y Baguette 9. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

En promedio el efecto de tratar con fungicida llevo a que el número de hojas fuese superior a partir de Z49-55 (113 días post siembra), en adelante donde se encontraron diferencias significativas. Para el factor momentos de aplicación en promedio los resultados indican que cuanto más temprana la aplicación en relación a la aparición de la enfermedad y cuantas más veces, el número de hojas se mantiene por más tiempo. Las diferencias se dieron a partir de Z 71-73 donde se diferencian los testigos sanos y tratamientos tempranos del testigo enfermo. En promedio las aplicaciones tardías no incrementaron la duración del número de hojas en relación al testigo enfermo (figura No. 15). Esto es muy importante ya que al mantener mayor área foliar por más tiempo durante el período de llenado de grano (figura No. 15) influye positivamente en el peso de grano.



Tratamiento	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Sano	4.6 a	4.2 a	3.7 a	3.3 a	2.5 a
Temprana	4.7 a	4.1 a	3.3 b	2.7 b	1.8 b
Tardía	4.7 a	4.0 a	3.0 c	2.1 c	1.3 c
Enfermo	4.8 a	3.9 a	2.9 c	1.9 c	1.0 c

Figura No. 15. Evolución del número de hojas vivas por tallo en función del momento de aplicación. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey (P<0.05).

Las aplicaciones con el fungicida Opera muestran un mejor resultado en el número de hojas por tallo. Estas diferencias se dan a partir de Z71-73 (figura No. 16). Esto se asocia a la mayor protección residual que confiere Opera frente a la enfermedad en relación a Swing, determinando un mayor DAF.

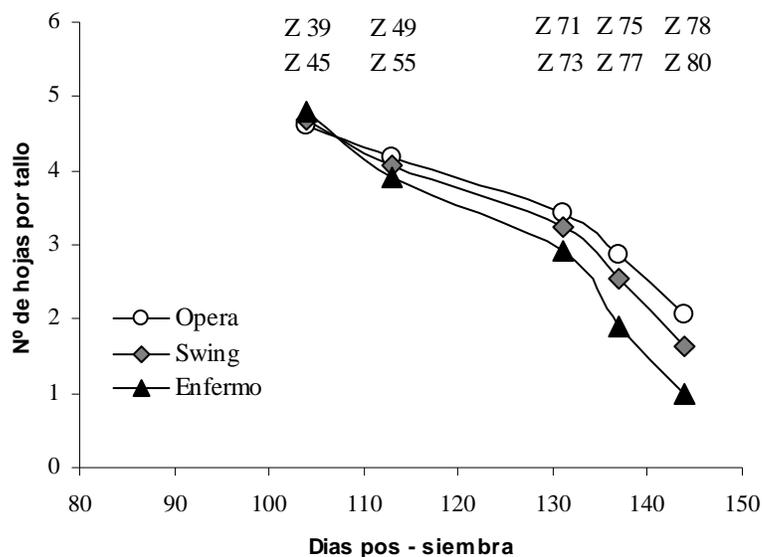
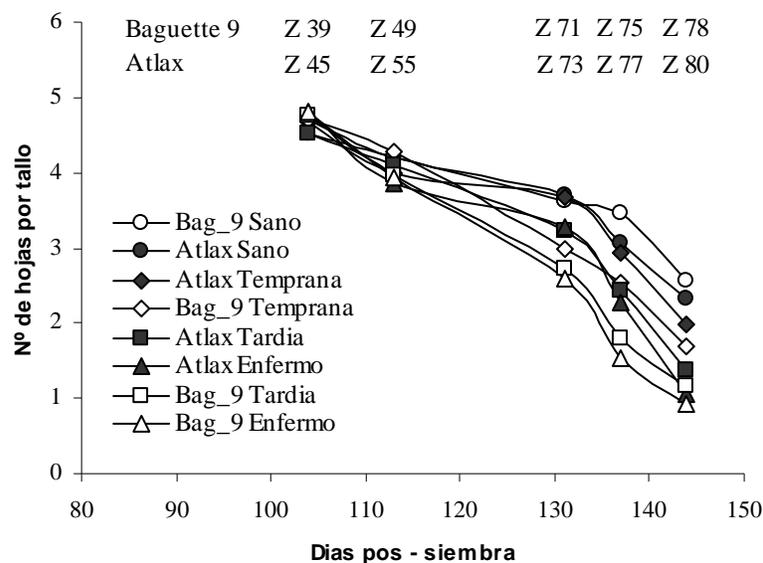


Figura No. 16. Evolución del número de hojas vivas por tallo para cada fungicida estudiado. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

La interacción de los factores Cultivar*Momento, presenta un aumento en la variación entre tratamientos a medida que transcurre el tiempo, evidenciándose las diferencias estadísticas a partir de los 131 Dps. Los tratamientos que se diferenciaron fueron Baguette 9 tardío y enfermo a los 131 Dps (Z 71-73), con un menor número de hojas vivas que los demás tratamientos y con diferencias estadísticas con todos los tratamientos menos Baguette 9 temprano. Estos tratamientos se mantienen hacia los 137 Dps (Z 75-77) como de menor número de hojas pero sin diferencias con Atlax tardío y enfermo. Estas diferencias son debidas a la mayor cantidad de enfermedad que presentaron estos tratamientos (figura No. 17), resaltando nuevamente la importancia de la elección del cultivar y del momento de aplicación.



Tratamiento	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
Bag_9 Sano	4.5 a	4.2 a	3.6 ab	3.5 a	2.6 a
Atlax Sano	4.7 a	4.2 a	3.7 a	3.1 ab	2.3 a
Atlax Temprana	4.7 a	4.0 a	3.7 a	2.9 ab	2.0 a
Bag_9 Temprana	4.7 a	4.3 a	3.0 cd	2.5 b	1.7 a
Atlax Tardía	4.5 a	4.1 a	3.2 bc	2.4 bc	1.4 a
Atlax Enfermo	4.8 a	3.9 a	3.3 abc	2.3 bcd	1.1 a
Bag_9 Tardía	4.8 a	4.0 a	2.7 d	1.8 cd	1.2 a
Bag_9 Enfermo	4.8 a	3.9 a	2.6 d	1.5 d	0.9 a

Figura No. 17. Evolución del número de hojas vivas por tallo según interacción Cultivar*Momento. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

Para la interacción de los tres factores de variación, la significancia se dio hacia los 144 días post siembra (Baguette 9 Z78 y Atlax Z80) y resultó en escasas diferencias específicas y no tan claras, pero que tienden a posicionar de mejor forma a los tratamientos que tuvieron aplicaciones tempranas y con el fungicida Opera.

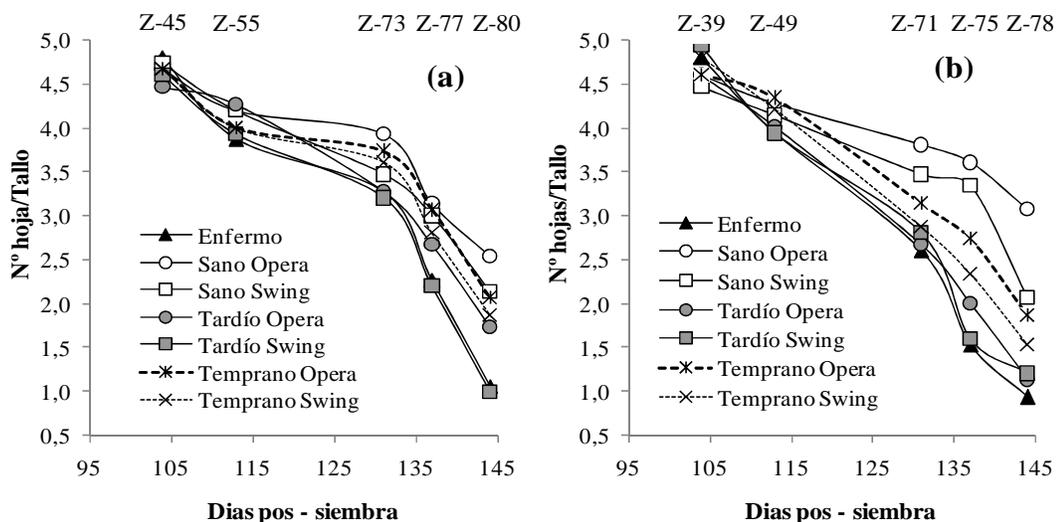


Figura No. 18. Evolución del número de hojas vivas por tallo según interacción Momento*Fungicida. a) Atlax, b) Baguette 9.

La normal pérdida de hojas vivas por tallo a medida que avanzó el ciclo de cultivo fue claramente afectada por la enfermedad. Para la variedad Atlax al igual que con la severidad se observó el mejor comportamiento en relación a Baguette 9. Las diferencias entre tratamientos para la variedad Atlax tardaron más tiempo en apreciarse e igualmente no fueron totalmente claras hasta las últimas lecturas. A su vez se destaca la pérdida de hojas vivas de Baguette 9 antes en el ciclo del cultivo. Todo esto está influenciando la determinación del componente peso de grano, desde antes en el ciclo del cultivo, y con mayor impacto en el cultivar Baguette 9.

También para esta variable existe una superioridad del producto fungicida Opera en relación a Swing (figura No. 16). Para los momentos de aplicación los resultados coinciden con los obtenidos para severidad; cuanto más temprano el control de la enfermedad, el número de hojas por tallos tuvo una menor caída en el tiempo. Esto se asoció directamente con el nivel de roya de la hoja, ya que aplicaciones tempranas controlaron mejor la enfermedad (figura No. 6) determinando que ésta tenga una menor influencia en el DAF.

4.4 EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE VERDE

Este índice es un indicador de la cantidad de clorofila en las hojas, en tanto esta última se relaciona con la actividad del aparato fotosintético. Variaciones en el índice de verde (IV) estarían indicando distinto grado de actividad fotosintética. Esto sumado a la

cantidad de hojas vivas representa la variación de la fuente de asimilados entre tratamientos. Según Carretero et al. (2009) las enfermedades no solo afectan la cantidad de área foliar fotosintéticamente activa, sino que también podrían afectar la eficiencia de uso de la radiación (EUR).

