

Impacto de la mancha amarilla y roya de la hoja
en la dinámica del nitrógeno en cultivares de
trigo con diferente tolerancia, bajo aplicación de
fertilización nitrogenada y fungicidas

Trabajo de Tesis para optar por el título de Doctor de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata

Tesista: Ing. Agr. (MSc.) Matías Schierenbeck

Directora de tesis: PhD. MSc. Ing. Agr. María Rosa Simón

Jurado de tesis

Dr. Lic. Atilio José Barneix

Dra. Ing. Agr. Ana María Romero

Dra. Lic. Cristina Alicia Cordo

Agradecimientos

Esta tesis está dedicada a Evangelina, por su amor, apoyo y empuje durante toda la carrera.

A mis padres, por su apoyo incondicional y porque permitieron que esto se haga posible

A mis hermanos y abuela por su apoyo durante toda la carrera

Y a mis perros

Un especial agradecimiento a la Dra. María Rosa Simón por su constante dedicación y apoyo a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la Cátedra de Cerealicultura, con quienes compartí horas entrañables a lo largo de este camino de formación profesional y personal

A la Dra. María Constanza Fleitas por su apoyo para la conducción de los ensayos y la escritura de la tesis

A los tesistas de grado y pasantes que colaboraron en la realización de los ensayos

Al Ing. Agr Martín Pardi y personal no-docente de la Estación Experimental J.Hirschorn por su colaboración en la conducción de los ensayos a campo

Al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) que financiaron mis estudios.

A los jurados de tesis por su tiempo, dedicación y sus valiosos aportes para mejorar este trabajo.

TRABAJOS PUBLICADOS DERIVADOS DE ESTA TESIS

A. Revistas Nacionales

Schierenbeck M, Fleitas MC, Golik SI, Miralles DJ, Simón MR (2016) Mancha amarilla y roya de la hoja en trigo, ¿Cómo afectan la tasa de crecimiento del cultivo? Revista técnica cultivos invernales / Edición 2016. Revista Técnica AAPRESID, Pág. 63-70

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI, Simón MR (2016) La calidad panadera y dinámica del área foliar verde de trigo pan, frente a mancha amarilla y roya de la hoja. Revista Técnica AAPRESID, Pág. 48-54

Schierenbeck M, Fleitas MC, Golik SI, Simón M R (2015) Generación de biomasa y rendimiento en trigo frente a infecciones de *Puccinia triticina* y *Pyrenophora tritici-repentis*. Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, 14: 161-176

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI, Simón MR (2015) Tolerancia de cultivares de trigo a roya de la hoja y mancha amarilla. Revista técnica cultivos invernales 2015. Revista Técnica AAPRESID, Pág. 62-66

Schierenbeck M, Fleitas MC, Golik SI, Simón MR (2015) Dinámica del área foliar verde y producción de biomasa aérea frente a infecciones de mancha amarilla y roya de la hoja. Revista técnica cultivos invernales 2015. Revista Técnica AAPRESID, Pág. 53-59

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2014) Efecto de la roya de la hoja sobre el rendimiento y la calidad de trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Revista Agronómica del Noroeste Argentino, 34 (2): 215-218

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2014) Tolerancia de la mancha amarilla del trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Revista Agronómica del Noroeste Argentino, 34 (2): 219-221

Schierenbeck M, Fleitas MC, Cortese F, Golik SI, Simón MR (2014) Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno

hacia los granos. Revista Agronómica del Noroeste Argentino, 34 (2): 242-246

Schierenbeck M, Fleitas MC, Simón MR (2014) Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. Revista Agronómica del Noroeste Argentino, 34 (2): 247-250

B. Revistas Internacionales y libros

Schierenbeck M., Fleitas, M.C., Miralles, D.J., Simón, M.R (2016) Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust?. Field Crops Research 199:65-76.

Schierenbeck M, Fleitas MC, Simón MR. (2015) Dinámica del nitrógeno ante enfermedades fúngicas foliares en trigo: Efecto diferencial de patógenos necrotróficos y biotróficos. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. 65 pp. ISBN: 978-3-659-08784-4

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Gerard GS, Dietz JI, Golik SI, Simón MR (2018b) Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. Crop Protection ISSN: 0261-2194 106:201–209

Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Gerard GS, Dietz JI, Golik SI, Simón MR (2018a) Foliar diseases and wheat quality: the effect leaf rust and its control with fluxapyroxad on dough properties, gluten quality and loaf volume under three nitrogen rates. Journal of Cereal Science 80:119-127 ISSN: 0733-5210

Schierenbeck M., Fleitas, M.C., Simón, M.R., Cortese, F., Golik, S.I. 2018. Dynamics of nitrogen accumulation in grains, remobilization and post-anthesis absorption under tan spot and leaf rust infections on wheat. Field Crops Research (Under review)

Castro, A.C., Fleitas, M.C., **Schierenbeck M.**, Gerard, G.S., Simón, M.R. Evaluation of different fungicides and N rates on grain yield and bread-making quality in wheat affected by Septoria Tritici Blotch and Yellow Spot. Journal of Cereal Science ISSN: 0733-5210 (Under review)

ÍNDICE GENERAL	PÁG.
JURADO DE TESIS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
TRABAJOS PUBLICADOS DERIVADOS DE ESTA TESIS	iii
ÍNDICE GENERAL	1
ABREVIATURAS	3
RESUMEN	5
SUMMARY	7
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL DE LA TESIS	
1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL	10
1.1.1 CARACTERIZACIÓN DE MANCHA AMARILLA Y ROYA DE LA HOJA	11
1.1.2 TOLERANCIA A ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO COMO COMPLEMENTO DE LA RESISTENCIA GENÉTICA EN UN CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO	15
1.1.3 CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO	17
1.1.4 IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE TRIGO	19
1.1.5 FERTILIZACIÓN NITROGENADA: EFECTOS SOBRE LA SEVERIDAD CAUSADA POR <i>PYRENOPHORA TRITICI-REPENTIS</i> Y <i>PUCCINIA TRITICINA</i>	20
A. HIPÓTESIS	23
B. OBJETIVOS	24
C. DIAGRAMA DE LA TESIS	25
CAPÍTULO 2. EFECTO DE LA TOLERANCIA A ENFERMEDADES FOLIARES FÚNGICAS CAUSADAS POR PATÓGENOS NECROTRÓFICOS Y BIOTRÓFICOS SOBRE LA DINÁMICA DEL NITROGENO EN TRIGO	
2.1 INTRODUCCIÓN	27
2.1.1. LA TOLERANCIA A ENFERMEDADES COMO MEDIDA COMPLEMENTARIA EN UN CONTEXTO DE MANEJO INTEGRADO	27
2.1.2 EFECTO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES SOBRE EL RENDIMIENTO, LA REMOVILIZACIÓN Y ACUMULACIÓN EN GRANOS Y ABSORCIÓN DE N EN POST-ANTESIS	31
A. HIPÓTESIS	35
B. OBJETIVOS	36
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.2.1 DATOS CLIMÁTICOS Y DE SUELO	36
2.2.2 PREPARACIÓN SUELO Y DISEÑO DEL ENSAYO	36
2.2.3 PREPARACIÓN DEL INÓCULO	38
2.2.4 EVALUACIONES A CAMPO	39
2.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	51
2.3 RESULTADOS	52
2.3.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS	52
2.3.2 ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD (ABCPE) Y DURACIÓN DEL ÁREA FOLIAR VERDE (DAFV) ANTE INFECCIONES <i>PY.</i> <i>TRITICI-REPENTIS</i> Y <i>P. TRITICINA</i>	52
2.3.3 RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO	59
2.3.4. PORCENTAJE DE NITRÓGENO EN ANTESIS, A COSECHA Y EN GRANOS	62

2.3.5 GENERACIÓN DE BIOMASA Y NITRÓGENO ACUMULADO EN EC60-EC95	67
2.3.6 REMOVILIZACIÓN, ABSORCIÓN POST-ANTESIS Y ACUMULACIÓN DE N EN GRANOS ANTE INFECCIONES DE <i>PY. TRITICI-REPENTIS</i> Y <i>P. TRITICINA</i>	74
2.3.7 TOLERANCIA A LA PÉRDIDA DE RENDIMIENTO FRENTE A INFECCIONES DE <i>PY. TRITICI-REPENTIS</i> Y <i>P. TRITICINA</i> , SUS IMPLICANCIAS EN LA CALIDAD DE TRIGO PAN Y EN LA DINAMICA DEL NITRÓGENO	80
2.4 DISCUSIÓN	85
CAPÍTULO 3. EFECTO DE DIFERENTES PRINCIPIOS ACTIVOS DE FUNGICIDAS Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL ÁREA FOLIAR VERDE, RENDIMIENTO Y DINÁMICA DEL NITROGENO FRENTE A MANCHA AMARILLA Y ROYA DE LA HOJA EN CULTIVARES DE TRIGO	
3.1 INTRODUCCIÓN	101
3.1.1 MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE TRIGO Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO Y SOBRE LA DINÁMICA DEL N EN LA PLANTA	101
3.1.2 IMPACTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA EXPRESIÓN DE ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO	103
3.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPIOS ACTIVOS MÁS UTILIZADOS PARA EL MANEJO QUÍMICO DE ENFERMEDADES FOLIARES EN CEREALES DE INVIERNO	104
A. HIPÓTESIS	110
B. OBJETIVOS	111
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	111
3.2.1 DATOS CLIMÁTICOS Y DE SUELO	111
3.2.2 DISEÑO DEL ENSAYO A CAMPO	112
3.2.3 PREPARACIÓN DEL SUELO, APLICACIÓN DE FUNGICIDAS E INOCULACIONES	112
3.2.4 EVALUACIONES A CAMPO	113
3.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	114
3.3 RESULTADOS	114
3.3.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS	114
3.3.2 ÁREA BAJO LA CURVA DE PROGRESO DE LA ENFERMEDAD, DINÁMICA DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR VERDE DEL CULTIVO Y DE LA HOJA BANDERA ANTE INFECCIONES DE <i>PY. TRITICI-REPENTIS</i> Y <i>P. TRITICINA</i>	115
3.3.3 RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO	126
3.3.4. REMOVILIZACION, ABSORCIÓN POST-ANTESIS Y ACUMULACIÓN DE NITRÓGENO EN GRANOS	131
3.4 DISCUSIÓN	154
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN GENERAL	
A. DISCUSIÓN GENERAL	177
B. CONCLUSIONES	191
C. CONSIDERACIONES FINALES	192
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	193
ANEXO I. PUBLICACIONES EN CONGRESOS NACIONALES E INTERNACIONALES DERIVADOS DE LA TESIS	210
ANEXO II. TABLA DE MEDIAS DEL CAPÍTULO 2	213
ANEXO III. TABLA DE MEDIAS DEL CAPÍTULO 3	226

Abreviaturas

ABCPE: Área bajo la curva del progreso de la enfermedad
ANVA: Análisis de la varianza
ACI: Alta concentración de inóculo (mL/L^{-1} suspensión)
BA60: Biomasa aérea EC60 (g.m^{-2})
BA95: Biomasa aérea EC95 (g.m^{-2})
BCI: Baja concentración de inóculo (mL/L^{-1} suspensión)
CPG=Contenido de proteína del grano (%)
 cm^3 : centímetro cúbico
DAFT: Duración de área foliar total (días)
DAFV: Duración de área foliar verde (días)
DAFVHB: Duración de área foliar verde de la hoja bandera (días)
Ea=Eficiencia en la absorción de la radiación (%)
EC: Estadio fenológico
e.g= exempli gratia
Ei=Eficiencia en la interceptación de la radiación (%)
ERN: Eficiencia de removilización de nitrógeno
EURabs: Eficiencia de uso de la radiación absorbida por tejido verde ($\text{g materia seca.MJ}^{-1}$)
EURint: Eficiencia de uso de la radiación interceptada por el canopeo ($\text{g materia seca.MJ}^{-1}$)
GC1: grupo de calidad 1
GC2: grupo de calidad 2
GC3: grupo de calidad 3
g: Gramo
°C: grados centígrados
h: horas
ha: Hectárea
HB: Hoja bandera
HB-1: Hoja inmediatamente inferior a la HB
HB-2: Hoja inmediatamente inferior a la HB-1
HB-3: Hoja inmediatamente inferior a la HB-2
HR: Humedad relativa (%)
IAF: Índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{ hoja.m}^{-2} \text{ suelo}$)
IAFe: Índice de área foliar por estrato foliar ($\text{m}^2 \text{ hoja.m}^{-2} \text{ suelo}$)
IAFT: Índice de área foliar total ($\text{m}^2 \text{ hoja.m}^{-2} \text{ suelo}$)
IAFNV: Índice de área foliar no verde ($\text{m}^2 \text{ hoja.m}^{-2} \text{ suelo}$)
IAFV: Índice de área foliar verde ($\text{m}^2 \text{ hoja.m}^{-2} \text{ suelo}$)
IC: Índice de cosecha
ICN: Índice de cosecha de nitrógeno
i.e.= id est
k: Coeficiente de extinción lumínica
kg: Kilogramo
L: litro
MA: Mancha amarilla
 m^2 : metro cuadrado
mg: miligramos
Mha: millones de hectáreas
MJ: Mega Joule
mm: Milímetros
mL: mililitro
MT: millones de toneladas
N: nitrógeno

Nant= Nitrógeno acumulado en antesis (g.m^{-2})
 Ncos= Nitrógeno acumulado a cosecha en planta entera (g.m^{-2})
 Ncveg= Nitrógeno acumulado en parte vegetativa a cosecha (g.m^{-2})
 NESP: Número de espigas (m^2)
 NG= Nitrógeno acumulado en granos (g.m^{-2})
 NGE: Número de granos por espiga
 NGT: número de granos por unidad de superficie (m^2)
 NPA= Nitrógeno absorbido en post-antesis (g.m^{-2})
 NREM= Nitrógeno removilizado (g.m^{-2})
 PMG: Peso de mil granos (g)
Py.tritici-repentis: *Pyrenophora tritici-repentis*
P.triticina: *Puccinia triticina*
 RFAi: Radiación fotosintéticamente activa interceptada ($\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$)
 RFAa: Radiación fotosintéticamente activa absorbida por tejido verde ($\text{MJ.m}^2.\text{dia}^{-1}$)
 RH: Roya de la hoja
 Rinc: Radiación incidente
 SI: Sin inóculo
 t: Tonelada
 TE: Triazol + Estrobirulina
 TEC: Triazol + Estrobirulina + Carboxamida
 %AFNV: Porcentaje de área foliar no verde sobre el índice de área foliar total
 %Nant= Porcentaje de nitrógeno en antesis
 %Ncos= Porcentaje de nitrógeno en planta entera a cosecha
 %NG= Porcentaje de nitrógeno en granos

Resumen

La mancha amarilla (MA) ocasionada por el hongo necrotrófico *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs (anamorfo *Drechslera tritici-repentis*) (Died) Shoem) y la roya de la hoja (RH) ocasionada por el hongo biotrófico *Puccinia triticina* Eriks, se encuentran entre las principales restricciones bióticas que limitan el rendimiento y afectan la calidad del cultivo de trigo pan (*Triticum aestivum* L.) en Argentina y otros países. En los últimos años se ha impulsado el interés por el estudio de la tolerancia a enfermedades como un importante complemento de la resistencia genética dentro de un contexto de manejo integrado. Sin embargo, cuando estas enfermedades no pueden ser atenuadas por la resistencia o los mecanismos de tolerancia, es usual optar por la aplicación de fungicidas. Por su parte, la fertilización nitrogenada es necesaria para alcanzar elevados rendimientos y calidad en trigo, aunque su utilización puede afectar la expresión de enfermedades foliares. El objetivo general fue analizar la importancia de la tolerancia a las enfermedades foliares causadas por patógenos biotróficos (*P. triticina*) y necrotróficos (*Py. tritici-repentis*) con inoculaciones de los patógenos separadamente, la fertilización nitrogenada y la aplicación de diferentes fungicidas sobre el rendimiento de cultivares de trigo de diferente aptitud panadera y su efecto sobre la removilización de Nitrógeno (N), absorción post-antesis, % N en granos y acumulación de N en los granos, para permitir un control más eficiente de las enfermedades foliares en el contexto del manejo integrado. Se condujeron ensayos durante 2012 y 2013 en la Estación Experimental J. Hirschhorn (FCAYF-UNLP; La Plata, Argentina) utilizando un diseño experimental en parcela dividida con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron las inoculaciones de los patógenos (*Py. tritici-repentis* y *P. triticina*). La sub-parcela fueron los tratamientos de inoculación: 1- sin inóculo (SI), 2- baja concentración de inóculo (BCI) y 3- alta concentración de inóculo (ACI). Como sub-sub-parcela se sembraron diez cultivares de trigo de diferente grupo de calidad (GC). Las evaluaciones se realizaron en EC39, EC60 y EC82 y consistieron en la determinación del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del índice de área foliar verde del cultivo (DAFV), rendimiento y sus componentes, y la removilización (NREM), absorción post-antesis (NPA), acumulación de N en granos (NG) y %N en granos (%NG). Se detectaron tres genotipos tolerantes a cada uno de los patógenos evaluados. Algunos cultivares fueron tolerantes a las dos enfermedades (BioINTA 3004 y Klein Guerrero), en tanto que ACA 303 y Sursem LE 2330 fueron tolerantes a MA y Klein Yará y Baguette 11 lo fueron a RH. Se evidenciaron efectos de la tolerancia en el NG, ICN y ERN en ambos patógenos y además en NPA ante *P. triticina* y en NREM ante *Py. tritici-repentis*. La pérdida de rendimiento fluctuó entre el 15,2% al 19,9%, debido a las disminuciones en el número de granos/espiga (12,9% para MA y 18,7% para RH) y en el peso de mil granos (6,3% y 9,4% para MA y RH respectivamente). Respecto a la dinámica del N en el cultivo, los resultados indican que el modo de nutrición de los patógenos provoca un efecto diferencial en estas variables con efectos más notorios ante RH, mecanismo que estaría explicado por la retención de N en tejidos verdes y pústulas ante este patógeno biotrófico lo que impide la normal traslocación del N hacia los granos y reducen la eficiencia de removilización de N (ERN). En este sentido, inoculaciones con *Py. tritici-repentis* provocaron incrementos en el %NG de hasta 14,9%, en tanto que inoculaciones con *P. triticina* provocaron el efecto inverso, reduciendo esta variable en hasta 9,89% respecto al testigo no inoculado. Tanto la NREM (-30,9%) como el NG (-24,4%) mostraron mayores reducciones ante aumentos en la dosis de inóculo de *P. triticina*, no detectándose reducciones significativas ante *Py. tritici-repentis*. Otro de los objetivos fue evaluar el efecto de

diferentes principios activos de fungicidas y de la fertilización nitrogenada sobre la severidad de la MA y RH, la DAFV del cultivo y de la hoja bandera (DAFVHB), el rendimiento y la dinámica del N en tres cultivares de trigo. Para ello, se condujo un ensayo durante 2014 y 2015 en la Estación Experimental J. Hirschhorn utilizando un diseño experimental en parcela dividida con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron las inoculaciones de los patógenos (*Py. tritici-repentis* y *P. triticina*). La sub-parcela fueron los tratamientos de fungicidas: 1- sin fungicida (SF), 2- triazol + estrobilurina (TE) y 3- triazol + estrobilurina + carboxamida (TEC). Como sub-sub-parcela se aplicaron tres dosis de N: 1- 0 kg N/ha (0N), 2- 70 kg N/ha (70N) y 3- 140 kg N/ha (140N). Como sub-sub-sub-parcela se sembraron tres cultivares de trigo de diferente grupo de calidad. Las evaluaciones también se realizaron en EC39, EC60 y EC82 y consistieron en la determinación del ABCPE, DAFV, DAFVHB, el rendimiento y sus componentes y la NREM, NPA, NG y %NG. El ABCPE ante MA disminuyó ante dosis crecientes de N, en tanto que, con RH, la respuesta fue inversa. No obstante, el impacto de la fertilización nitrogenada fue mayor sobre la DAFV que sobre la severidad de las enfermedades. Por otro lado, la aplicación de TEC no solo produjo las mayores disminuciones del ABCPE, sino que además produjo los mayores incrementos de la DAFV y DAFVHB lo que derivó en los mayores aumentos de rendimiento fundamentalmente explicados por el número de granos.m⁻². El %NG se redujo con la aplicación de fungicidas para el control de MA, en tanto que, cuando se controló la RH, ocurrió lo inverso. Ante inoculaciones con *P.triticina* se detectaron mayores reducciones en el NREM, NPA y NG con respecto a *Py.tritici-repentis*, respuesta que estaría explicada por disminuciones en la generación de biomasa y rendimiento, sumado a reducciones en el ICN y ERN por retención de N en partes vegetativas y pústulas del patógeno. Se detectó que los genotipos más susceptibles a enfermedades permitieron discriminar de manera más consistente el efecto diferencial que cada patógeno provocó ante incrementos en la fertilización nitrogenada sobre el ABCPE, DAFV y DAFVHB y sobre la dinámica del N. El efecto combinado de fungicidas y aumentos en la dosis de N generó los mayores incrementos en la NREM, NPA y en la NG. Los mayores resultados sobre el control de los patógenos, generación de rendimiento y dinámica del N en el cultivo ante la aplicación de TEC con respecto a la doble mezcla TE, se debería a un mejor efecto fungicida sumado a un efecto positivo en la fisiología del cultivo, tales como incrementos en la eficiencia del uso del agua y radiación e incrementos en la tasa fotosintética del cultivo que provocaron mayores aumentos en la tasa de crecimiento del cultivo.

Summary

Tan spot caused by the necrotrophic fungus *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs (anamorph *Drechslera tritici-repentis*) (Died) Shoem) (MA) and leaf rust caused by the biotrophic fungus *Puccinia triticina* Eriks (RH), are the main biotic causes of yield and quality reductions of wheat (*Triticum aestivum* L) in Argentina and other countries. In recent years, the interest in the study of the disease tolerance has been promoted as an important complement to the genetic resistance within an integrated management context. However, when disease can not be attenuated by any of these mechanisms, opting for fungicide applications is very usual. On the other hand, nitrogen (N) fertilization is necessary to achieve high yields and quality in wheat, although its use may affect the expression of the foliar diseases. The main objective was to analyze the importance of the tolerance to foliar diseases caused by biotrophic (*P. triticina*) and necrotrophic pathogens (*Py. tritici-repentis*) under separated inoculations, with N fertilization and different fungicides applications on yield of wheat cultivars differing in bread making aptitude and their effect on N remobilization, N post-anthesis absorption, % N in grains and N accumulation in grains, to allow a more efficient control of foliar diseases in the context of the integrated management. Two field experiments were conducted during 2012 and 2013 at the Estación Experimental Julio Hirschhorn (FCAYF-UNLP, La Plata, Argentina). Treatments were arranged in an experimental split-split plot design with three replications, where the main plots were the pathogens (*P. tritici-repentis* and *P. triticina*); sub-plots corresponded to inoculation treatments: 1- without inoculation (WI), 2- low inoculum concentration of each pathogen (LC), 3- high inoculum concentration of each pathogen (HC) and ten commercial cultivars differing in bread-making aptitude were the sub-sub-plots. Evaluations consisting in determining the area under disease progress curve (AUDPC), Healthy area duration (HAD), yield, yield components, N remobilization (NREM), N post-anthesis absorption (NPA), % N in grains (%NG) and N accumulation in grains (NG) were performed. Three genotypes presented tolerance to each of the diseases. Cultivars BioINTA 3004 and Klein Guerrero showed tolerance to both diseases. ACA 303 and Sursem LE 2330 were tolerant to MA, while Klein Yarará and Baguette 11 were tolerant to RH. Tolerance effects were observed in the NG, ICN and ERN in both pathogens and also in NPA (*P. triticina*) and NREM (*Py. tritici-repentis*). Yield loss caused by diseases fluctuated between 15.2% and 19.9% due to decreases in the grain number/spike (12.9% for MA and 18.7% for RH) and in thousand kernel weight (6.3 and 9.4% for MA and RH respectively). Regarding the crop N dynamics, the results indicate that the mode of nutrition of the pathogens would cause a differential effect in these variables with more noticeable effects on RH, a mechanism that would be explained by the retention of N in green tissues and pustules of this biotrophic pathogen, which prevents the normal translocation of N to the grains and reduce the N remobilization efficiency (ERN). In this sense, inoculations with MA caused increases in the %NG up to 14.9%, while RH caused the inverse effect, reducing this variable by 9.89% with respect to the non-inoculated treatment. Both, NREM (-30.9%) and NG (-24.4%) showed higher reductions under increases in the inoculum dose of RH, while no significant reductions were detected under MA infections. Other objective was to evaluate the effect of fungicide differing in active ingredients and three N rates, on MA and RH AUDPC, HAD, flag leaf