En todos los tratamientos al momento de la segunda estimación (146 Dps) del IV el estrato inferior del follaje ya se encontraba muerto, y para muchos de ellos también el estrato medio. Al comparar estos momentos con la evolución de la curva de enfermedad y del número de hojas por tallo presentados anteriormente, los datos de IV obtenidos concuerdan ya que entre los 131 y 144 días post siembra se da el mayor crecimiento de la enfermedad y la mayor caída del número de hojas vivas por tallo y esto es expresado en la evolución del IV entre la primera y la segunda estimación (133 y 146 días post siembra respectivamente) (figura No. 19 y ver ANEXOS)

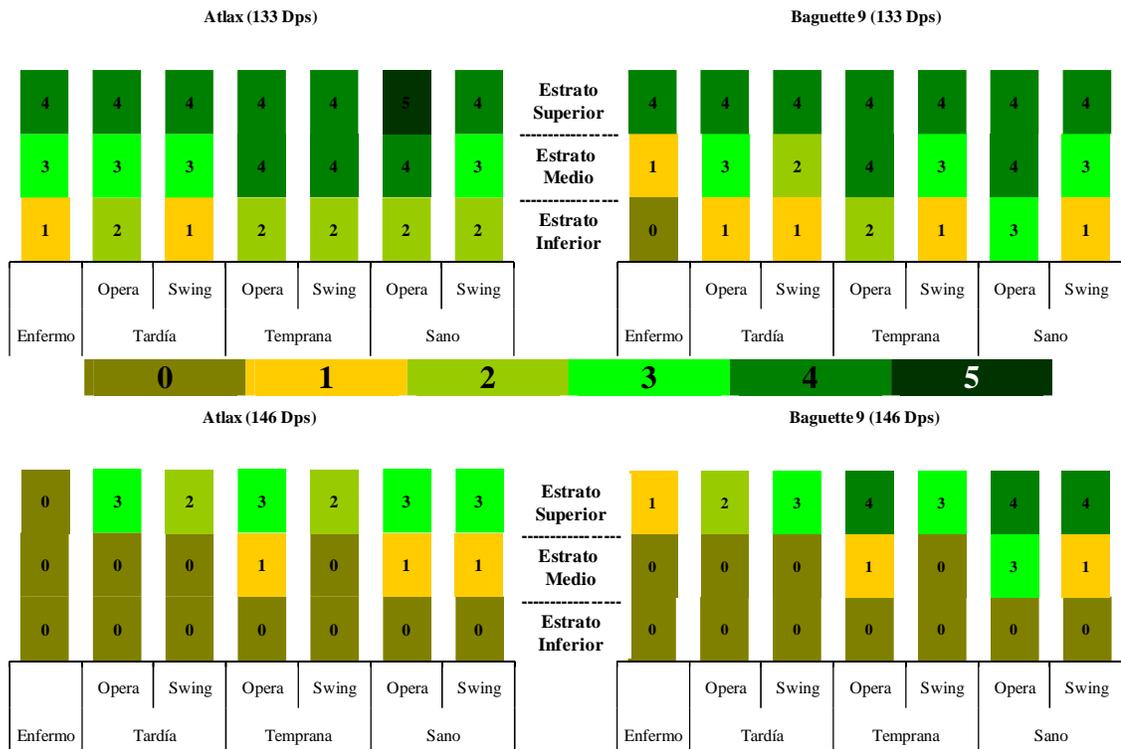


Figura No. 19. Evolución del IV de los estratos dentro del cultivo en dos mediciones (133 y 146 dps) para ambos cultivares (Atlax y Baguette 9). a) IV Baguette 9 133dps, b) IV Atlax 133 dps, c) IV Baguette 9 146 dps, d) IV Atlax 146 dps.

En cuanto a las diferencias en IV entre cultivares, las medias indican que Atlax tiene mayor IV que Baguette 9 en el estrato inferior y medio a los 133 Dps (Z 73 y Z 75 respectivamente). A los 146 Dps (Atlax Z 80 y Baguette 9 Z 78) las diferencias son

favorables para Baguette 9 en el estrato superior (alto). Además se observa que en la misma, el cultivar Atlax disminuyó su color en ambos estratos más que el cultivar Baguette 9, lo cual estaría explicado por encontrarse el primero más cerca de fin de ciclo que el segundo (figura No. 19 y cuadro No. 6).

Cuadro No. 6. Evolución de IV para ambos cultivares entre lecturas. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

Cultivar	1° Lectura (133 Dps)			2° Lectura (146 Dps)		
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
Atlax	1.5 a	3.0 a	4.3 a	0,0	0.3 a	1.5 b
Baguette 9	0.9 b	2.3 b	4.1 a	0,0	0.4 a	2.0 a

Para el promedio de los tratamientos que recibieron algún tipo de aplicación con fungicida, los mismos fueron superiores en las dos estimaciones (133 y 146 Dps) a los tratamientos enfermos. Solo se igualan en el estrato superior al momento de la primera lectura (133 Dps). Entre momentos de aplicación, las aplicaciones tempranas mostraron en promedio ser superiores en IV (cuadro No. 7). Concordando con lo que sucedió también con severidad y número de hojas vivas, con aplicaciones más tempranas se mantuvo menores niveles de enfermedad, número de hojas vivas y con estos resultados se concluye que además dicho follaje tuvo una mejor capacidad fotosintética medida como IV.

Cuadro No. 7. Lecturas de IV por estrato según momento de aplicación. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

Tratamiento	1° Lectura (133 Dps)			2° Lectura (146 Dps)		
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
Sano	2.0 a	3.5 a	4.4 a	0,0	1.5 a	3.3 a
Temprana	1.7 ab	3.5 a	4.4 a	0,0	0.6 b	3.0 ab
Tardía	1.1 bc	2.7 b	4.1 a	0,0	0.0 c	2.5 b
Enfermo	0.9 c	2.0 b	4.1 a	0,0	0.0 bc	0.6 c

El producto fungicida Opera mostró un comportamiento superior a Swing, dado que en los estratos inferiores donde tiende a concentrarse la mayor parte de la epidemia de la roya de la hoja es donde se dan los resultados a favor de Opera (cuadro No. 8). Esto se explica por la mayor residualidad de Opera en relación a Swing, reportado por Díaz y Germán (2008), responsable en mantener bajos niveles de enfermedad (figura No. 8), número de hojas vivas (figura No. 16) e índice de verde.

Cuadro No. 8. Lectura de IV por estrato en respuesta a los fungicidas utilizados. Valores con distintas letras en cada columna difieren entre sí, Tukey ($P < 0.05$).

Fungicida	1° Lectura (133 Dps)			2° Lectura (146 Dps)		
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
Opera	1.8 a	3.5 a	4.3 a	0,0	1.0 a	3.1 a
Swing	1.3 b	2.9 b	4.2 a	0,0	0.4 b	2.8 a
Enfermo	0.9 b	2.0 c	4.1 a	0,0	0.0 b	0.6 a

Al mantener el cultivo con bajos niveles de enfermedad, mediante aplicaciones tempranas y la utilización de fungicida con estrobilurinas, se afecta la duración del área foliar (DAF) puesto que se logra mantener un número de hojas alto, por mayor tiempo y con mayor actividad fotosintética. De esta manera el control de roya de la hoja incide a través del DAF, manteniendo la fuente de fotoasimilados, y favoreciendo el llenado de grano.

4.5 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA

La cantidad de biomasa producida y la proporción de esta que es depositada en los granos determinan el rendimiento final. La producción de biomasa está en función de la radiación solar incidente que es interceptada por el cultivo (evolución del número de hojas vivas) y de la eficiencia de uso de la radiación (Carretero et al., 2007). Por tales motivos, es necesario mantener el control de las enfermedades en general y de la roya de la hoja en particular, puesto que estas afectan directamente la evolución del número de hojas vivas y el índice de verde.

En cuanto a la población de plantas, medida a través de plantas/m², se obtuvo en promedio un mayor número de plantas para Atlax en relación a Baguette 9 (305 y 250 plantas/m² respectivamente). Esto concuerda con el objetivo planteado al inicio del experimento de obtener un mayor número de plantas en el cultivar Atlax, aunque en ambos casos fueron superiores al objetivo planteado. Si bien la diferencia en número de plantas por metro² fue significativa, ambos cultivares presentaron a Z30 similar y estadísticamente no significativo de número de macollos, por lo cual las diferencias posteriores no se deben al establecimiento que tuvieron los cultivares

La producción de biomasa/ha a Z30 (74 Dps), fue diferente significativamente entre cultivares. Atlax logro acumular 2194 kg MS/ha, mientras que Baguette 9 acumulo 1507 kg MS/ha, diferencia explicada por las distintas tasas de crecimiento diario según cultivar (cuadro No. 9). En cuanto a los otros factores y las interacciones entre los mismos, no existieron diferencias significativas, lo cual estaría explicado por la no presencia de enfermedad al momento de la determinación, la cual no determina una merma de crecimiento. No solo las medias de los cultivares fueron distintas entre sí, sino

que todos los tratamientos con Atlax fueron superiores a cualquier tratamiento con Baguette 9 en lo que a acumulación de MS a Z30 se refiere.

La media para la producción de biomasa a Z65 fue de 11075 Kg MS/ha (11197 Kg MS/ha Atlax y 10886 Kg MS/ha Baguette 9), no existiendo diferencias significativas entre tratamientos. Por lo que se puede concluir que el cultivar Baguette 9 tuvo un crecimiento mayor que el cultivar Atlax en el período comprendido entre los estadios Z30 y Z65. Esta mayor acumulación de biomasa por parte de Baguette 9 durante éste período (Z 30-Z 65) se debe al mayor largo del ciclo de éste en relación a Atlax y no a la tasa de crecimiento diaria, la cual fue 12% inferior (cuadro No. 9).

Existieron diferencias significativas en la producción total de biomasa por unidad de área a cosecha entre los cultivares, teniendo el cultivar Atlax mejor producción que el cultivar Baguette 9 (17186 kg MS/ha y 13045 kg MS/ha respectivamente). Si bien la duración del período Z65-cosecha para el cultivar Atlax fue 5 días inferior en relación a Baguette 9, la tasa de crecimiento diaria durante dicho período fue un 49% superior (cuadro No. 9). Esta menor tasa de crecimiento registrada por Baguette 9 se debe a los mayores niveles de severidad en relación a Atlax (figura No. 21).

Del total de biomasa producida en el periodo Z65-Cosecha, para Atlax el 93% fue destinado al llenado de grano, en tanto para Baguette 9 la misma no alcanzó para concretar el llenado y fue necesario la translocación de asimilados desde el tallo para completar el llenado de grano. Esta falta de fuente de fotoasimilados evidencia el mayor impacto de la roya de la hoja en Baguette 9 durante esta etapa.

Cuadro No. 9. Tasa de crecimiento diaria (kg de MS/ha/día) según cultivar y etapa del ciclo.

Cultivar	Siembra-Z30		Z30-Z65		Z65-Cosecha	
	Kg MS/ha/día	días	Kg MS/ha/día	Días	Kg MS/ha/día	Días
Atlax	29.65	74	243.4	46	452.3	38
Baguette 9	20.36	74	213.5	51	303.4	43

Si bien el análisis de ANAVA no muestra diferencias significativas entre las interacciones de los tres factores, si existen diferencias significativas en los factores cultivar y momento, por lo que las diferencias encontradas (figura No. 20), se deben a los efectos aditivos de estos factores y no a la interacción entre los mismos. Se puede apreciar que sea cual sea el momento de aplicación o el fungicida utilizado, la variedad Atlax supera en producción de materia seca a la variedad Baguette 9.