HAD (FLHAD), grain yield and N dynamics in three wheat cultivars. Two field experiments were conducted during 2014 and 2015 at the Estación Experimental Julio Hirschhorn. Main plots were the inoculations with the pathogens (*Py. tritici-repentis* and *P. triticina*); sub-plots corresponded to fungicide treatments: 1- untreated, 2- triazole + strobilurin (TS) and 3- triazole + strobilurin + carboxamide (TSC), N doses were the sub-sub-plots: 1- 0 kg N/ha (0N), 2- 70 kg N/ha (70N) and 3- 140 kg N/ha. Three cultivars differing in bread-making aptitude were the sub-sub-sub-plot. Evaluations consisting in determining the AUDPC, HAD, FLHAD, yield, yield components and NREM, NPA, NG y %NG were performed. AUDPC of MA increased at higher N rates, whereas with RH the opposite occurred. However, the impact of N was greater on HAD than on the disease severity. On the other hand, TSC applications not only produced the major decreases in AUDPC but also the main increases in HAD and FLHAD, which resulted in the higher yield increases mainly explained by the grain number/m². %NG was reduced with the application of fungicides when MA was controlled, whereas, with RH the opposite occurred. Greater reductions in NREM, NPA and NG were detected in response to RH inoculations with respect to MA, a response that could be explained by decreases in biomass and yield, coupled with reductions on N harvest index and NRE due to retention of N in vegetative parts and pustules of the pathogen. It was detected that the most susceptible genotypes allowed a better discrimination on the differential effect that each pathogen caused due to increases in N fertilization on AUDPC, HAD and FLHAD and N dynamics. Combined effect of fungicides and increases in N dose generated the largest increases in NREM, NPA and NG. The greater results on the control of pathogens, yield generation and N dynamics in the crop under TSC application with respect to TS, would be due to a better fungicidal effect added to a positive effect in the physiology of the crop, such as increases in the water and radiation use efficiency and increases in the photosynthetic rate of the crop, which led to greater increases in the growth rate of the crop.

Capítulo 1

Introducción general

1.1. Introducción

El trigo pan (*Triticum aestivum* L) representa el 30% de la producción mundial de cereales, el 20% de las calorías consumidas en la dieta humana (FAO 2014) y una importante fuente de proteínas en países en desarrollo (Pierbattisti 2016). La distribución geográfica mundial es muy amplia a causa de su gran importancia como fuente de alimento y a su gran variabilidad genética en la respuesta fisiológica al fotoperiodo y temperatura, incluyendo la vernalización. Por su parte, es considerado único por las propiedades especiales de su harina, la cual forma una masa cohesiva utilizada en todo tipo de panificaciones (Peña *et al.* 2005; Barneix 2007; de la Horra *et al.* 2012).

Las estimaciones actuales para la producción mundial de trigo en 2017 ronda los 747,2 MT en una superficie cosechada de 219 Mha (World Wheat Production 2017), representando aproximadamente un sexto del total de los suelos cultivados del mundo (Slafer & Satorre 1999). Estudios realizados por Byrnes & Bumb (1998) estiman que para el año 2025 la producción de trigo deberá superar los 1000 MT para poder satisfacer la creciente demanda mundial. Asimismo, estimaciones recientes de Godfray *et al.* (2010) y Hall & Richards (2013) indican que la población mundial alcanzará los 9000 millones de habitantes en 2050 y que la demanda mundial de alimentos aumentará a una tasa anual del 1,6% aproximadamente. Ante esta problemática, diversos autores concuerdan en que el aumento del rendimiento es la estrategia más factible para alcanzar los niveles de demanda proyectados (Evans 1999; Borlaug 2007) ya que el incremento de superficies productivas implicaría la destrucción de ecosistemas naturales incrementado el efecto negativo que el cambio climático ya ejerce sobre el cultivo. Lo mencionado anteriormente constituye un desafío muy grande para la agricultura mundial ya que actualmente, el rendimiento promedio se encuentra cercano a las 3,26 t/ha siendo los principales productores la Unión Europea (144,8 MT), China (128,8 MT), India (87 MT), Rusia (72,5 MT), USA (62,9 MT), Otros (50,3 MT) y Australia (33 MT).

En nuestro país, el trigo ha sido el cereal de siembra invernal más importante históricamente. La superficie sembrada tuvo fluctuaciones con picos de 7 Mha en el año 2000, momento a partir del cual disminuyó drásticamente debido fundamentalmente a restricciones en la comercialización y al insuficiente incentivo para la siembra. A pesar de las disminuciones de la superficie sembrada, la producción de trigo se ha mantenido prácticamente invariable con un rendimiento promedio a nivel nacional de 3 t/ha fundamentalmente debido a la ganancia genética

sumado a estrategias de manejo. Para la última campaña, informes elaborados por la Bolsa de Cereales de Rosario (2017) indican una superficie sembrada de 5,2 Mha con una producción de 16,6 MT y un rendimiento promedio nacional de 3,3 t/ha.

Las enfermedades foliares constituyen uno de los principales factores bióticos que limitan la expresión de los rendimientos y calidad del cultivo de trigo en todo el mundo (Oerke & Dehne 1997; Annone *et al.* 2001; Simón *et al.* 2002; Oerke & Dehne 2004; Duveiller *et al.* 2007; Carretero 2011). En Argentina, por la difusión, frecuencia de aparición y niveles de desarrollo epidémico que alcanzan, se considera que las de mayor importancia relativa son aquellas enfermedades fúngicas que afectan tejidos foliares como la roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks), la mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem y la mancha de la hoja (*Zymoseptoria tritici* Roberge in Desmaz., teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schroeter. in Cohn), las cuales varían en importancia según el año y la subregión triguera de acuerdo entre otros factores, a las condiciones climáticas, ambientales y a la susceptibilidad de los cultivares.

Las enfermedades causadas por hongos se clasifican en función del hábito nutricional del patógeno: (i) biotróficos, definidos como los patógenos que obtienen nutrientes del tejido vivo del hospedante; (ii) necrotróficos, son hongos que causan la muerte de tejidos, obtienen su energía a partir de éstos y frecuentemente producen toxinas; y (iii) situaciones intermedias, es decir patógenos hemibiotróficos, donde el organismo cumple una etapa asintomática, pero a medida que avanza la infección se establecen finalmente como necrotróficos (Koeck *et al.* 2011). Por otro lado, dependiendo del número de ciclos que cumpla el patógeno, algunos hongos sólo cumplen un ciclo por ciclo de cultivo, es decir son monocíclicos, en tanto que otros son policíclicos cumpliendo varios ciclos por ciclo de cultivo. Estos últimos, pueden causar epifitias que son rápidas y explosivas (Wiik 2009).

1.1.1. Caracterización de mancha amarilla y roya de la hoja

El organismo causal de la mancha amarilla del trigo *Py. tritici repentis* es un patógeno que puede generar inóculo, infectar al trigo y causar lesiones en un rango considerablemente amplio de condiciones ambientales. Generalmente los procesos de infección se dan a temperaturas entre 10 y 30 °C (siendo el óptimo entre 19 y 22°C) y periodos de 6 a 48 horas con elevada humedad relativa (Sah 1994) y rocío (Annone 2001a). Los síntomas se manifiestan en hojas como manchas cloróticas que luego se tornan de color castaño claro de forma elíptica con una región circundante o halo clorótico producido por toxinas (*Ptr ToxA*, *Ptr ToxB* y *Ptr ToxC*) que generan la degradación de las paredes celulares (Ney *et al.* 2013) (Fig. 1.1 a y b). La mancha amarilla

generalmente afecta hojas superiores entre inicios de floración a principio de llenado de granos (Moreno & Perelló 2010). Tanto el estadio del cultivo como la edad de la hoja parecen tener efecto sobre la severidad causada por el patógeno (Perelló *et al.* 2003). A nivel mundial, se han observado mermas de rendimiento entre el 18 al 31% (Bhathal *et al.* 2003) y del 3 al 53% (Rees & Platz 1983) debidas a mancha amarilla, mientras que Annone *et al.* (1994) determinaron para nuestro país reducciones de alrededor del 20%. Las pérdidas de rendimiento se deben a que la enfermedad genera reducciones en el número de granos por espiga (NGE) y peso de mil granos (PMG) (Schilder & Bergstrom 1990), biomasa total (Kremer & Hoffmann 1992; Schierenbeck *et al.* 2014a; Schierenbeck *et al.* 2016) y/o la calidad del grano por los síntomas de “red-smudge” o mancha roja sobre los granos (Fernández *et al.* 1994).

Las semillas infectadas, el rastrojo y hospedantes alternativos son las fuentes de inóculo más importantes del patógeno (Moreno & Perelló 2010). En este sentido, la evidencia en la literatura señala a los restos culturales como la principal fuente de inóculo (Rees & Platz 1980; Wright & Suttton 1990). Por su parte, Carmona *et al.* (1999) concluyen que la semilla introduce el inóculo en nuevas áreas, el monocultivo garantiza la presencia indefinida del patógeno en el campo y la siembra directa asegura las condiciones óptimas para la supervivencia e infección. Es por ello que, el incremento de la ocurrencia de la enfermedad, ha sido atribuido fundamentalmente al aumento de la superficie sembrada bajo siembra directa y la falta de rotaciones sumado al uso de cultivares susceptibles (Moreno *et al.* 2012).

El inóculo primario puede propagarse a largas distancias a través de la semilla infectada y ser introducido a nuevas regiones trigueras. En la semilla, el patógeno se ubica en el pericarpio donde permanece como micelio infectivo o esporas asexuales y se transmite al resto de la planta de manera no sistémica con una tasa de transmisión de 15,5 % a 75% (Schilder & Bergstrom 1994). Además del rastrojo, los hospedantes alternativos también juegan un rol importante como fuente de inóculo primario, ya que garantizan la supervivencia del patógeno entre estaciones de crecimiento. Más aún, estas plantas actúan como fuente de variabilidad genética y reservorio de poblaciones del patógeno genéticamente diferente a la de trigo (de Wolf *et al.* 1998). En este sentido, se lo ha encontrado afectando a varias especies de *Agropyron* y *Elymus*, *Andropogon gerardi*, *Alopecurus arundinaceus*, *Dactylis glomerata*, *Bromus inermis*, *Phalaris arundinacea*, cebada (*Hordeum vulgare* L), centeno (*Secale cereale* L) y avena (*Avena sativa* L), entre otros hospedantes (Carmona *et al.* 1999).

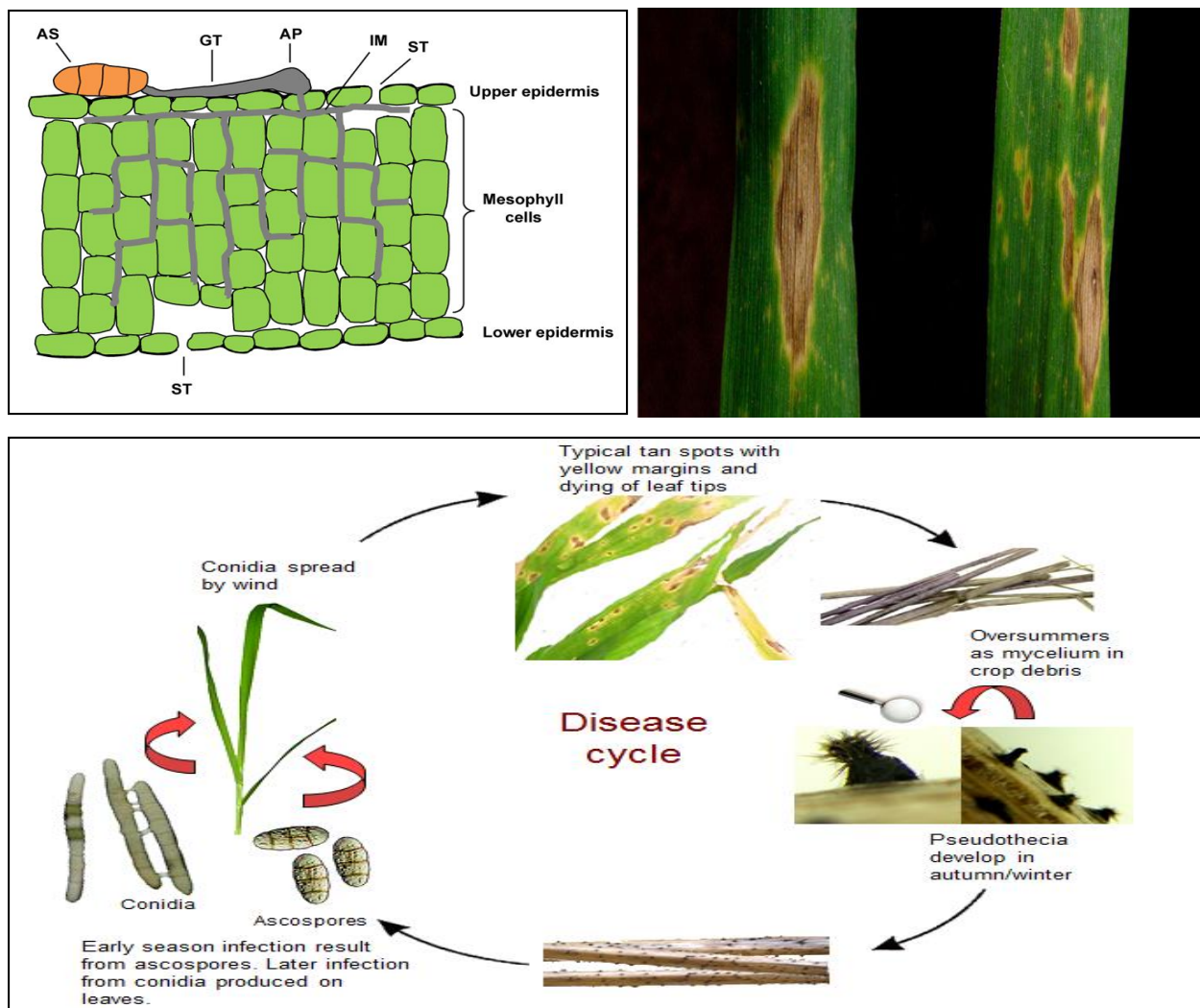


Figura 1.1: a- penetración y colonización producida por *Py.tritici-repentis* b-Síntomas en hojas provocados por *Py.tritici-repentis*; c- Ciclo completo de la enfermedad (Adaptado de Wegulo, 2011 y Schierenbeck, 2015)

El agente causal de la mancha amarilla se propaga principalmente por medio de esporas (ascosporas y conidios) que se originan en lesiones de plantas de trigo establecidas naturalmente, y en lesiones de algunas malezas y pastos naturales que actúan como hospedantes. Los pseudotecios tienen un papel crítico en la epidemiología de la enfermedad ya que maduran en el rastrojo de trigo durante el otoño e invierno y al comienzo de la primavera liberan las ascosporas, que son el inóculo primario de la enfermedad (Fig 1.1c). Estas son dispersadas por el viento, lo mismo que los conidios que se producen desde la primavera hasta avanzado el verano (Wegulo 2011).

Por otro lado, *P. tritici* es un patógeno biotrófico que obtiene los nutrientes únicamente de tejidos vivos y utiliza estos recursos para su crecimiento y esporulación (Voegelé & Mendgen

2011; Ney *et al.* 2013). Los procesos de infección requieren condiciones climáticas particulares, siendo favorables para su desarrollo temperaturas de 15 a 22 °C, con una óptima de 20 °C y un período de mojado de hoja o rocío no menor a 6 horas (Prescott *et al.* 1986; Germán *et al.* 2016). El patógeno puede completar su ciclo de infección a formación de nuevas pústulas en períodos relativamente cortos (8 a 10 días), por lo que su desarrollo epidémico se hace exponencial en forma rápida (Roelfs *et al.* 1992). Los síntomas generados por *P. tritricina* se presentan como pústulas rojizo-anaranjadas subepidérmicas. Los uredosoros de aproximadamente 2 mm se distribuyen irregularmente en el haz de la hoja (Fig. 1.2 a y b), pudiendo alcanzar las vainas y espiguillas. Al final del ciclo del cultivo aparecen teleosoros castaño oscuros a negros, dispuestos al azar en el envés de las hojas y en las vainas. A nivel mundial, Roelfs *et al.* (1992) han mencionado que las pérdidas debidas a *P. tritricina* son usualmente pequeñas (menores al 10%), pero pueden ser severas (30% o más). Por otro lado, Huerta-Espino *et al.* (2011) y Muhammad *et al.* (2015) mencionaron que las pérdidas de rendimiento ocasionadas por la enfermedad pueden alcanzar el 50%. En tanto que, para nuestro país, Campos (2014) halló pérdidas superiores al 30% en cultivares altamente susceptibles.

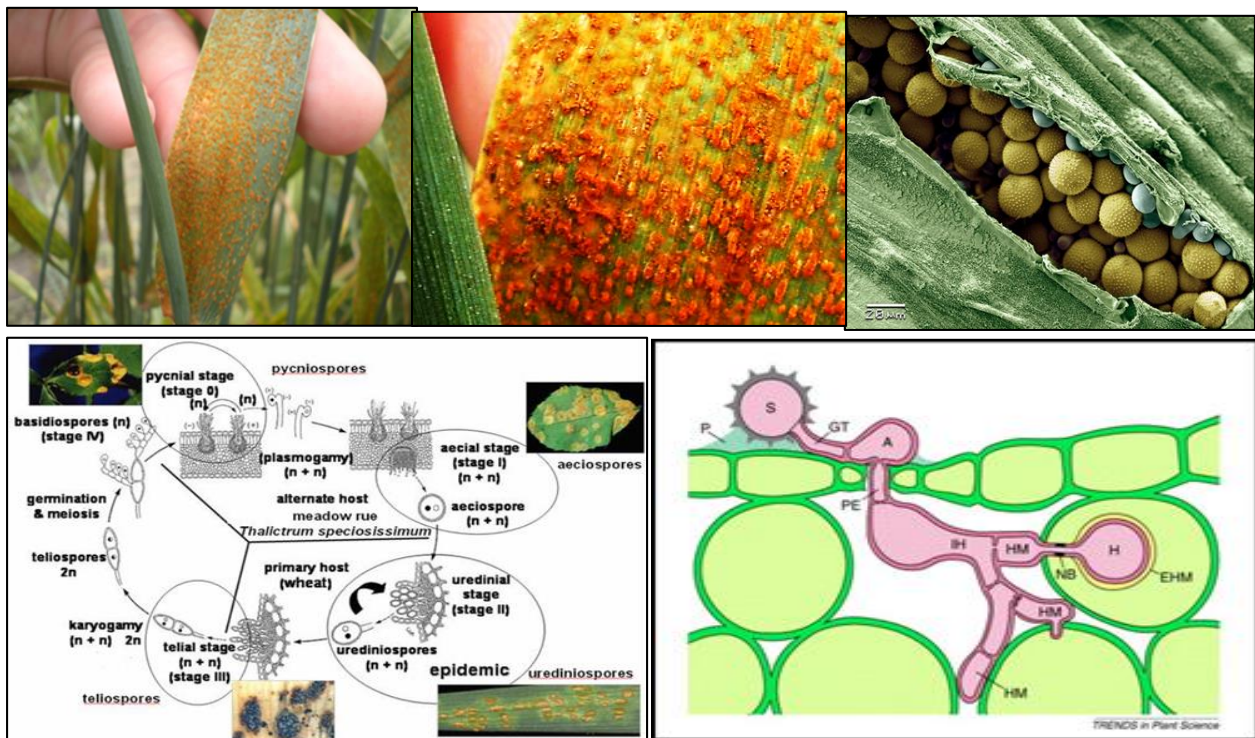


Figura 1.2: a y b) Síntomas en hojas; c) Ruptura de epidermis causada por *P. tritricina*; d) Ciclo completo de la enfermedad e- Estructuras de penetración y nutrición de *P. tritricina* (Adaptado de Alexopoulos *et al.*, 1996; Fleitas, 2017).

La importancia de la enfermedad está asociada a la gran cantidad de superficie sembrada con cultivares susceptibles, lo que provoca una mayor producción de esporas. Esto último, ocasiona que una mayor cantidad de inóculo sobreviva en el verano y así, exista un reservorio de esporas durante el ciclo del cultivo. Más aún, la mayor producción de esporas incrementa la frecuencia de aparición de nuevas razas con el consecuente riesgo de quebrar la resistencia genética de algunos cultivares. No obstante, aunque se parta de bajo inóculo inicial, no se debe descuidar el progreso de la enfermedad ya que la misma puede desarrollarse de manera rápida y explosiva debido al carácter policíclico del patógeno sumado a la elevada producción de esporas -3000 urediniosporas por lesión por día- (Germán *et al.* 2016). A partir de la elevada capacidad de dispersión de esporas del hongo a través del viento puede fácilmente trasladarse a países limítrofes o inclusive se ha documentado la propagación de esporas entre continentes (Muhammad *et al.* 2015). Esta es una de las explicaciones de por qué países como Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay comparten en general similares poblaciones de razas del patógeno (Germán *et al.* 2016) probablemente también debido a que muchos cultivares sembrados en Argentina son semejantes a los sembrados en los mencionados países por estar adaptados a similares condiciones agroclimáticas.

1.1.2. Tolerancia a enfermedades foliares de trigo como complemento de la resistencia genética en un contexto de manejo integrado

La presencia de enfermedades foliares en trigo se ha incrementado en las últimas décadas, siendo una de las principales limitantes bióticas del rendimiento en la mayoría de las subregiones trigueras del país. El uso de genotipos susceptibles, la utilización de semilla contaminada, el aumento de la siembra directa y la falta de rotaciones contribuyen a que el uso de fungicidas sea una de las prácticas de manejo más habituales (Annone 2001b). Sin embargo, se ha reportado la presencia de resistencia de patógenos a los principales principios activos como triazoles, estrobilurinas y carboxamidas tanto en trigo como en cebada (Campbell & Crous 2002; Mueller & Bradley 2008; Hawkins *et al.* 2011; Fountaine *et al.* 2014; Stammler *et al.* 2014; Estep *et al.* 2015; Rehfus *et al.* 2016). La resistencia genética en combinación con prácticas culturales, resulta la forma de manejo de enfermedades más adecuada, dado que no implica incrementos en los costos de producción ni contaminación del ambiente debido al uso de agroquímicos, con una relación costo-efectividad relativamente baja (Simón *et al.* 2002).