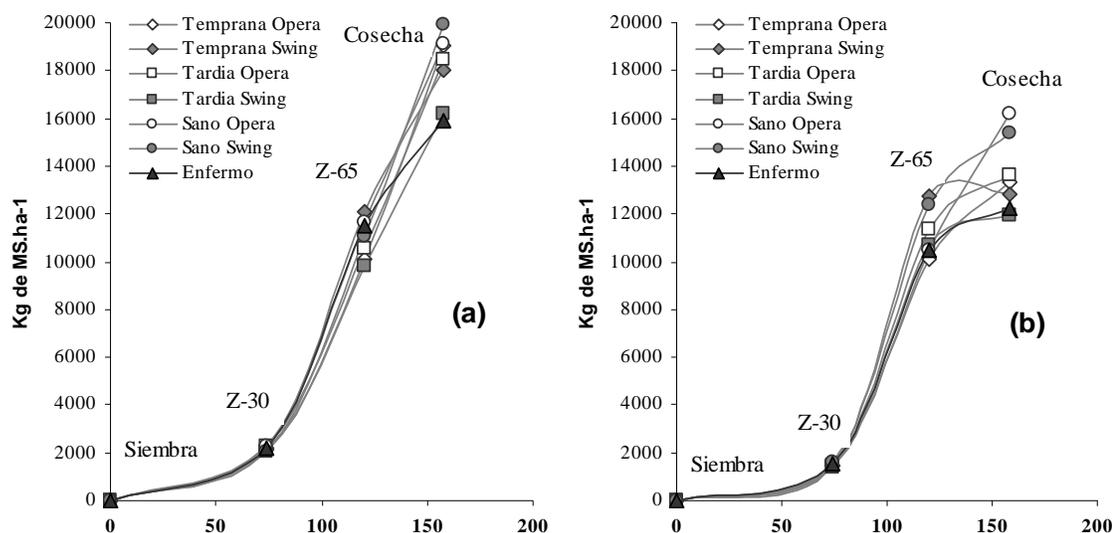


Figura No. 20. Evolución de la materia seca desde siembra hasta cosecha. (a); Atlax. (b); Baguette 9.

El cultivar Baguette 9 que a Z30 tuvo una menor acumulación de biomasa, iguala en Z65 a Atlax, lo que significa un mayor crecimiento, determinado por un período de mayor duración, dado que la tasa de crecimiento diaria fue para Atlax levemente superior (cuadro No. 9). A cosecha, Atlax presentó un crecimiento superior, con lo que culmina con aproximadamente 4000 Kg de MS más que Baguette 9. En esta última etapa (Z65-Cosecha) la presencia de la enfermedad es la que determina que Baguette 9, variedad de pobre comportamiento frente a roya de la hoja, presente una menor tasa de crecimiento diario que Atlax (cuadro No. 9 y figura No. 21)

Además de la diferencia entre cultivares, se observan diferencias significativas entre tratamientos sanos y enfermos hacia final de ciclo (figura No. 21). La presencia de la enfermedad para ambos cultivares, comparando el promedio de tratamientos enfermos respecto a los sanos, significó una merma en el rendimiento de 3600 kg MS/ha para ambos cultivares (18% Atlax y 23% Baguette 9).

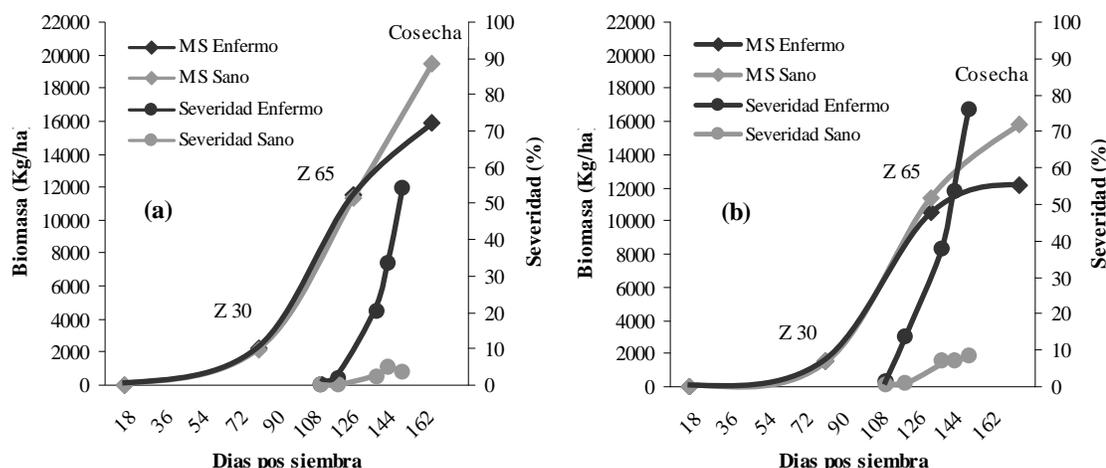


Figura No. 21. Evolución de la producción de biomasa y severidad según tratamiento sano y enfermo para cada variedad, a) Atlax, b) Baguette 9.

El desarrollo de roya de la hoja se dio tardíamente en relación al ciclo de cultivo, permaneciendo a bajos niveles desde su aparición a los 89 Dps, dándose la evolución más próxima a floración (Figura No. 5).

Según Carretero et al. (2007) no todas las etapas por las que transcurre el cultivo durante su desarrollo tienen igual importancia relativa en la generación del rendimiento. Por lo tanto una mayor tasa de crecimiento durante una etapa de desarrollo repercute favorablemente en la concreción del componente que se está definiendo en la misma. En este sentido durante el llenado de grano, Atlax supera a Baguette 9 con una tasa de crecimiento superior, esto afecta la cantidad de fotoasimilados destinados al llenado de los grano.

4.6 RENDIMIENTO EN GRANO Y SUS COMPONENTES

El rendimiento en grano promedio total del experimento fue de 5242 kg/ha, encontrándose las medias de los tratamiento dentro de un rango de 3581 a 6340 kg/ha. El análisis estadístico para rendimiento arrojó un resultado significativo para el efecto variedad y momento de aplicación. Estos resultados se expresan junto con los componentes del rendimiento, de manera de aclarar qué componente se ve mayormente afectado en cada caso y estaría explicando las diferencias en el rendimiento, según el factor de variación analizado (cuadro No. 10).

Para el total de datos, las relaciones entre los rendimientos finales y sus componentes se muestran en la figura No. 22 como forma de caracterizar en cada cultivar cual fue el determinante en mayor o menor magnitud.

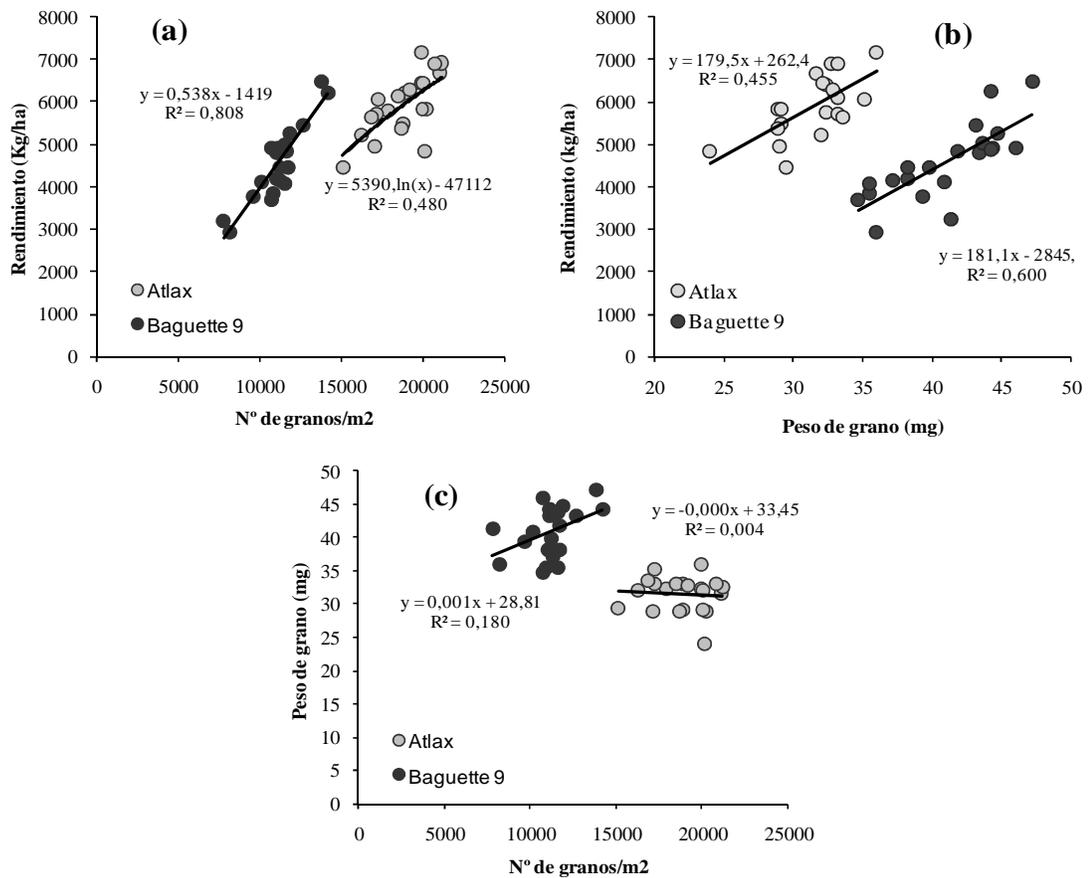


Figura No. 22. Relación entre el rendimiento y sus componentes. a) Rendimiento en función del número de granos/m² ($p < 0,05$) b) Rendimiento en función del peso de granos ($p < 0,05$). c) Peso de grano en función del número de granos/m² ($p > 0,05$).

El rendimiento final en grano tiene una elevada relación con el número y peso de granos para la variedad Baguette 9 y media para Atlax (figura No. 22, a y b) ($P < 0,05$ para ambas relaciones en ambos cultivares). Esto indica que para Baguette 9 en relación a Atlax, una mayor proporción de la variación en el rendimiento final estuvo explicada por el número y el peso de los granos.

Para el total de datos del experimento el rango de valores de número de granos/m² tuvo una relación no significativa con el peso de los mismos (figura No. 22 c) ($P > 0,05$ para ambos cultivares). Si bien es esperable una relación negativa entre dichas variables, ésta situación muestra el resultado de la aplicación de los distintos tratamientos dentro de cada cultivar, visto que en Baguette 9 algunos tratamientos dentro del rango de datos tuvieron el mayor número de granos y también el mayor peso de grano (cuadro No. 11). Para Atlax la situación no fue la misma, sin mostrar una clara tendencia.

Para el efecto variedad se encontraron diferencias en los promedios, siendo la variedad Atlax superior a Baguette 9. La diferencia fue de un 25% de rendimiento de Baguette 9 por debajo de Atlax (figura No. 23 y cuadros No. 10 y No. 11).

Cuadro No. 10. Resultados del análisis de varianza (p - valor) de componentes y determinantes del rendimiento y calidad (P<0,05).