La resistencia genética puede definirse como la capacidad de la planta para reducir el crecimiento y desarrollo del patógeno una vez en contacto con el huésped, o después de que ha

iniciado su desarrollo o se ha establecido (Niks *et al.* 1993). Es una característica heredable y controlada principalmente por el sistema genético nuclear. En algunos casos, es controlada por uno o pocos genes (genes “mayores”), denominándose cualitativa, completa, específica, monogénica u oligogénica (Van Ginkel & Rajaram 1993; Singh & Rajaram 1995), o como en muchos casos, por múltiples genes (Bai & Shaner 1994) denominándose cuantitativa, parcial o no específica o poligénica. En la actualidad se han identificado más de 73 genes de resistencia (*lr*) a roya de la hoja y numerosos loci de rasgos cuantitativos (QTLs) (McIntosh *et al.* 2013; Perez Lara *et al.* 2017). Por otro lado, a mancha amarilla se han detectado diferentes genes de resistencia, de herencia simple (mono o digénica) (Lamari & Bernier 1991; Sykes & Bernier 1991; Lepoint *et al.* 2010) o compleja (Nagle *et al.* 1982; Elias *et al.* 1989).

Los esfuerzos internacionales del mejoramiento del cultivo de las últimas décadas, se han centrado más bien en la resistencia a enfermedades y en la tolerancia a estreses abióticos como sequía o estrés térmico por altas temperaturas. Sin embargo, la efectividad de la resistencia genética a lo largo del tiempo depende de la capacidad del patógeno para generar nuevas razas (por recombinación, migración o mutación del patógeno), que no sean reconocidas por los factores de resistencia presentes en el huésped (Burdon & Silk 1997). La mayoría de los genes de resistencia frente a enfermedades foliares son del tipo raza-específica, implicando que son efectivos frente algunas razas del patógeno pero susceptibles a otras. Esto ocasiona que en general pierdan su eficacia en pocos años cuando se despliegan a gran escala, por lo que se requiere el desarrollo continuo de nuevos cultivares resistentes para reemplazar las variedades que se han convertido en susceptibles. En contraste, el uso de genes de resistencia no específica y su combinación con genes de resistencia específica ha sido más duradero (McIntosh *et al.* 1995; Perez Lara *et al.* 2017). Sin embargo, algunos autores señalan que la resistencia implica un determinado costo metabólico para la planta en ausencia de la enfermedad, lo que deriva en reducciones del “*fitness*” del hospedante (Brown 2003; Tian *et al.* 2003) lo que se podría traducir en menores rendimientos.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, en los últimos años se ha impulsado el interés por el estudio de la tolerancia a enfermedades como un complemento importante de la resistencia genética. En este sentido, la tolerancia a enfermedades es considerada una medida de manejo potencialmente más duradera, ya que ejerce poca o ninguna presión de selección sobre el patógeno y además no generaría costo adicional al metabolismo de la planta en comparación a la resistencia genética. El término de tolerancia se define como la estrategia por la cual las plantas son capaces de limitar el daño cuando son directamente expuestas a algún estrés biótico o

abiótico. Similares definiciones han sido desarrolladas por Shafer (1971), Kramer *et al.* (1980), Parker *et al.* (2004), Foulkes *et al.* (2006), Oliver *et al.* (2009), Bingham *et al.* (2009), van den Berg *et al.* (2017). La tolerancia es a veces confundida con la resistencia parcial, siendo un concepto completamente diferente. En tanto que la resistencia parcial implica una menor severidad o incidencia, la tolerancia significa una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de severidad de la enfermedad.

Existen distintas formas de cuantificar la tolerancia a enfermedades (Bingham *et al.* 2009; Ney *et al.* 2013). Una forma precisa de evaluarla es cuantificar la relación entre la severidad y las pérdidas de rendimiento para cada cultivar separadamente a través de la pendiente de la línea de regresión entre la severidad de la enfermedad o el ABCPE y el rendimiento y expresarlo como pérdida por unidad de severidad a la enfermedad y luego comparar las pendientes de las rectas de regresión. Sin embargo, este enfoque no proporciona información sobre el tamaño del canopeo del cultivo (índice de área foliar-IAF-), que puede variar entre años y sitios, y por lo tanto, diferir en el área verde funcional remanente utilizada para la generación de biomasa aérea y rendimiento. Dado que, la duración del área foliar verde (DAFV) muestra una mejor correlación con las pérdidas de rendimiento que la severidad o el ABCPE por sí sola (Waggoner & Berger 1987; Whelan & Gaunt 1990; Bryson *et al.* 1997; Foulkes *et al.* 2006), autores como Parker *et al.* (2004) y Castro & Simón (2016) sugieren que dicha variable es la que presenta mejores ajustes en los modelos de cuantificación de tolerancia. En el capítulo 2 de la presente tesis se desarrollará esta temática con mayor detalle.

En este sentido, se han encontrado diferencias en tolerancia a la mancha de la hoja para un rango limitado de variedades (Ziv & Eyal 1978; Castro 2016; Castro & Simón 2016) y a la roya de la hoja (Caldwell *et al.* 1958; Roberts *et al.* 1984). En nuestro país no se dispone de información con respecto a la tolerancia de cultivares de trigo a la mancha amarilla o roya de la hoja. Hasta el momento, la información disponible en Argentina sobre la tolerancia a enfermedades es escasa o se han realizado sobre la mancha de la hoja (Castro 2016; Castro & Simón 2016)

1.1.3. Control químico de enfermedades foliares de trigo

Los fungicidas constituyen una importante herramienta de control de enfermedades foliares para la producción de trigo (Gooding 2006) dado que en general no existen adecuados niveles de resistencia frente a enfermedades. Los triazoles, las estrobilurinas y las carboxamidas son los fungicidas sistémicos más utilizados para controlar enfermedades foliares en nuestro país. Por un lado, los triazoles son fungicidas sistémicos, curativos y erradicantes que penetran en tejidos

jóvenes y se mueven por xilema en forma acrópeta (Arregui & Puricelli 2013). Las estrobilurinas son fungicidas mesostémicos, preventivos y curativos y poseen además la propiedad de inhibir la síntesis de etileno en la planta retrasando la senescencia de las hojas. En este sentido, Dimmock & Gooding (2002a) hallaron que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo, está asociada a aumentos en el rendimiento en grano, peso específico del grano y PMG asociados a la prolongación del periodo verde de la hoja bandera. Por su parte, Wu & Von Tiedemann (2001) sostienen que este retraso en la senescencia, se debería a que las estrobilurinas protegen a los tejidos de las especies reactivas de oxígeno y por lo tanto existiría un menor estrés oxidativo en el tejido de la planta. En los últimos años se ha incorporado la utilización de carboxamidas las cuales también han sido asociadas a incrementos de rendimiento por generar efectos positivos en la fisiología de la planta (Berdugo *et al.* 2012). En este sentido, Smith *et al.* (2013) señalaron que la carboxamida Fluxapyroxad incrementó los rendimientos de grano de trigo en un 12%, lo cual no estuvo asociado al control de síntomas visibles de la enfermedad, sino a los efectos positivos sobre la fisiología de la planta como mejoras en la eficiencia de uso del agua y eficiencia en el uso de la radiación. Asimismo, Ajigboye *et al.* (2014) encontraron que, en ausencia de enfermedad, una mezcla de triazol y carboxamida incrementó la eficiencia del Fotosistema II, asociado con una mejora del intercambio gaseoso de la fotosíntesis e incremento en la tasa de transporte de electrones, lo que derivó en aumentos de la biomasa aérea y el rendimiento de grano.

Por otro lado, la duración del periodo verde de la hoja bandera es particularmente importante porque es la última hoja en senescer, intercepta más luz que las hojas inferiores y es la más próxima a los destinos (granos dentro de las espigas). La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados (Sylvester-Bradley *et al.* 1990) para el llenado de grano, es por ello que la longevidad de ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca. Cualquier estrategia para proteger la senescencia de la hoja bandera es por lo tanto importante para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri 2009). Se ha mencionado que por cada incremento en el tiempo a senescencia de la hoja bandera hay incrementos en rendimiento de carbohidratos y reducciones en la concentración de proteína del grano, sin evidencia de que haya influencia del ingrediente activo del fungicida (Dimmock & Gooding 2002a). Contrariamente, otras evidencias en la literatura (Pepler *et al.* 2005a, b; Gooding *et al.* 2007) sostienen que la longevidad de la hoja bandera incrementa tanto el rendimiento como el contenido de proteínas en grano.

1.1.4. Importancia del Nitrógeno en el cultivo de trigo

El rendimiento y la calidad del cultivo de trigo está fuertemente influenciado por la disponibilidad, absorción y redistribución del nitrógeno (N) (Barraclough *et al.* 2010), siendo las necesidades del cultivo de trigo de 30-33 kg de N en biomasa aérea por tonelada de grano a producir (Darwich & Darwich 2004; Barraclough *et al.* 2014). Un reto permanente para la agricultura es mejorar la eficiencia de uso de este nutriente, mediante un incremento en la recuperación por parte del cultivo del nitrógeno en el suelo y del aportado por el fertilizante y por un mejor aprovechamiento de éste dentro de la planta (Kitchey *et al.* 2007). El N constituye una pequeña porción del peso seco total de la planta, sin embargo, juega un rol crucial en el metabolismo vegetal, ya que más del 90% de este elemento forma parte de proteínas, lo que lo convierte en el nutriente clave para el desarrollo del área foliar que permite una adecuada intercepción de radiación y el correcto funcionamiento del aparato fotosintético (Golik 2005).

El rendimiento en N en granos deriva de 1) N acumulado en hojas, tallos y raíces antes de antesis y que es posteriormente removilizado al grano durante el llenado 2) el N absorbido durante el llenado del grano y 3) el rendimiento en grano. La removilización de N acumulado previo a antesis en la parte vegetativa explica la mayor parte del N final en los granos (Simpson *et al.* 1983; Palta & Fillery 1995; Kichey *et al.* 2007; Gaju *et al.* 2014) siendo las hojas y tallos los principales reservorios de N en la planta aportando entre 85-90% (Critchley 2001) y en tanto que las raíces aportan entre el 10-15% (Dalling 1985). Según Bancal *et al.* (2008), la absorción post antesis de N representa generalmente 1/3 del N total a cosecha, en tanto que el N removilizado representa 2/3. Después de la antesis, las hojas se convierten en una fuente de N. El N en las hojas se recicla después de la hidrólisis de proteínas y se exporta en forma de aminoácidos hacia los granos (Feller & Fischer 1994; Masclaux *et al.* 2000). En condiciones de alta fertilidad del suelo la absorción post-antesis (NPA) resulta importante y está positivamente correlacionada con la proteína del grano (%CPG) o % nitrógeno en grano (%NG) y con el índice de cosecha de N (ICN) (Spiertz & Ellen 1978; Sarandón *et al.* 1997). Por su parte, Barbottin *et al.* (2005) encontraron que el N removilizado (NREM) no es suficiente para explicar la variación en el N final de los granos (NG), ya que esta variable depende también de la NPA y de la presión de enfermedades durante el llenado de granos, es por ésto que uno de los objetivos del mejoramiento es buscar genotipos con altos potenciales de absorción de N post-antesis como forma de aumentar la concentración de proteína en grano y N acumulado a cosecha (Brancourt-Humel *et al.* 2003, 2005).

El contenido de proteínas en grano se encuentra determinado por efectos de “dilución” y “concentración”, ya que la deposición de proteínas y de almidón están regulados por eventos independientes, controlados por mecanismos separados (Jenner *et al.* 1991). Mientras algunos autores sostienen que el peso de los granos estaría co-limitado por fuente y por destino (Calderini *et al.* 2006), se considera que el contenido absoluto de proteínas en el grano está mayormente limitado por fuente (Martre *et al.* 2003). La limitación por fuente se relaciona con el hecho de que entre un 70-80% del nitrógeno (N) disponible es absorbido antes de floración y así las proteínas de los granos se forman en su mayor parte utilizando N que se removiliza desde el tallo y las hojas hacia los granos como del proveniente de la absorción remanente. Por el contrario, la acumulación de carbohidratos en los granos está más influenciada por las condiciones ambientales en el periodo de llenado del grano y la actividad fotosintética en esta etapa (Stone & Savin 1999). Algunos cultivares, frente al mismo nivel de severidad de ataque de algún patógeno presentan variabilidad en la disminución del rendimiento. También puede que existan variaciones de un año a otro, ésto puede atribuirse a las características intrínsecas de los cultivares, que determinan la presencia de algún mecanismo de tolerancia, como así también a las condiciones climáticas y culturales en la cuales ha crecido el cultivo. Por otro lado, diferencias de rendimiento entre genotipos también conducen a variaciones inversas en el porcentaje de proteínas. En este sentido, Dimmock & Gooding (2002b) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor calidad), por lo que sería de interés estudiar si existe una correlación entre los grupos de calidad panadera con la capacidad del cultivo para absorber nitrógeno en post-antesis, la removilización del N acumulado previo a antesis y su posterior efecto sobre la acumulación de N en granos. En un mismo sentido, Clark (1993) encontró que el contenido de proteína con el uso de fungicidas se vio mucho menos afectado en aquellos cultivares de buena aptitud panadera.