Tratamiento	Plantas/m2 (No.)	Tallos/m2 (No.)	Espigas/m2 (No.)	Fertilidad (%)	Granos/m2 (No.)
(E).- Enfermo	ns	ns	ns	ns	ns
C .- Cultivar	P<0,05	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns
F .- Fungicida (E)	ns	ns	ns	ns	ns
M .- Momento (E)	ns	ns	ns	ns	ns
M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns

Tratamiento	PG (mg)	Gr/esp. (No.)	Rend. (kg)	IC (No.)	Peso Hect. (kg)
(E).- Enfermo	P<0,05	ns	P<0,05	P<0,05	ns
C .- Cultivar	P<0,05	ns	P<0,05	P<0,05	ns
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns	P<0,05	P<0,05
F .- Fungicida (E)	ns	ns	ns	ns	ns
M .- Momento (E)	P<0,05	ns	P<0,05	P<0,05	ns
M * F (E)	ns	P<0,05	ns	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns

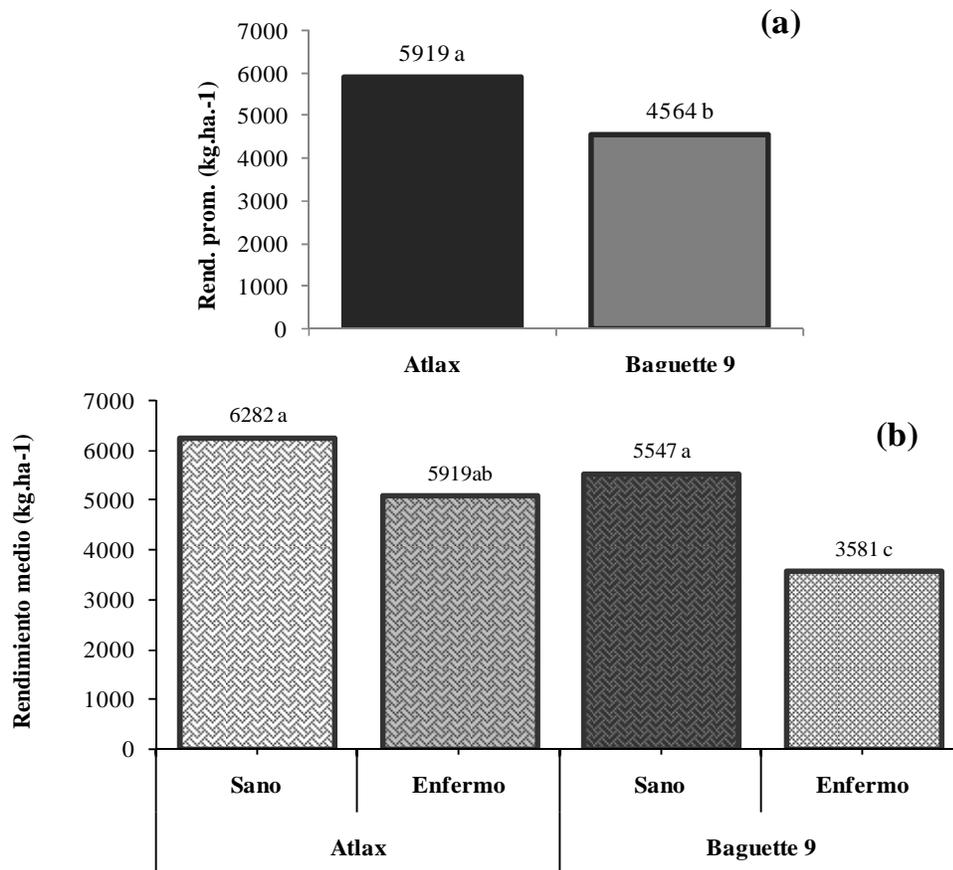


Figura No. 23. a) Rendimiento promedio para cada variedad. b) Rendimiento medio de los tratamientos sanos y enfermos según variedad.

Por efecto de la presencia de la enfermedad, Atlax disminuyó el rendimiento en un 19% (1188Kg/ha) y Baguette 9 un 35% (1966 Kg/ha). El rendimiento promedio para cada cultivar resultó distinto significativamente, posicionándose Atlax como de mejor rendimiento (Cuadro No. 10).

Existieron diferencias entre los tratamientos sanos de ambos cultivares, donde el promedio de los tratamientos sanos del cultivar Baguette 9 rindió un 88% respecto a los sanos Atlax. Esto no concuerda con lo expresado por la caracterización de cultivares de Facultad de Agronomía, donde los potenciales de rendimiento para dichos cultivares son similares (Hoffman et al., 2009, 2010).

Estas diferencias se deben en parte a que Baguette 9 resulto con un porcentaje de fertilidad de espigas inferior en relación a Atlax (24% y 40% respectivamente) y menor en relación a los valores de caracterización (60-56,5% para Baguette 9 y 78-74,2% para Atlax) 2008 y 2009 respectivamente. En Baguette 9 también afecto el mayor

largo de ciclo, lo cual determino que la etapa de llenado de grano haya sido mayormente afectada por la sequía. Además, un tercer factor que pudo estar afectando el rendimiento final fue el posible impacto que tuvo la aplicación de herbicidas hormonales en pleno macollaje, ya que se observó un problema fisiológico en la emergencia de las espigas a través de la vainas de las hojas bandera con lo cual algunas de ellas quedaron atrapadas curvándose y afectando así el llenado de sus granos. Esta anomalía se observo solo para Baguette 9.

Cuadro No. 11. Componentes del rendimiento promedio para cada variedad. Valores con distintas letra dentro de columnas, difieren entre sí, Tukey (P< 0.05).

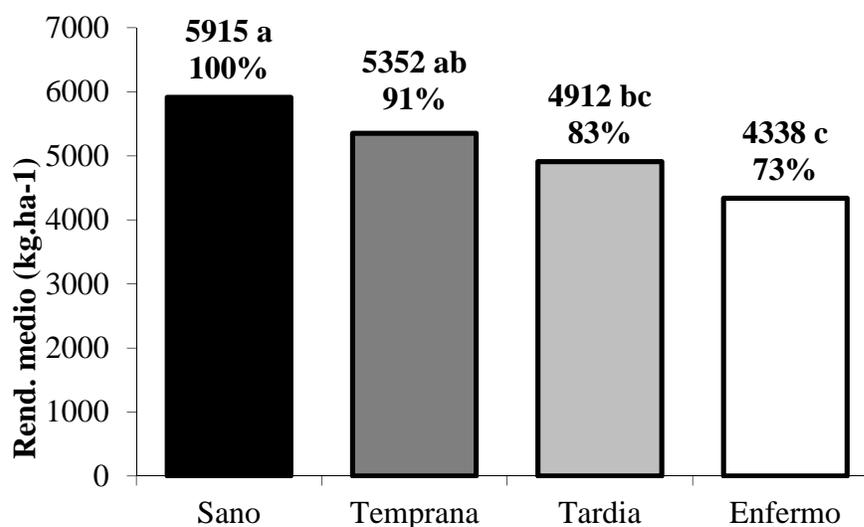
	Rend. Medio (Kg/ha)	Tallos/m ² a Z 30	Espigas/m ² (No.)	Gr. Espiga (No./espiga)	No. Grano (Granos/m ²)	P. Grano (mg)
Atlax	5919 a	1577 ^a	624 a	31 a	18796 a	31.5 b
Baguette 9	4564 b	1494 ^a	361 b	31 a	11103 b	40.9 a

Para el componente espigas/m² se encontraron diferencias solo para el efecto variedad. Baguette 9 obtuvo solo un 58% de espigas/m² en relación a Atlax (cuadro No. 10). Esta diferencia en el número de espigas se debe a la menor fertilidad de los tallos de Baguette 9 en relación a los de Atlax (24% y 40% respectivamente) (cuadro No. 10). Esto lleva a que el número de granos/m² sea superior para Atlax, dado que el tamaño de espiga es igual. La diferencia relativa obtenida en peso de grano entre cultivares fue de un 23% menor para Atlax en relación a Baguette 9 (cuadro No. 10). Tanto la superioridad de Atlax en cuanto al número y fertilidad de espigas y número de grano, como la de Baguette 9 en cuanto a peso de grano concuerdan con la caracterización de cultivares llevada a cabo por la Facultad de Agronomía (Hoffman et al., 2009, 2010). Si bien la diferencia relativa en porcentaje de fertilidad de tallos entre Baguette 9 y Atlax concuerda con la caracterización de cultivares (cuadro No. 3), para este estudio esta diferencia fue de mayor magnitud, lo que afecto directamente en el numero de espigas/m² y granos/m².

La combinación de los resultados de los componentes determina diferencias en el rendimiento final. Así es que, por más que se encuentren diferencias a favor de Baguette 9 en peso de grano, las diferencias en rendimiento final por efecto variedad se explican por el mayor número de granos/m² que tiene Atlax sobre Baguette 9 (cuadro No. 10), ya que un cambio en éste componente repercute mayormente en los resultados de rendimiento, concordando a lo afirmado por Carretero et al. (2007).

Cuando se analiza el efecto de tratar o no con fungicida sobre el rendimiento final, el resultado obtenido fue que el promedio de todos los tratamientos que recibieron aplicación fue significativamente superior (p<0,05) al promedio de los enfermos (5393

kg/ha y 4338 kg/ha respectivamente). Estos últimos (enfermos) obtienen en promedio un rendimiento del 80% respecto al promedio de los tratamientos que recibieron aplicación (“efecto enfermedad”). Por efecto de no aplicar las plantas con fungicida, se da una disminución en el peso de grano significativa estadísticamente, siendo el promedio de los enfermos un 15% inferior a los aplicados. Esta disminución del peso de grano estaría en parte explicada por la menor fuente de fotoasimilados en el período de llenado de grano causada por la presencia de la enfermedad, la cual determino un menor número y duración de hojas vivas y una menor capacidad fotosintética, como es afirmado por Roelfs et al., citados por Leyva et al. (2007), Madden y Nutter, citados por Serrago et al. (2009).



Momento	Rend. Medio (Kg/ha)	Espigas/m2 (N°)	Gr. Espiga (No./espiga)	No. Grano (Granos/m ²)	P. Grano (mg)
Sano	5915 a	491 a	32.3 a	15440 a	39.4 a
Temprana	5352 ab	479 a	31.9 a	15083 a	36.8 b
Tardía	4912 bc	500 a	29.7 a	14595 a	34.9 b
Enfermo	4338 c	507 a	29.7 a	14409 a	31.4 c

Figura No. 24. Rendimiento promedio según momento de aplicación y componentes del rendimiento. Valores con distintas letra entre columnas (grafico) y dentro de columnas (cuadro), difieren entre si, Tukey ($P < 0.05$).

El promedio de los tratamientos sanos, resultó superior a los tratamientos enfermos y tardíos, pero sin diferencias estadísticas con el tratado temprano (figura No. 24). El enfermo respecto al sano redujo su rendimiento en 1577kg/ha (27%). Con una sola aplicación, en el momento oportuno (según nivel crítico) se evitaron pérdidas de 1014 Kg/ha (19%). La respuesta al factor momento de aplicación, se correspondió con

cuando en el desarrollo de la enfermedad se comienza a controlar, puesto que cuanto antes y más aplicaciones, mayor fue el resultado de rendimiento en grano. Estos resultados coinciden con Díaz y Germán (2008).