1.1.5. Fertilización nitrogenada: Efectos sobre la severidad causada por *Pyrenophora tritici-repentis* y *Puccinia triticina*

La naturaleza y la cantidad del fertilizante nitrogenado ejercen una considerable influencia en las características epidémicas de los patógenos, inhibiendo o promoviendo su comportamiento (Hanus & Schoop 1985; Pastore 2009; Devadas *et al.* 2014). La disponibilidad de N en el suelo, proveniente tanto de la mineralización de la materia orgánica o el aplicado como fertilizante mineral, puede influir en el desarrollo de las enfermedades de diferentes modos, mientras que, el crecimiento del patógeno puede cambiar la toma/absorción y particionamiento del N en la planta. El N aplicado influencia el macollaje y la expansión foliar, que juntos determinan el tamaño del

canopeo producido (IAF-índice de área foliar-) y la concentración de N en las hojas, jugando estos dos un rol preponderante en la asimilación neta de la planta al afectar la eficiencia de intercepción (E_i) y la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) (Walters & Bingham 2007). La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo que puede afectar la expresión de enfermedades foliares (Simón *et al.* 2002, 2003) y la efectividad de la aplicación de fungicidas (Simón *et al.* 2002, 2003; Varga *et al.* 2005) dado que el aporte de N genera canopeos densos (incrementos en el IAF) lo que implica una dilución de la cantidad de fungicida aplicado por m² de hoja (Balardin *et al.* 2010; Jensen & Jorgensen 2016). Por otro lado, la fertilización nitrogenada puede tener efectos positivos, negativos o neutros en la severidad de enfermedades dependiendo del ambiente, cultivar y tipo de patógeno. La magnitud y dirección de la influencia del N en la severidad de ataque causado por *P. triticina*, *Py. tritici-repentis* y *M. graminicola* ha sido estudiada con resultados contrastantes (Johnston 1979; Leitch & Jenkins 1995; Liaudat 2011, Ishikawa *et al.* 2012, Gerard *et al.* 2015; Castro 2016; Fleitas *et al.* 2017; Fleitas *et al.* 2018a y b). Los mecanismos que conducen a generar estos cambios son complejos y diversos, e incluyen el efecto directo del nutriente sobre el patógeno, pero también sobre el crecimiento, desarrollo y mecanismo de resistencia de la planta (Walters & Bingham 2007). Estudios realizados por Annone (2002) mencionan que en general los organismos necrotróficos colonizan de mejor manera tejidos poco vigorosos, débiles y deficitarios de nutrientes, mientras que los biotróficos tienen una tendencia inversa. Se ha sugerido que hongos saprofiticos, ante bajos niveles de nutrientes en la hoja, adoptan una estrategia de exploración, en la que los recursos del patógeno se asignan al crecimiento radial del micelio en busca de nutrientes (Dowson *et al.* 1989; Crawford *et al.* 1993). Contrariamente, la disponibilidad de mayores niveles de nutrientes genera una colonia más densa y ramificada, que permite al hongo explotar el sustrato (Dowson *et al.* 1989). En este sentido, la fertilización nitrogenada origina reducciones de severidad en enfermedades ocasionadas por patógenos necrotróficos como *Py. tritici-repentis* (Krupinsky *et al.* 2007; Carignano *et al.* 2008; Simón *et al.* 2011), en cambio cuando predominan los hemibiotróficos, los resultados no son coincidentes (Huber *et al.* 1987; Simón *et al.* 2002; Castro 2016). Por otro lado, cuando se trata de patógenos biotróficos como *P. triticina*, la fertilización nitrogenada generalmente incrementa la severidad (Daniel & Parlevliet 1995; Mascagni *et al.* 1997; Devadas *et al.* 2014; Germán *et al.* 2016).

La información sobre el efecto de enfermedades foliares sobre el %NG presenta resultados contrastantes (Clark 1993; Kelley 1993; Herrman *et al.* 1996; Simón *et al.* 1996; Puppala *et al.* 1998; Arabi *et al.* 2007; Blandino & Reyneri 2009; Liaudat 2011; Fleitas 2011; Fleitas *et al.* 2015; Castro 2016; Fleitas *et al.* 2017). Trabajos realizados por Dimmock & Gooding (2002b) y Gooding

(2006) indican que cuando los patógenos controlados con fungicida son biotróficos, la concentración de proteínas aumenta, dado que el patógeno provoca mayor daño sobre la acumulación y partición del N en el grano que el que provoca sobre la acumulación y partición de carbohidratos. En este sentido Fleitas *et al.* (2015, 2018a) verificaron incrementos en el contenido de proteínas en grano cuando la enfermedad fue controlada con diferentes fungicidas foliares. Asimismo, Caldwell *et al.* (1934) y Greaney *et al.* (1941) hallaron que la infección con *P. tritici* en los cultivares más susceptibles incrementó la concentración de proteínas en tallos y hojas y redujo la concentración en el grano.

En términos generales, cuando se trata de patógenos necrotróficos o hemibiotróficos como es el caso de las manchas foliares, frecuentemente ocurre una situación inversa. En este sentido, si bien *Py.tritici-repentis* es una de las enfermedades mas importantes del trigo a nivel mundial, son escasos los antecedentes que hayan evaluado su efecto sobre el %NG, documentándose incrementos en esta variable ante aumentos en la concentración de inoculo de este patógeno (Fleitas *et al.* 2018b). En esta línea, el uso de fungicidas cuando *M. graminicola* (hemibiotrófico) es el patógeno dominante, puede reducir la concentración proteica del grano ya que el patógeno la incrementa por producir un mayor efecto sobre los carbohidratos que sobre el N (Puppala *et al.* 1998; Gooding *et al.* 2007; Fleitas *et al.* 2017). Autores como Liaudat (2011) y Castro (2016) encontraron incrementos en la proteína con aumentos en la severidad de mancha de la hoja, en tanto que, con la aplicación de fungicidas la misma se redujo. Este incremento de proteína se explica por una disminución del área foliar verde en el periodo de llenado del grano, con lo cual, hay un efecto de “concentración” de proteínas y, por lo tanto, el porcentaje de las mismas aumenta. Sin embargo, el control de la enfermedad por medio de fungicidas hace que se mantenga el área verde y que el proceso de llenado se lleve a cabo con normalidad y actúa de modo contrario, es decir, “diluyendo” la proteína y por lo tanto disminuyendo el porcentaje de las mismas (Fleitas 2017; Fleitas *et al.* 2017).

Este trabajo toma en cuenta que la interacción entre la fertilización nitrogenada, la aplicación de fungicidas ante inoculaciones artificiales de patógenos fúngicos foliares sobre el % N grano, la acumulación en granos, removilización y absorción de N en post-antesis es compleja y no ha sido abordada hasta el momento. Tampoco se dispone de información en nuestro país sobre la presencia de tolerancia a mancha amarilla y roya de la hoja con inoculaciones separadas en cultivares argentinos de diferente potencial de rendimiento y aptitud panadera y el efecto de dicha tolerancia sobre la dinámica del N en el cultivo. Los trabajos disponibles hasta el momento fueron realizados con infecciones naturales y con evaluaciones realizadas a través del porcentaje de

severidad y el ABCPE, que no brindan información sobre el tamaño del canopeo y están sujetas a considerables variaciones entre años y sitios. Por otro lado, no existe información sobre la removilización, absorción post-antesis de N y su efecto sobre la acumulación de N en granos y en el % de N en granos de trigos afectados por *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* inoculados separadamente y donde la enfermedad se haya cuantificado a través de parámetros que tengan en cuenta el canopeo del cultivo como la DAFV. Por otro lado, si bien existen trabajos que documentan el efecto de las estrobilurinas sobre la duración del periodo verde de la hoja bandera y el rendimiento (Bayles 1999; Dimmock & Gooding 2002a; Blandino & Reyneri 2009), no se dispone de información del efecto de las carboxamidas en el rendimiento vinculados a la duración del periodo verde del cultivo y el impacto de ésto sobre la dinámica del N en el cultivo ante patógenos de distinto hábito nutricional inoculados independientemente, con diferentes esquemas de fertilización y cultivares.

A. Hipótesis

En base a los antecedentes mencionados, se plantearon las siguientes **hipótesis**:

- I. Existen diferencias en tolerancia en genotipos de trigo a la disminución de rendimiento frente al patógeno necrotrófico *Py. tritici-repentis*, agente causal de la mancha amarilla.
- II. Existen diferencias en tolerancia en genotipos de trigo a la disminución de rendimiento frente al patógeno biotrófico *P. triticina*, agente causal de la roya de la hoja.
- III. La tolerancia de los cultivares de trigo difiere según el hábito nutricional (necrótrofo / biótrofo) del hongo patógeno con el que interactúa.
- IV. Incrementos en la severidad ante inoculaciones de *P. triticina* generan reducciones en algunas de las variables vinculadas a la dinámica del N en el cultivo tales como la removilización de N, %N en grano y acumulación de N en grano superiores a *Py. tritici-repentis* a partir de reducciones en la generación de biomasa y mayores disminuciones en la ERN e ICN por retención de N en partes vegetativas y pústulas del hongo.
- V. Diferencias genotípicas en tolerancia condicionan un efecto distinto de estas enfermedades sobre la removilización y absorción de N al incidir en el rendimiento y por consecuencia en la concentración de N en el grano

- VI. Cultivares de diferentes grupos de calidad presentan una acumulación diferencial de N en el grano, por lo que también presentan un efecto diferencial en la removilización y absorción de N post-antesis cuando son afectados por las mencionadas enfermedades foliares
- VII. La fertilización nitrogenada causa incrementos en la severidad de la roya de la hoja y disminuciones en la mancha amarilla. Respuestas diferenciales en la severidad ante incrementos en la dosis de N, sumado al distinto hábito nutricional de los agentes causales, ocasionan un efecto diferencial de ambos patógenos sobre la removilización del N al grano, la absorción de N post-antesis, el %N en grano y su acumulación en los granos, siendo *P.triticina* el que provoca las mayores reducciones en estas variables.
- VIII. La triple mezcla fungicida de triazol-estrubirulina-carboxamida provoca incrementos superiores sobre el N removilizado, el absorbido en post-antesis y la acumulación de N en grano con respecto a la doble mezcla triazol-estrubirulinas explicado por un mayor efecto fungicida y por efectos positivos en la fisiología del cultivo
- IX. La fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas causa efectos contrastantes especialmente en los genotipos susceptibles a *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* lo que permite distinguir el efecto de estos patógenos sobre la removilización, absorción post antesis, % Nitrógeno en grano y acumulación de N en grano.

B. Objetivos

El objetivo general fue analizar la importancia de la tolerancia a enfermedades foliares, la fertilización nitrogenada y la aplicación de diferentes fungicidas sobre el rendimiento de cultivares de trigo afectados por patógenos necrotróficos y biotróficos y su efecto sobre la removilización, absorción post-antesis, % N y acumulación de N en granos, para permitir un control más eficiente de las enfermedades foliares en el contexto del manejo integrado.

Los objetivos específicos fueron:

- I. Evaluar el impacto de las diferencias genotípicas en tolerancia para rendimiento en trigo frente a *Py. tritici repentis* y *Puccinia triticina* sobre la removilización de N de las partes vegetativas al grano y sobre la absorción de N post-antesis

- II. Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la severidad producida por *Py.tritici-repentis* (necrotrófico) y *P.triticina* (biotrófico) y su efecto sobre la removilización, absorción de N post-antesis y su acumulación en granos en cultivares de trigo
- III. Evaluar el efecto de diferentes principios activos de fungicidas (triazoles-estrobilurinas y triazoles-estrobilurinas-carboxamidas) sobre la severidad de estos patógenos foliares, caracteres morfofisiológicos del cultivo, rendimiento y en la removilización, absorción post-antesis y acumulación de N en granos en cultivares inoculados con los mencionados patógenos foliares

C. Diagrama de la tesis

Para cumplir con los objetivos planteados en esta tesis, se organizaron los contenidos en los siguientes capítulos:

En el capítulo 1 se presenta el tema de estudio, los antecedentes así como el marco teórico-conceptual. Se enuncian las hipótesis y se plantean el objetivo general y los objetivos específicos. En el Anexo I se detallan los trabajos publicados en congresos nacionales e internacionales y tesis de posgrado y grado derivados de esta tesis.

En el capítulo 2 se desarrolla el tema “*Efecto de la tolerancia a enfermedades foliares fúngicas causadas por patógenos necrotróficos y biotróficos sobre la dinámica del nitrógeno en trigo*” En el Anexo II se detallan las tablas de medias de los resultados del este capítulo .

En el capítulo 3 se describe el “*Efecto de diferentes principios activos de fungicidas y fertilización nitrogenada sobre el área foliar verde, rendimiento y dinámica del nitrógeno frente a mancha amarilla y roya de la hoja en cultivares de trigo*”. En el Anexo III se detallan las tablas de medias de los resultados del este capítulo.

En el capítulo 4 se desarrolla la discusión general, las conclusiones, los aportes significativos de esta tesis y las consideraciones finales.

Capítulo 2

Efecto de diferentes principios activos de fungicidas y fertilización nitrogenada sobre el área foliar verde, rendimiento y dinámica del nitrógeno frente a mancha amarilla y roya de la hoja en cultivares de trigo

2.1. Introducción

Las enfermedades foliares fúngicas son las principales restricciones bióticas que limitan el rendimiento y afectan la calidad del cultivo de trigo tanto en Argentina como en otras partes del mundo (Annone *et al.* 2001; Serrago *et al.* 2009, 2011; Carretero *et al.* 2010). En nuestro país, las enfermedades foliares de mayor importancia y difusión son la mancha amarilla [forma sexual *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs, anamorfo *Drechslera tritici-repentis* (Died) Shoemaker], la mancha de la hoja [forma sexual *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J Schröt, in Cohn, anamorfo *Zymoseptoria tritici*, Rob ex Desm] y la roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks). A nivel mundial, se han observado mermas de rendimiento entre el 18 al 31% debidas a mancha amarilla (Bhathal *et al.* 2003), mientras que Annone *et al.* (1994), determinó para nuestro país reducciones de alrededor del 20%. Para el caso de la roya de la hoja, a nivel mundial Huerta-Espino *et al.* (2011) y Muhammad *et al.* (2015) mencionaron que las pérdidas de rendimiento ocasionadas por la enfermedad pueden alcanzar el 50%. En Argentina, Campos (2014) halló pérdidas superiores al 30% en cultivares altamente susceptibles.

2.1.1. La tolerancia a enfermedades como medida complementaria en un contexto de manejo integrado

Con el objetivo de minimizar el impacto de la enfermedad sobre el rendimiento en los casos en que las epidemias no se puedan controlar eficazmente mediante resistencia genética o la aplicación de fungicidas, en los últimos años se ha impulsado el interés por el estudio de la **tolerancia** a enfermedades. En este sentido, la utilización de cultivares tolerantes es también considerada una forma de manejo potencialmente más duradera a diferencia de la resistencia genética o de fungicidas, ya que se presume que ejerce poca o ninguna presión de selección sobre los patógenos. En este sentido, Roy *et al.* (2000) sostienen que la tolerancia sería una adaptación evolutiva entre patógeno y hospedante de manera que ambos puedan sobrevivir. Sin embargo, algunos genetistas han alertado que la utilización de genotipos tolerantes pueda resultar en un incremento de la presión de la enfermedad sobre el cultivo (Miller *et al.* 2006; Bancal *et al.* 2015) o sobre otros genotipos susceptibles que compartan una misma área sembrada (Bingham *et al.* 2009). Por este motivo, la tolerancia no debería ser considerada como una alternativa de la resistencia genética sino como un complemento importante de la misma, ya que, en tanto que la tolerancia podría limitar el efecto de la enfermedad sobre el rendimiento, la resistencia restringiría la presión de infección a cultivares cercanos (Bingham *et al.* 2009; Fleitas, 2017; van den Berg *et al.* 2017).

El término tolerancia es a veces confundido con resistencia parcial, siendo un concepto completamente diferente. En tanto que la resistencia parcial implica una menor severidad o incidencia, la tolerancia implica una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de severidad de la enfermedad. Kover & Schaal (2002) señalaron que en plantas en las que la resistencia y la tolerancia coexisten, las comparaciones de rendimiento entre variedades puedan confundir resistencia y tolerancia. Sin embargo, si la pérdida de rendimiento es consecuencia de la resistencia, se espera una correlación negativa entre el rendimiento y la severidad (Castro 2016; Fleitas 2017) con poca dispersión de los puntos en la recta de regresión. Aquellos cultivares que presentan una alta dispersión, presentan tolerancia o sensibilidad a la enfermedad. La tolerancia se define como la habilidad de una planta para soportar los efectos de una enfermedad sin provocar pérdidas de rendimiento (Agrios 2005b). Definiciones similares han sido desarrolladas por Shafer (1971), Parker *et al.* (2004), Paveley *et al.* (2005), Foulkes *et al.* (2006), Oliver *et al.* (2009), Bingham *et al.* (2009), Bancal *et al.* (2015), Newton (2016), Castro & Simón (2016), Fleitas (2017) y van den Berg *et al.* (2017).

En condiciones ambientales ideales el rendimiento de trigo puede ser expresado a través de la cantidad de biomasa aérea producida y la proporción de la misma que es particionada hacia los granos (índice de cosecha, Bingham *et al.* 2009). La producción de biomasa, por su parte, está determinada por la cantidad de radiación incidente durante el periodo de crecimiento (RI), la eficiencia en la intercepción de radiación (E_i), la cual es función del índice de área foliar (IAF) y de la arquitectura del canopeo (determinada por el coeficiente k de extinción) (Monteith 1977; Evans *et al.* 1978; Miralles & Slafer 1997); y la eficiencia en el uso de la radiación (EUR), que expresa la capacidad del cultivo de transformar la energía lumínica interceptada o absorbida en biomasa (Salvagiotti & Miralles 2008). Teniendo en cuenta esto, aquellos atributos que permitan mantener la E_i , la EUR y la partición de materia seca hacia la espiga en presencia de la enfermedad, minimizarán la pérdida de rendimiento, y por lo tanto, pueden ser un potencial atributo de tolerancia a la enfermedad (Newton 2016), sin embargo estos han sido escasamente estudiados. Los mismos pueden estar asociados a características genotípicas del cultivar tales como la generación de biomasa aérea e índice de área foliar (Parker *et al.* 2004), el área foliar de la hoja bandera (Foulkes *et al.* 2006), capacidad fotosintética del tejido verde remanente (Zuckerman *et al.* 1997; Parker *et al.* 2004), eficiencia de intercepción, coeficiente de extinción (Parker *et al.* 2004), duración del área foliar verde, presencia de aristas (Foulkes *et al.* 2006) y elevado contenido de carbohidratos solubles en tallos (Gaunt & Wright 1992; Parker *et al.* 2004), entre otros (Ney *et al.* 2013; van den Berg *et al.* 2017). Por otro lado, autores como Paveley *et al.* (2005) y Bingham *et al.* (2009) sostienen que se podría corroborar la

asociación entre dichos atributos y la tolerancia mediante el estudio de líneas isogénicas que solo varíen en los principales genes que determinan dichos caracteres o a través de mapeo de líneas doble haploides obtenidas entre cruzamientos de padres con expresión alta y baja de estos caracteres. Sin embargo, la obtención de dichas líneas puede resultar un tanto compleja debido a la probable cantidad de genes con efecto aditivo que condicionarían estos atributos.

Si bien Paveley *et al.* (2005) mencionan que algunos atributos de tolerancia podrían resultar efectivos frente a un amplio rango de patógenos, no sería irracional suponer que la tolerancia de un determinado genotipo frente a un patógeno no fuera efectiva frente a otro completamente distinto debido a que los patógenos con diferente hábito nutricional impactan en forma diferencial los atributos ecofisiológicos vinculados a la generación de biomasa y rendimiento (Schierenbeck *et al.* 2016). En este sentido, ha sido documentado que organismos necrotróficos (como *Py.tritici-repentis*) ejercen un daño directo sobre el área fotosintéticamente activa y disminuyen la fracción de radiación interceptada en áreas senescentes con tejido muerto debido a la secreción de toxinas y enzimas que destruyen las células del hospedante y extraen los nutrientes del tejido muerto (Horbach *et al.* 2011; Ney *et al.* 2013; Schierenbeck *et al.* 2016). Por el contrario, organismos biotróficos, generan cambios más profundos en la fisiología de la planta debido a que establecen una estrecha relación con el hospedante ya que alteran el metabolismo de las plantas al parasitar células vivas utilizando como principal herramienta los haustorios que actúan en la movilización, adquisición y metabolismo de los nutrientes necesarios para el desarrollo del patógeno, jugando además un rol importante en la supresión de las defensas del hospedante (Mendgen & Hahn 2002; Voegelé & Magden 2011). Así, el patógeno no sólo reduce el área fotosintéticamente activa y disminuye la EI, sino que además, incrementa la tasa respiratoria y la transpiración por la ruptura de la cutícula generando la senescencia prematura de hojas maduras y una disminución en la tasa de expansión de hojas nuevas (Bryson *et al.* 1995; Robert *et al.* 2004; Robert *et al.* 2005; Serrago *et al.* 2009). Asimismo, estos patógenos afectan la EUR por incrementar la retención de azúcares y aminoácidos en los tejidos dañados, lo que restringe la removilización de los mismos hacia los granos en desarrollo (Dimmock & Gooding 2002b; Schierenbeck *et al.* 2016).

Por otro lado, la tolerancia a enfermedades podría estar condicionada también por el efecto del ambiente sobre los genotipos que predisponen diferentes patrones en el desarrollo de los cultivares o factores culturales (como la fertilización nitrogenada) que conducen a un comportamiento diferencial de los genotipos por condicionar variaciones en características morfofisiológicas, acumulación y removilización del N al grano. En este sentido, patógenos

biotróficos como *P. tritici*, pueden incrementar la severidad causada por la enfermedad frente a elevados niveles de N (Newton *et al.* 1998). Además, se ha mencionado que la falta de tolerancia o sensibilidad a enfermedades en algunos cultivos puede atribuirse a bajos niveles de clorofila (Clarke 1984) posiblemente derivado de baja disponibilidad de N en el suelo o a características genóticas que los condicionan.

En la actualidad la base genética de la tolerancia es prácticamente desconocida como así también su interacción, si existe, con la resistencia parcial (Agrios 2005b). Entre las razones por las cuales el progreso en los estudios ha sido lento, se encuentran que la misma es un carácter cuantitativo cuya expresión depende del genotipo y del ambiente (Parker *et al.* 2004), por lo que se deberían utilizar numerosos genotipos y varias combinaciones de ambientes y ciclos de cultivo para identificarla. Esto, sumado a las diferentes formas de cuantificarla (variables ecofisiológicas, patométricas) hacen que su estudio sea más complejo. Por otro lado, se ha sugerido que las especies de plantas cultivadas a menudo sufren severas pérdidas de rendimiento ante relativamente bajos niveles de infección, mientras que se presume que sus especies silvestres emparentadas son más tolerantes. Es probable que el mejoramiento genético, en el proceso de seleccionar genotipos por elevados rendimientos, haya originado cultivares cuya capacidad fotosintética opera a niveles cercanos de su capacidad máxima, por lo que existirían menores niveles de compensación por parte de la planta en respuesta a enfermedades foliares en variedades modernas. Es por ello que la evidencia en la literatura (Parker *et al.* 2004; Bingham *et al.* 2009; Newton 2016; Fleitas 2017; van den Berg *et al.* 2017) sugiere que la tolerancia a enfermedades en trigo estaría asociada a cultivares con menor potencial de rendimiento en ausencia de la enfermedad, dada por una mayor capacidad de compensación comparado con otros de mayor potencial de rinde. Sin embargo, hasta el momento, esta hipótesis no ha sido comprobada de manera rigurosa y es un aspecto que requiere mayores investigaciones. En este sentido, evaluar la tolerancia a enfermedades fúngicas foliares en un set amplio de genotipos, detectar nuevos atributos ecofisiológicos que puedan explicarla y realizar la posterior localización de estos atributos mediante mapeo por asociación podría ser una herramienta promisorio para el manejo de enfermedades foliares en trigo y contribuir en un futuro a la mejora genética del cultivo.