En cuanto a peso de grano se observó que el promedio de los tratamientos sanos se diferenció estadísticamente de los demás, resultando superior. Los tratamientos tempranos y tardíos dieron un resultado no significativo entre sí, y sus valores son intermedios entre los sanos y los enfermos (figura No. 24). Al no tratar las plantas el peso de grano decae y al tratarlas una sola vez, el peso no se mantiene e igualmente decae en relación a los sanos.

Por los resultados presentados (figura No. 24), el componente peso de grano es quien se modifica por el factor momento de aplicación; por tanto este componente es responsable de la respuesta en el rendimiento final en grano. Todo indica que al tratar el cultivo, cuanto más temprano en el desarrollo de la enfermedad y con mayor número de tratamientos, se obtiene mejor resultado en el rendimiento total final en Kg de grano, pues esto impide la caída en el peso de grano.

Para el caso de la triple interacción de factores (variedad, fungicida y momento de aplicación), el análisis de varianza no dio diferencia significativa ($P > 0,05$), por lo cual se procedió a analizar la interacción de fungicida por momento para cada cultivar por separado, las cuales si fueron significativas con un $p < 0,10$ para Atlax y $p < 0,05$ para Baguette 9. El análisis de varianza arrojó un p valor = 0.09 para Atlax y un p valor = 0.007 para Baguette 9, a partir de éste resultado se realizó la separación de medias por prueba de LSD de Fisher según cultivar (figura No. 25 y cuadro No. 11).

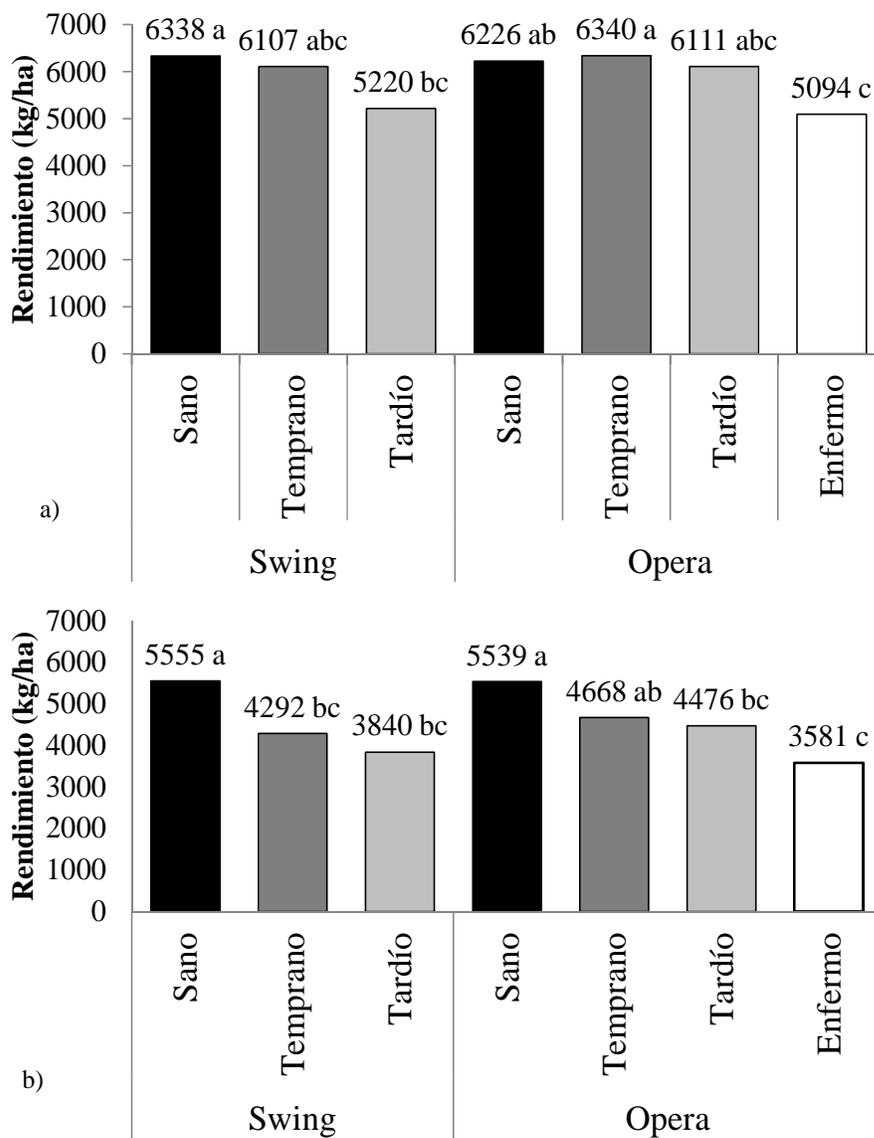


Figura No. 25. Rendimiento medio final en grano para todos los tratamientos según cultivar. a) Atlax; b) Baguette 9. Valores con distintas letra, difieren entre sí, según LSD Fisher ($P < 0.05$).

Al igual que como se ha afirmado en la literatura (Díaz y Germán, 2008), el primer paso para obtener mejores resultados, sería la correcta elección del material a cultivar. Puesto que lo observado en cuanto a los rendimientos totales ($P < 0,05$ para Baguette 9 y $P > 0,05$ para Atlax) evidencia una mayor dependencia en el cultivar Baguette 9 de los momentos de aplicación y del producto fungicida.

En ambos cultivares, el único tratamiento que no se diferenció del testigo enfermo además de los sanos fue temprano Opera (P=0,09) (figura No. 25 a). Esto no concuerda con lo visto en severidad y AUDPC (figuras No. 10 y No. 11), puesto que con una aplicación a mitad de llenado de grano (momento Tardío) Opera redujo la severidad de roya de la hoja terminando con menor AUDPC respecto al testigo enfermo. Se observó un mejor comportamiento del fungicida Opera respecto a Swing (figura No. 25 b), ya que con este último, en ambos cultivares, solo se diferencia el tratamiento con más de una aplicación de fungicida respecto al testigo sin aplicación, mientras que con Opera es factible que con una aplicación temprana se obtengan mejores rendimientos.

Cuadro No. 12. Rendimiento medio y componentes para todos los tratamientos. Ordenado según cultivar y rendimiento. Valores con distintas letra, difieren entre sí, dentro de cada cultivar, LSD Fisher (P< 0.10).

Cultivar	Momento	Fungicida	Rend.	Esp/m ²	Grs/esp	Grs/m ²	Peso grano
Atlax	Temprana	Opera	6340 a	552 a	36.5 a	19983 a	31.7 ab
Atlax	Sano	Swing	6338 a	573 a	33.2 ab	18519 a	34.2 a
Atlax	Sano	Opera	6226 ab	629 a	29.5 ab	18532 a	33.7 a
Atlax	Tardía	Opera	6111 abc	641 a	29.8 ab	19135 a	31.9 a
Atlax	Temprana	Swing	6107 abc	639 a	29.5 ab	18728 a	32.6 a
Atlax	Tardía	Swing	5220 bc	635 a	29.3 ab	17985 a	29.1 bc
Atlax	Enfermo	Sin	5094 c	697 a	26.9 b	18688 a	27.4 c
	Promedio		5919	624	31	18796	31.5
Bag_9	Sano	Swing	5555 a	353 a	35.7 a	12221 ab	45.3 a
Bag_9	Sano	Opera	5539 a	410 a	31.0 a	12490 a	44.4 ab
Bag_9	Temprana	Opera	4668 ab	347 a	33.8 a	11070 ab	42.1 abc
Bag_9	Tardía	Opera	4476 bc	404 a	28.4 a	11326 ab	39.6 c
Bag_9	Temprana	Swing	4292 bc	380 a	27.8 a	10550 ab	40.6 bc
Bag_9	Tardía	Swing	3840 bc	319 a	31.2 a	9935 b	38.9 cd
Bag_9	Enfermo	Sin	3581 c	317 a	32.5 a	10131 ab	35.4 d
	Promedio		4564	361	31	11103	40.9

No se encontraron diferencias significativas para la variable número de espigas/m² dentro de cada cultivar, dado que no existió diferencia en macollaje ni de fertilidad de espigas (cuadro No. 11). En Atlax no existieron diferencias en la variable granos/m² por lo que las diferencias en rendimiento son debidas al peso de grano, ya que la enfermedad afectó mayormente a los tratamientos a finales del ciclo (figura No. 10). Para Baguette 9, existieron diferencias entre los tratamientos en las variables granos/m² y peso de grano por lo que ambos componentes afectaron al rendimiento final, dado que

la evolución de la enfermedad en Baguette 9 comenzó cercano a floración (figura No. 10) por lo cual se afectan en mayor o menor magnitud, dependiendo de cada tratamiento, ambos componentes (figura No. 27).

Respecto al índice de cosecha (IC) promedio para cada cultivar existen diferencias estadísticas resultando Atlax con mayor IC (32,5%) en relación a Baguette 9 con 30,9%. Probablemente por efecto de la sequía progresiva a mediados de llenado de grano sumado al mayor largo de ciclo de Baguette 9 y su peor comportamiento frente a la enfermedad, la remoción de materia seca hacia los órganos reproductivos juega un papel fundamental en el llenado de los granos, con lo que se ve afectado el índice de cosecha.

Existieron diferencias significativas entre el promedio de los tratamientos que recibieron algún tipo de aplicación de fungicida durante el ciclo del cultivo y los tratamientos enfermos. Sumado a esto, los tres momentos de aplicación evaluados resultaron en índices de cosecha significativamente superiores al tratamiento enfermo. Entre los tres momentos de aplicación no existieron diferencias significativas en el valor del IC. El tratamiento enfermo se ubica con 3,7 puntos porcentuales por debajo del promedio de los tratamientos sanos. Con esto se afirma entonces que cualquier diferencia en rendimiento promedio entre momentos de aplicación de fungicida estaría explicada por la distinta acumulación promedio de biomasa a cosecha y no por la proporción de esta que es destinada a los órganos reproductivos.

También existieron diferencias significativas entre la interacción Cultivar*Enfermo, diferenciándose el tratamiento Baguette 9 enfermo como de menor índice de cosecha, de las restantes 3 combinaciones de los factores. De esto surge la idea de un necesario control químico en variedades susceptibles, puesto de que no ser así disminuye no solo la producción de biomasa total sino también el índice de cosecha, afectándose mayormente el rendimiento.

4.7 RELACIONES ENTRE CANTIDAD DE ENFERMEDAD Y RENDIMIENTO CON SUS COMPONENTES

La gran variación de rendimiento medio observado desde los 3000 a 6000 kg/ha estuvo significativamente ($p < 0.05$) afectado por la cantidad de enfermedad (AUDPC), con un $R^2 = 0.69$ para la relación entre ambas variables (figura No. 26).

Al graficar solo el cultivar más susceptible a la roya de la hoja (figura No. 26 b), se encontró que la correlación para Baguette 9 continuo siendo alta ($R^2 = 0.68$ y $p < 0.05$). Se observó cómo contribuyo cada momento y fungicida utilizado en la caída del rendimiento. La asociación entre estas variables reafirma que con aplicaciones más

tardías la tendencia es a tener valores más altos de AUDPC y menor rendimiento. Esto es debido a la mayor permanencia de la enfermedad en el cultivo cuanto más tarde es la aplicación.

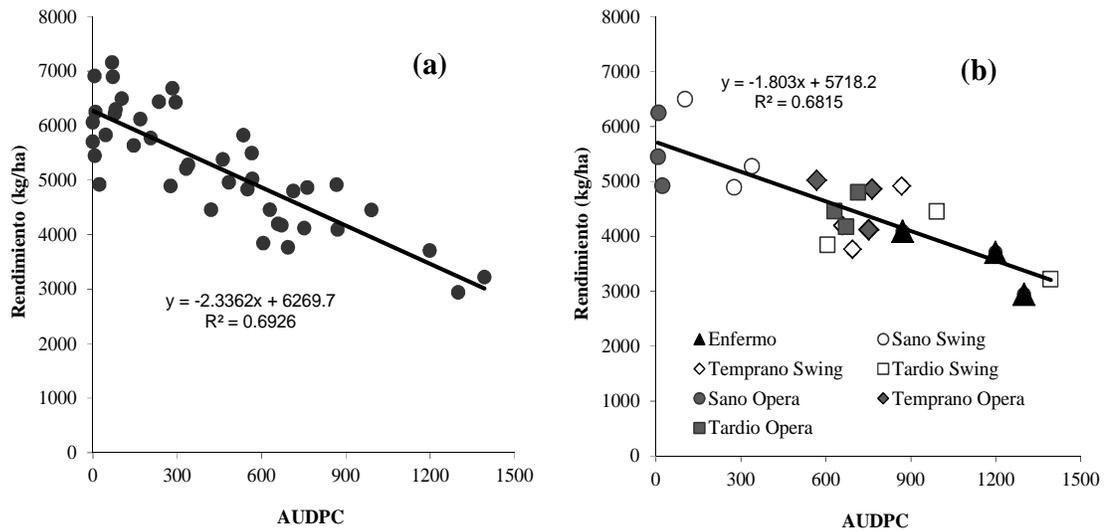


Figura No. 26. Relación entre área bajo la curva (AUDPC) y rendimiento. Grafico (a); Relación para todas las mediciones. Grafico (b); Relación para el cultivar Baguette 9, separado por momento y fungicida.

También se analizó la interacción entre la cantidad de enfermedad estimada como AUDPC y los componentes del rendimiento para cada cultivar (figura No. 27). Para Baguette 9 el número y peso de granos tiene una correlación negativa significativa estadísticamente ($P < 0.05$) con AUDPC. Con Atlax no se encuentra una asociación clara entre AUDPC y número de grano ($P > 0.05$), pero si una correlación negativa con el peso de grano ($P < 0.05$). Esto indica que frente a la aparición de un epidemia de roya de la hoja tardía en relación al ciclo del cultivo como la ocurrida en el 2010, el cultivar Baguette 9 (cultivar de peor comportamiento frente a roya de la hoja) tiende a disminuir ambos componentes del rendimiento y Atlax (mejor comportamiento frente a roya de la hoja) no varía demasiado su alto número de granos pero si su peso. El hecho de que para Baguette 9 caiga el número de granos/m² por la presencia de la enfermedad se debe a que antes de floración los testigos enfermos tenían un alto porcentaje de severidad (mayor a 30%).

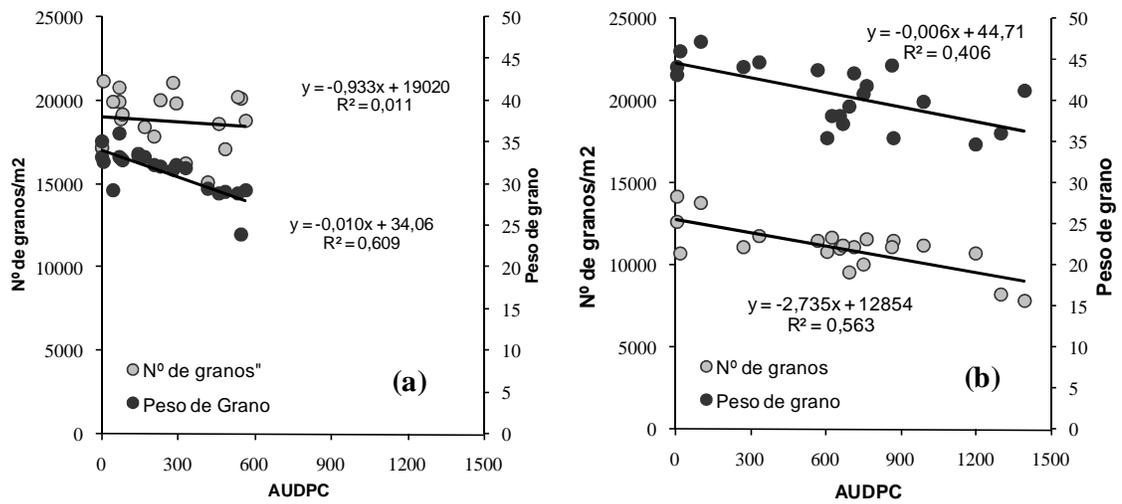


Figura No. 27. Relación entre el AUDPC y el número y peso de grano para Atlax (a) y Baguette 9 (b).

5. CONCLUSIONES

Las aplicaciones con productos fungicidas que contienen estrobilurinas arrojaron mejores resultados en cuanto al control de la roya, evidenciándose esto en la evolución de la enfermedad estimada mediante el porcentaje de severidad, y en las cantidades de enfermedad total (AUDPC), generándose una mayor duración del área foliar (DAF) y de mejor funcionamiento fotosintético, estimada como índice de verde (IV).

Las tasas de evolución de la enfermedad entre cultivares de comportamiento contrastantes resultaron diferentes. Las aplicaciones más tempranas en el desarrollo de la enfermedad tuvieron un mejor control y jugaron un papel relevante en cultivares donde la enfermedad tiene un acelerado desarrollo inicial. Esto evidencia que no existe un único nivel crítico de control de la enfermedad, y por lo tanto no debe manejarse de igual forma un cultivar resistente de uno susceptible.

Desde un punto de vista ecofisiológico, el mantenimiento de un alto número de hojas vivas por mayor tiempo (DAF) y con buen funcionamiento del aparato fotosintético (EUR) repercutió directamente en la producción de materia seca y en el rendimiento final en grano a través de sus componentes. Para una epidemia severa de roya de la hoja la cual aparece en instantes previos a floración, los componentes del rendimiento que respondieron mayormente a un mayor DAF y EUR fueron número y peso de grano para el cultivar Baguette 9, y peso de grano para Atlax.

Para un año particular como el 2010 en que la enfermedad tuvo un comienzo tardío en relación al ciclo del cultivo, las diferencias encontradas entre tratamientos en severidad y AUDPC no se vieron completamente reflejadas en el rendimiento final en grano de los mismos.

Para las condiciones de Uruguay, la mejor estrategia para mantener altos potenciales de rendimiento y que no decaiga como consecuencia de la enfermedad, sería como primer paso, la correcta elección del material a utilizar de manera de retrasar el inicio y desarrollo de una epidemia de roya de la hoja. Pudiéndose complementar luego este manejo, dependiendo de las condiciones, con la aplicación de un determinado tipo de fungicida y en un momento estratégico.

6. RESUMEN

En las últimas décadas tanto el área sembrada del cultivo de trigo como los potenciales de rendimiento han mostrado un apreciable incremento. Sin embargo el cultivo tiene limitantes bióticas y abióticas para su producción. Dentro de las primeras, se encuentran las enfermedades, siendo la roya de la hoja (*Puccinia triticina*), una de las más importantes. El uso de cultivares con buen comportamiento frente a esta enfermedad, ha sido un componente clave en la estrategia de manejo a nivel de producción. Considerando la velocidad de aparición de nuevas razas de este hongo, los cultivares pierden rápidamente su condición de resistencia, llevando a que sea difícil mantener un alto % de cultivares resistentes. Sumado a esto, la existencia de cultivares susceptibles, pero que muestran ventajas agronómicas por el lado del potencial de rendimiento, calidad, entre otras, lleva a menudo a que estos sigan siendo sembrados en grandes extensiones, determinando que en la estrategia de manejo sanitario el control químico tome una importancia relativa mayor. En este marco, el presente trabajo fue instalado a campo en el año 2010, a fin de generar información que permita mejorar la eficiencia del control químico frente a la roya de la hoja en cultivares de comportamiento contrastante. Se estudió un factorial completo combinando los factores de variación, cultivar*tipo de fungicida*momento de aplicación y dos tratamientos adicionales (testigos sin fungicida). Se utilizaron los cultivares Atlax y Baguette 9 (de comportamiento diferencial frente a roya de la hoja), los fungicidas Opera y Swing, y los momentos de aplicación fueron, sanos (aplicaciones periódicas desde la aparición de la roya), temprano (cuando llega al umbral crítico de control) y tardío (a dos semanas de superado el nivel crítico). Los resultados mostraron que los tratamientos enfermos de ambos cultivares llegaron a fin de ciclo con una elevada severidad (75,8% y 54,2% para Baguette 9 y Atlax respectivamente), resultando significativo el efecto de los tres factores de variación sobre la evolución de la enfermedad. La cantidad de enfermedad (AUDPC), número de hojas vivas e IV también reflejaron los distintos resultados entre tratamientos. Fueron mayormente eficaces en el control de la roya, los tratamientos con el cultivar Atlax, aplicaciones del fungicida en base a epoxiconazol con pyraclostrobin (Opera) y más tempranas en la evolución de la enfermedad. Los efectos no fueron reflejados totalmente en el rendimiento final en grano, dándose las diferencias entre variedades (5576 y 4155 kg/ha para Atlax y Baguette 9 respectivamente) y entre momentos de aplicación (5915; 5352; 4912; 4338 kg/ha, para sanos, tempranos, tardíos y enfermos respectivamente). En promedio las aplicaciones tempranas resultaron en igual rendimiento que el testigo sano, en cambio las aplicaciones tardías no difirieron del testigo enfermo. Los rendimientos mostraron una tendencia de superioridad de Opera sobre Swing ($P < 0,05$). La evolución tardía de la enfermedad en relación al ciclo del cultivo y el estrés hídrico de fin de ciclo, fueron factores de influencia para que no se imprimieran las mismas diferencias del control de la roya en el rendimiento.

Palabras clave: Formulación fungicida; Momento de control; Comportamiento varietal frente a *Puccinia triticina*.

7. SUMMARY

In recent decades, both the area planted of wheat and yield potentials have shown a significant increase. However, the crop has biotic and abiotic constraints to production. Within the first, are the diseases, being the leaf rust (*Puccinia triticina*), one of the most important. The use of cultivars with good performance against this disease, has been a key component of the strategy for managing at the level of production. Considering the rate of appearance of new races of this fungus, cultivars rapidly lose their status of resistance, leading to difficult to maintain a high % of resistant cultivars. Added to this, the existence of susceptible cultivars, but showing agronomic advantages on the side of yield potential, quality among others, often leads to them remain planted in large areas, determining that in the health management strategy, the chemical control take a relatively greater importance. In this context, this work was field installed in 2010, to generate information to improve the efficiency of chemical control against leaf rust in cultivars of contrasting behavior. Was studied a full factorial combining the factors of variation, cultivars*type of fungicide*application time and two additional treatments (controls without fungicide). Were used cultivars Atlax and Baguette 9 (with different performance against leaf rust), Opera and Swing fungicides, and the application times were healthy (regular applications of the onset of rust), early (when it reaches the critical threshold control) and late (two weeks exceeded the critical threshold). The results showed that the illness treatment of both cultivars came to the end of cycle with a high severity (75,8% and 54,2% for baguette 9 and atlax respectively) resulting effective the effect of three factors in the evolution of the disease. The amount of disease (AUDPC), the number of living leaves and IV also reflected the different results between treatments. Were mainly effective in controlling rust, the treatments whit cultivar Atlax, applications of fungicides epoxiconazole with pyraclostrobin (Opera) and earlier in the evolution of the disease. The effects were not fully reflected in final grain yield, giving the differences between varieties (5576 and 4155 kg / ha for Atlax and Baguette 9 respectively) and between application times (5915, 5352, 4912, 4338 kg / ha for healthy, early, late and sick respectively). On average, the early applications were the same performance than the healthy control, however the late applications didn't differ from the sick control. The returns showed a trend of superiority of Opera on Swing ($p < 0.05$). The late evolution of the disease in relation to the crop cycle and water stress in the end of cycle, were factors of influence to not print the same differences from the control of rust on yield.

Keywords: Formulation fungicide; Time control; Behavior against *Puccinia triticina* varietal.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURÁN, A.; ECHEVERRÍA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1000000. Montevideo. t.1, 96 p.
2. BANCAL, M.; ROBERT, C.; NEY, B. 2007. Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green area per layer and pre-anthesis reserves. (en línea). *Annals of Botany*. 100 (4): 777-789. Tomado de Oxford Journals. Consultado 23 mar. 2011. Disponible en <http://aob.oxfordjournals.org/content/100/4/777.short>
3. BOLTON, M.; KOLMER, J.; GARVIN, D. 2008. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology*. 9 (5): 563-575.
4. CAMPOS, P.; BRACH, A. 2004. Determinación de la efectividad de genes de resistencia en plántula a roya de la hoja de trigo (*Puccinia triticina*). In: Congreso Nacional de Trigo (6°, 2004, Bahía Blanca, Argentina). Libro de actas. Bordenave, Buenos Aires, Argentina, s.e. pp. 1-4.
5. CARMONA, M. 2004. Manejo integrado de las enfermedades del trigo. Nuestra oportunidad para asegurar la sustentabilidad del cultivo. In: A Todo Trigo, un Congreso para Todos (1°, 2004, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina). Libro de actas. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, s.e. pp. 33-42.
6. CARRETERO, R.; SERRAGO, R.; MIRALLES, D. 2007. Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo; una perspectiva ecofisiológica. In: Jornada de Trigo de la Región Centro (2ª, 2007, Rosario, Santa Fé, Argentina). Libro de actas. Rosario, Santa Fé, Argentina, s.e. pp. 17-23.
7. CASTELLARIN, J.; GONZÁLEZ, M.; PEDROL, H.; INCREMONA, M.; SALVAGIOTTI, F.; ROSSO, O. 2005. Control de enfermedades foliares en trigo. Efecto del momento de aplicación del fungicida sobre el rendimiento. *Revista Trigo Para mejorar la producción*. no. 28: 98-101.
8. DÍAZ, M.; GARCÍA, A.; VÁZQUEZ, D.; GERMÁN, S.; PEREYRA, S. 2006. Aspectos sanitarios y su incidencia en la calidad y el rendimiento. In: Jornada de Cultivos de Invierno, Trigo; Calidad vs. Rendimiento (Colonia, Uruguay). Libro de actas. Montevideo, Uruguay, s.e. pp. 22-29.
9. _____; GERMÁN, S. 2008. Uso de fungicidas para el control de roya de la hoja en trigo. In: Reunião da Comissão Brasileira da Pesquisa de Trigo e Triticale. Painele Técnico; Fungicidas Triazóis no Controle da Ferrugem da Folha do Trigo (2ª, 2008, Passo Fundo, Brasil.). Libro de actas. Passo Fundo, Brasil, s.e. pp. 9-18.

10. DIMMOCK, J.; GOODING, M. 2002. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenances of flag leaf green area. (en línea). The Journal of Agricultural Science. 138 (1): 1-16. Tomado de Cambridge Journals. Consultado 13 mar. 2011. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=95367>
11. FORMENTO, N. 2002. Eficacia de las Estrobilurinas en el control de las enfermedades foliares del Trigo. (en línea). Paraná, Entre Ríos, Argentina, EEA Paraná. s.p. Consultado 14 mar. 2011. Disponible en http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/trigo/enfermedades/20223_2001_estr.htm
12. _____. 2003. Eficacia del Metconazole y Epoxiconazole + Carbendazim en el control de enfermedades foliares y de la espiga del Trigo. (en línea). Paraná, Entre Ríos, Argentina, EEA Paraná. s.p. Consultado 12 mar. 2011. Disponible en http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/trigo/enfermedades/20223_030924_efic.htm
13. GERMAN, S. 1996. Las royas del trigo. In: Díaz, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 125-138 (Serie Técnica no. 74).
14. _____. 2010a. Manejo de roya de la hoja de trigo y cebada; características de las enfermedades y manejo por resistencia genética. In: Curso de Manejo de Enfermedades en Cereales de Invierno (Paysandú, Uruguay). Libro de actas. s.n.t. s.e. s.p.
15. _____.; DÍAZ, M.; PEREYRA, S. 2010b. Royas y oídios de trigo y cebada. In: Seminario de Actualización: Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada. (Colonia, Uruguay). Libro de actas. Montevideo, Uruguay, s.e. pp. 139-163.
16. _____.; CASTRO, M. 2011. Cambios relevantes en la población del agente causal de roya de la hoja de Trigo (*Puccinia triticina*) In: Jornada de Cultivos de Invierno (Flores, Uruguay). Libro de actas. Montevideo, Uruguay, s.e. pp. 1-10.
17. GONZALEZ, M.; CASTELLARIN, J.; GHIO, A.; INCREMONA, M.; PEDROL, H. 2007. Enfermedades foliares en trigo; evaluación de la severidad en el sur de Santa Fe. Campaña 2006/07. (en línea). Revista Trigo. Para mejorar la producción. no. 34: 52-54. Consultado 5 mar. 2011. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/trigo/rev076gonzalez%20enfermedades.pdf>

18. GOODING, M.; DIMMOCK, J.; FRANCE, J.; JONES, S. 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves; the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. (en línea). *Annals of Applied Biology*. 136 (1): 77-84. Tomado de Abstract. Consultado 11 mar. 2011. Disponible en <http://www.cabdirect.org/abstracts/20000708194.html;jsessionid=E7B1232DF44D7A05FA807DF7D54561BA>
19. GOOGLE. s. f. Imagen de ciclo de vida de Roya de la hoja de trigo (*Puccinia triticina*). (en línea). s.l. s.p. Consultado 3 mar. 2011. Disponible en http://www.ars.usda.gov/images/docs/16957_17151/prt-cycl-1.jpg
20. GREGORÍ, V. 2005. Estructura y actividad de los antifúngicos. *Revista Cubana Farm.* 39(2): 1-2.
21. HOFFMAN, E.; ERNST, O.; PERDOMO, C. 1998. Ajuste de la fertilización nitrogenada en trigo en función de indicadores objetivos y su efecto en rendimiento y calidad de grano. Resultados de primer año. Paysandú. Facultad de Agronomía. 21 p.
22. _____.; FERNÁNDEZ, R.; BAETEN, A.; CADENAZZI, M. 2009. Caracterización de cultivares de trigo año 2008; segundo ciclo de: BIOINTA 1002, BIOINTA 3000, Baguette 11 y Baguette 13. Primer ciclo de: Nogal, Baguette 9, Baguette 19, Atlax y Centauro. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 27 p.
23. _____.; _____.; _____.; FAJARDO, M. 2010. Caracterización de cultivares de trigo año 2009; segundo ciclo de: Nogal, Baguette 9, Baguette 19, Atlax y Centauro. Primer ciclo de: BIOINTA 3004, INIA 2354, INIA Chimango, Cristalino y Meteoro. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 29 p.
24. _____.; MOREL, W.; FASSANA, N. 2011. Caracterización de cultivares de trigo año 2010; segundo ciclo de: BIOINTA 3004, INIA 2354, INIA Chimango, Cristalino y Meteoro. Primer ciclo de: Baguette 17, Baguette 18, BIOINTA 1006, BIOINTA 2004, Buck Fast, V2061/62 y Arex. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. 29 p.
25. HU, G.; RIJKENBERG, F. 1998. Scanning electron microscopy of early infection structure formation by *Puccinia recondite* f. sp. *Tritici* on and in susceptible and resistant wheat lines. *Mycological Research*. 102 (4): 391-399. Tomado de Science direct. Consultado 17 may. 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953756208608904>

26. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA (INIA). 2007. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigo ciclo intermedio. Período 2006. (en línea). La Estanzuela, Colonia. s.p. Consultado 9 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci06.htm
27. _____. 2009. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de trigo ciclo intermedio. Período 2008. (en línea). La Estanzuela, Colonia. s.p. Consultado 9 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci08.htm
28. LEYVA, S.; ESPITIA, E.; VILLASEÑOR, E.; HUERTA ESPINO, J. 2003. Efecto de la roya de la hoja (*Puccinia triticina Eriks.*) sobre el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum L.*) de temporal. Revista Mexicana de Fitopatología. 21(1): 40-45.
29. MARASAS, C.; SMALE, M.; SINGH, R. 2004. The economic impact in developing countries of leaf rust resistance breeding in CIMMYT-related spring bread wheat. Mexico, D.F., International Maize and Wheat Improvement Center. 38 p.
30. NUNES, J.; SOARES, M. 2008. Desempenho do principio ativo Tebuconazole no controle da ferrugem da folha do trigo. In: Reunião da Comissão Brasileira da Pesquisa de Trigo e Triticale. Painel Técnico; Fungicidas Triazóis no Controle da Ferrugem da Folha do Trigo (2^a., 2008, Passo Fundo, Brasil). Libro de actas. Passo Fundo, Brasil, s.e. pp. 1-3.
31. PEREA, C.; DÍAZ, M. 1981. Relevamiento de enfermedades del trigo en el Uruguay, 1968/74. Investigaciones Agronómicas. 2: 42-51.
32. PEREYRA, S.; DÍAZ, M.; STEWART, S. 2005. Manual de identificación de enfermedades en cereales de invierno. Colonia, Uruguay, INIA. 130 p. (Boletín de Divulgación no. 61).
33. _____.; _____.; GERMÁN, S. 2007. Trigo y cebada; planifique el manejo sanitario antes de la siembra. Revista INIA. no. 10: 19-23.
34. ROELF, A.; SINGH, R.; SAARI, E. 1992. Rust diseases of wheat; concepts and methods of disease management. Mexico, D.F., CIMMYT. 81 p.

35. ROUSKE, R.; GOODING, M.; DOBRASZCZYK, B. 2004. Effects of triazole and strobilurin fungicide programmes, with and without late-season nitrogen fertiliser, on the baking quality of Malacca winter wheat. (en línea). Journal of Science. 40 (1): 1-8. Tomado de Abstract. Consultado 10 mar. 2011. Disponible en http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WHK-4CF160K-2&_user=781138&_coverDate=07%2F31%2F2004&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=gateway&_origin=gateway&_sort=d
36. SAARI, E.; PRESCOTT, J. 1985. World distribution in relation to economic losses. In: Roelfs, A.P.; Bushnell, W. R. eds. The cereal rusts. Orlando, FL, Academic Press. v.2, pp. 259-298.
37. SERRAGO, R.; CARRETERO, R.; BANCAL, M.; MIRALLES, D. 2009. Foliar diseases affect the eco-physiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). Revista Europea de Agronomía. 31(4): 195-203.
38. SOLIS, E.; MOLINA, J.; VILLASEÑOR, H.; SANDOVAL, J. 2002. Rendimiento de grano y resistencia a roya en poblaciones de trigo obtenidas mediante selección. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(1): 89-96.
39. TOMERLIN, R.; HOWELL, T. 1988. DISTRAIN; a computer program for training people to estimate disease severity on cereal leaves. Plant Disease. 72: 455-459.
40. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2010. Encuesta agrícola primavera 2010. Montevideo. 3 p.
41. _____.; _____.; _____. 2011. Serie histórica de datos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 21 feb. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,60,O,S,0,MNU;E;2;16;10;9;MNU>
42. VILLASEÑOR, O.; HUERTA, J.; LEYVA, S.; VILLASEÑOR, E.; ESPITIA, E. 2003. Análisis de virulencia de la roya de la hoja del trigo en los valles altos de México. Revista Mexicana de Fitopatología. 21(1): 56-62.
43. WITT, C.; PASUQUIN, J.; MUTTASE, R.; BURESH, R. 2005. New leaf colour chart for effective nitrogen management in rice. Better Crops. 89: 36-39.

9. ANEXOS

Cuadro: Tabla de actividades realizadas a lo largo del ciclo de cultivo.

Fecha	Bloque	Parcela	Actividad
03/06/10	I, II, III	Todas	Muestreo de suelo para humedad, N y P
10/06/10	I, II, III	Todas	Siembra
22/06/10	I, II, III	Todas	Fertilización con 7-40-40-0-5 (100kg/ha)
22/06/10	I, II, III	Todas	Fertilización con 40-0-0 (50Kg/ha)
13/07/10	I, II, III	Todas	Herbicida glean, dosis 20g/ha
23/07/10	I, II, III	Todas	Herbicida 2-4D (800cc/ha)
23/07/10	I, II, III	Todas	Banbel (100cc/ha)
23/07/10	I, II, III	Todas	Muestreo de suelo para N a Z 22
29/07/10	I, II, III	Todas	Fertilización con 46-0-0 (Urea) 110kg/ha
10/08/10	I, II, III	Todas	Control manual de malezas (rábanos)
23/08/10	I, II, III	Atlax	Muestreo de planta Z30 para análisis de N
23/08/10	I, II, III	Atlax	Conteo de macollos en cultivar Atlax
26/08/10	I, II, III	Todas	Fertilización con 46-0-0 (Urea) 80kg/ha
02/09/10	I, II, III	Baguette	Conteo de macollos en cultivar Baguette 9
07/09/10	I, II, III	Tratamiento sano	Aplicación de fungicida Opera y Swing
21/09/10	III	Todas	1ª Lectura de severidad bloque 3
24/09/10	I y II	Todas	1ª Lectura de severidad bloques 1 y 2
30/09/10	I, II, III	Trat. sano y temprano	Aplicación de fungicida Opera y Swing
01/10/10	I, II, III	Todas	2ª Lectura de severidad
08/10/10	I, II, III	Atlax	Corte de 2m ⁻¹ de plantas para MS a Z 65
13/10/10	I, II, III	Baguette 9	Corte de 2m ⁻¹ de plantas para MS a Z 65
14/10/10	I, II, III	Trat. sano y tardío	Aplicación de fungicida Opera y Swing
14/10/10	I, II, III	Todas	Aplicación de Lorsban
18/10/10	I, II, III	Todas	3ª Lectura de severidad
21/10/10	I, II, III	Todas	Lectura Color de follaje (Leaf color chart)
25/10/10	I, II, III	Todas	4ª Lectura de severidad
25/10/10	I, II, III	Tratamiento sano	Aplicación de fungicida Opera y Swing
01/11/10	I,II,III	Todas	5º Lectura de severidad
03/11/10	I, II, III	Todas	Lectura de color (leaf color chart)
15/11/10	I, II, III	Atlax	Cosecha (corte de parcelas).
25/11/10	I, II, III	Baguette 9	Cosecha (corte de parcelas).

El siguiente cuadro resume todos los resultados del análisis de varianza Reúne todos los p-valor correspondiente a cada factor de variación (cultivar; fungicida; momento) y sus interacciones para todas las variables medidas. Valores en color gris son menores a 0.05 y por lo tanto resultan significativos en el ANAVA.

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) para las lecturas de roya de la hoja según lectura. Casilleros en gris indican una significancia del efecto de su correspondiente factor en su determinada lectura (P<0,05).

Factor	104 Dps	113 Dps	131 Dps	137 Dps	144 Dps
(E).- Enfermo	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
C .- Cultivar	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns
F .- Fungicida (E)	ns	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05
M .- Momento (E)	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
M * F (E)	ns	P<0,05	P<0,05	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) para número de hojas por tallo según lectura. Casilleros en gris indican una significancia del efecto de su correspondiente factor en su determinada lectura (P<0,05).

Factor	104 Dps No. hojas	113 Dps No. hojas	131 Dps No. hojas	137 Dps No. hojas	144 Dps No. hojas
(E).- Enfermo	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
C .- Cultivar	ns	ns	P<0,05	P<0,05	ns
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns
F .- Fungicida (E)	ns	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05
M .- Momento (E)	ns	ns	P<0,05	P<0,05	P<0,05
M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	ns	P<0,05	P<0,05	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns	ns	P<0,05

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) para índice de verde (IV) según lectura y estrato. Casilleros en gris indican una significancia del efecto de su correspondiente factor en su determinada lectura (P<0,05).

Factor	1° Lectura			2° Lectura	
	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Estrato medio	Estrato alto
(E).- Enfermo	P<0,05	P<0,05	ns	P<0,05	P<0,05
C .- Cultivar	P<0,05	P<0,05	ns	ns	P<0,05
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns	ns	ns
F .- Fungicida (E)	P<0,05	P<0,05	ns	P<0,05	ns
M .- Momento (E)	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05	P<0,05
M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	ns	ns	P<0,05	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns	ns	ns

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) para materia seca según estadio. Casilleros en gris indican una significancia del efecto de su correspondiente factor en su determinada lectura (P<0,05).

Tratamiento	MS Z30 (kg)	MS Z65 (kg)	MS Cosecha (kg)
(E).- Enfermo	ns	ns	P<0,05
C .- Cultivar	P<0,05	ns	P<0,05
Enfermo*Cultivar	ns	ns	ns
F .- Fungicida (E)	ns	ns	ns
M .- Momento (E)	ns	ns	P<0,05
M * F (E)	ns	ns	ns
C * F (E)	ns	ns	ns
C * M (E)	ns	ns	ns
C * M * F (E)	ns	ns	ns

Cuadro: Evolución del índice de verde para los tratamientos en el cultivar Baguette 9.

Cultivar	Momento	Fungicida	Estrato	1° Lectura.	2° Lectura.
				(21/10/2010)	(03/11/2010)
-----, BAGUETTE 9 ,-----					
Baguette 9 Enfermo	Enfermo	-----	Alto	3.9	0.8
			Medio	1.4	0.0
			Bajo	0.4	0.0
Baguette 9 Tardía Opera	Tardía	Opera	Alto	4.1	2.4
			Medio	2.7	0.0
			Bajo	0.9	0.0
Baguette 9 Tardía Swing	Tardía	Swing	Alto	3.8	3.1
			Medio	2.1	0.0
			Bajo	0.8	0.0
Baguette 9 Temprana Opera	Temprana	Opera	Alto	4.4	3.5
			Medio	3.7	0.9
			Bajo	1.5	0.0
Baguette 9 Temprana Swing	Temprana	Swing	Alto	4.3	3.0
			Medio	3.2	0.0
			Bajo	1.2	0.0
Baguette 9 Sano Opera	Sano	Opera	Alto	4.4	3.8
			Medio	4.1	2.8
			Bajo	2.9	0.0
Baguette 9 Sano Swing	Sano	Swing	Alto	4.4	3.6
			Medio	3.2	1.3
			Bajo	1.4	0.0

Cuadro: Evolución del índice de verde para los tratamientos en el cultivar Atlax.

Cultivar	Momento	Fungicida	Estrato	1° Lectura.	2° Lectura.
				(21/10/2010)	(03/11/2010)
-----, ATLAX ,-----					
Atlax Enfermo	Enfermo	-----	Alto	4.2	0.4
			Medio	2.7	0.0
			Bajo	1.3	0.0
Atlax Tardía Opera	Tardía	Opera	Alto	4.2	2.7
			Medio	3.2	0.1
			Bajo	1.5	0.0
Atlax Tardía Swing	Tardía	Swing	Alto	4.2	1.7
			Medio	2.7	0.0
			Bajo	1.2	0.0
Atlax Temprana Opera	Temprana	Opera	Alto	4.4	3.1
			Medio	3.6	1.3
			Bajo	2.2	0.0
Atlax Temprana Swing	Temprana	Swing	Alto	4.4	2.3
			Medio	3.6	0.3
			Bajo	1.8	0.0
Atlax Sano Opera	Sano	Opera	Alto	4.6	2.9
			Medio	3.7	1.1
			Bajo	2.1	0.0
Atlax Sano Swing	Sano	Swing	Alto	4.2	3.0
			Medio	2.9	0.7
			Bajo	1.6	0.0

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) de relaciones entre rendimiento y sus componentes (número y peso de grano) según cultivar.

	Cultivar	Peso de grano	Rendimiento
No. de granos	Atlax	ns	P<0.05
	Baguette 9	ns	P<0.05

Cuadro: Resultados del análisis de varianza (p - valor) de relaciones entre AUDPC y rendimiento, y AUDPC con los componentes de rendimientos (número y peso de grano).

	Cultivar	Peso de grano	Número de grano	Rendimiento
AUDPC	Atlax	P<0.05	ns	P<0.05
	Baguette 9	P<0.05	P<0.05	P<0.05
	Total	-----	-----	P<0.05

	Cultivar	Peso de grano	Rendimiento
No. de granos	Atlax	0.78	0.0005
	Baguette 9	0.0547	<0.0001