En general, los modelos que cuantifican tolerancia se basan en el cálculo de la pendiente de la regresión entre la cuantificación de la enfermedad y el rendimiento de grano dentro de cada cultivar. La medición del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) es un método sencillo y rápido, pero no provee información sobre los mecanismos responsables de las diferencias en tolerancia, pudiendo existir variaciones entre cultivares, localidades y años

(Newton *et al.* 1998, 2000; Schierenbeck 2015). Esta falta de consistencia puede deberse a que el cálculo del ABCPE, basado en la escala de severidad, no brinda información sobre el área funcional de tejido sano remanente y puede llevar a confusiones en mediciones a fines de ciclo del cultivo donde es difícil distinguir entre senescencia natural y la producida por patógenos (Parker *et al.* 2004; van den Berg *et al.* 2017). Variables más robustas son las que utilizan la medida absoluta de la duración del área foliar verde (DAFV) o la radiación interceptada (Parker *et al.* 2004; Foulkes *et al.* 2006), aunque su practicidad es relativamente menor comparada con las evaluaciones de severidad.

Para un rango limitado de variedades se han encontrado diferencias en tolerancia a la mancha de la hoja a nivel mundial (Ziv & Eyal 1978; Zuckerman *et al.* 1997) y a roya de la hoja (Caldwell *et al.* 1958; Roberts *et al.* 1984) en tanto que no se dispone de información respecto a la mancha amarilla. Por otro lado, en nuestro país, se han llevado a cabo estudios de tolerancia a mancha de la hoja sobre cultivares comerciales donde se ha determinado que algunos de ellos presentan moderados niveles de tolerancia frente a la enfermedad (Castro 2016; Castro & Simón 2016). Sin embargo, no se ha estudiado formalmente la existencia de tolerancia a la mancha amarilla o a la roya de la hoja sobre cultivares comerciales argentinos, consideradas como las enfermedades mas importantes en nuestro país y en varias regiones trigueras del mundo.

2.1.2. Efecto de las enfermedades foliares sobre el rendimiento, la removilización y acumulación en granos y absorción de N en post-antesis

Los componentes numéricos del rendimiento en trigo están determinados por el número de espigas/m² (NESP), el número de granos/espiga (NGE) y el peso de mil granos (PMG). Los primeros dos componentes están determinados por la producción y supervivencia de macollos y por la producción, supervivencia y fertilización de flores por espiguilla procesos que se definen previo a antesis a excepción de este último (Borras *et al.* 2004). Por su parte, el PMG depende del tamaño potencial del grano (establecido por el número de células endospermáticas), de la tasa de acumulación de materia seca y de la duración del periodo de llenado (Serrago *et al.* 2009). El efecto de las enfermedades foliares sobre los componentes del rendimiento puede ser tanto el NGE como el peso de los mismos dependiendo de la etapa de desarrollo en la que se produce la infección y el grado de incidencia y severidad de mismas (Madden & Nutter 1995; Ishikawa *et al.* 2011). En este sentido, epifitias de enfermedades foliares que se desarrollan durante estadios tempranos de crecimiento del cultivo, reducirán el rendimiento por mermas en el NESP y el NGE debido a que la infección se produce en el periodo donde son determinados estos componentes (Bingham *et al.* 2009). Cualquier reducción del NESP disminuirá el tamaño del canopeo y como

resultado, epifitias en pre-antesis pueden restringir simultáneamente tanto las estructuras de fuente (fotosintéticas) como de destinos (número potencial de granos). El término de fuente hace referencia al suplemento de fotoasimilados proveniente de la fotosíntesis durante el periodo de llenado, de las reservas temporalmente almacenada en los tallos y en menor medida de espigas y aristas (Maydup *et al.* 2010). Por su parte, el término de destinos, refiere a las estructuras demandantes de fotoasimilados como los granos en desarrollo o por órganos no fotosintéticos metabólicamente activos. Las epifitias tardías pueden reducir el NGE y el PMG ya que reducen el área foliar verde de las hojas superiores previamente formadas y desplegadas (Bingham *et al.* 2009). Las principales enfermedades foliares presentes en Argentina tienden a tener un impacto relativamente bajo sobre la producción y supervivencia de macollos y por lo tanto en el NESP. Por lo que las principales causas de pérdida de rendimiento debidas a enfermedades foliares derivan fundamentalmente de las disminuciones provocadas sobre NGE y el PMG (Serrago *et al.* 2009; Carretero 2010; Schierenbeck 2015).

En general el impacto negativo de las enfermedades foliares se ha enfocado en forma directa como un efecto sobre el rendimiento y los componentes numéricos que lo conforman, haciéndose poco hincapié en el origen de esa reducción cuantitativa, explicada por los cambios que estos patógenos producen en los sistemas fisiológicos responsables de la producción y distribución de asimilados dentro de la planta (Schierenbeck 2015). Además, numerosos trabajos relacionan las pérdidas de rendimiento con enfermedades a nivel de planta y no a nivel de cultivo, usando mediciones de incidencia y severidad o modelos basados en el ABCPE (Shaner & Finney 1977). Estos últimos, a pesar de ser muy útiles en la práctica debido a la simplicidad de la determinación, están generalmente restringidos a las situaciones específicas donde fueron desarrollados originalmente y poseen un limitado grado de extrapolación a otras condiciones (Gaunt 1995). Es por ello que algunos autores sostienen que es necesario complementar estas evaluaciones con variables relacionadas a la ecofisiología del cultivo (Parker *et al.* 2004; Serrago *et al.* 2009; Carretero *et al.* 2010; Schierenbeck *et al.* 2016).

El impacto de las enfermedades foliares sobre los atributos ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento presenta resultados contrastantes. Para algunos autores el impacto negativo de los patógenos sobre los componentes ecofisiológicos de rendimiento está dada en mayor medida sobre la Ei del cultivo (Waggoner & Berger 1987; Robert *et al.* 2004) en tanto que para otros el impacto es mayor sobre la EUR (Shah *et al.* 2004). Por otro lado, algunos trabajos señalan que el efecto de las enfermedades sobre la EUR parece contribuir a la

disminución del rendimiento, pero no es predominante (Rabbinge *et al.* 1985); en tanto que para otros, dicho efecto no es significativo (van Oijen 1990).

A partir de los efectos diferenciales que patógenos de diferente hábito nutricional ejercen sobre la dinámica del N y los hidratos de carbono, la información sobre el efecto de enfermedades foliares sobre el contenido de proteínas en grano presenta resultados contrastantes (Clark 1993; Kelley 1993; Herrman *et al.* 1996; Simón *et al.* 1996; Puppala *et al.* 1998; Arabi *et al.* 2007; Blandino & Reyneri 2009; Liaudat 2011; Fleitas *et al.* 2015; Castro 2016; Fleitas *et al.* 2017). Trabajos realizados por Dimmock & Gooding (2002b) y Gooding (2006) indican que los patógenos biotróficos en general disminuyen la concentración de proteínas en grano, debido a que el patógeno provoca mayor daño sobre la acumulación y partición del N en el grano que el que provoca sobre la acumulación y partición de carbohidratos. En este sentido, Fleitas *et al.* (2015, 2018a) verificaron disminuciones en el contenido de proteínas en grano en los tratamientos enfermos con roya de la hoja. Asimismo, Caldwell *et al.* (1934) y Greaney *et al.* (1941) hallaron que la infección con *P. tritici* en los cultivares más susceptibles incrementó la concentración de proteínas en tallos y hojas y redujo la concentración en el grano.

Cuando se trata de patógenos necrotróficos o hemibiotróficos como es el caso de las manchas foliares, frecuentemente ocurre una situación inversa. Cuando *M. graminicola* (hemibiotrófico) es el patógeno dominante, la concentración proteica del grano se incrementa ya que el patógeno tiene un mayor impacto sobre la producción y acumulación de carbohidratos (Puppala *et al.* 1998; Gooding *et al.* 2007). Autores como Liaudat (2011) y Castro (2016) documentaron incrementos en la proteína con aumentos en la severidad de mancha de la hoja, en tanto que, con la aplicación de fungicidas, la misma se redujo. Por su parte, para el caso particular de *Py.tritici-repentis* se dispone de escasa información sobre su influencia en la concentración de N en el grano. En este sentido Schierenbeck *et al.* (2014b) y Fleitas *et al.* (2018b) documentaron que incrementos en la concentración de inóculo de ese patógeno generó aumentos en el %NG respecto a testigos protegidos. Este incremento de proteína se explica por una disminución del área foliar en el periodo de llenado del grano generando una merma en la generación de carbohidratos, con lo cual, hay un efecto de “concentración” de proteínas y, por lo tanto, el porcentaje de las mismas aumenta. Sin embargo, el control de la enfermedad por medio de fungicidas hace que se mantenga el área verde y que el proceso de llenado se lleve a cabo con normalidad, causando un efecto contrario, es decir, “diluyendo” la proteína (Dimmock & Gooding 2002a).

En un mismo sentido, se ha indicado que el hábito nutricional de los patógenos fúngicos podría ser afectado en forma diferencial la dinámica del N en la planta. Se ha demostrado que

las enfermedades foliares causadas por patógenos biotróficos a menudo disminuyen la removilización de nitrógeno (NREM) al grano a través de la retención del N en las partes enfermas de las plantas (Bastiaans 1993). Algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N, en el caso de epifitias que ocurren antes de la floración, sin embargo, raramente afectan la absorción de N en post-antesis (NPA) (Bastiaans 1993). Sin embargo Bancal *et al.* (2008) determinaron que las infecciones naturales en post-antesis de *P.triticina* y *S.tritici* afectan más la NPA que el NREM, en tanto que Barbottin *et al.* (2005) encontraron que las variaciones en el rendimiento final de N también dependen en gran medida de la captación de N post-antesis y de la presión de las enfermedades durante el periodo de llenado del grano. Estudios realizados por nuestro grupo de investigación en cultivares argentinos (Schierenbeck *et al.* 2014b) encontraron que tratamientos inoculados con un patógeno biotrófico (*P.triticina*) tuvieron una mayor disminución en el N acumulado en granos (NG, g.m⁻²), que aquellos inoculados con un patógeno necrotrófico (*Py. tritici-repentis*). Por su parte, recientemente Castro (2016) documentó en nuestro país reducciones en el NREM y NG, en tanto que no detectó efectos significativos sobre el NPA ante incrementos en la dosis de inóculo de mancha de la hoja. Si bien hay algunos trabajos que han mencionado algunas respuestas generales del efecto de las enfermedades foliares sobre la dinámica del N, la información disponible sobre su efecto en el contenido de proteína (%CPG) o %N en grano, la NPA, acumulación en granos y NREM es escasa dado que la mayoría de los trabajos focalizan en analizar el impacto de factores abióticos como precipitaciones, temperaturas y fertilización nitrogenada sobre las mismas. Hasta el momento, los trabajos que analizan el efecto de enfermedades foliares sobre la absorción y translocación del N hacia los granos son en general con infecciones naturales de enfermedades foliares y utilizan la severidad o el ABCPE para cuantificar la enfermedad, no existiendo información sobre el contenido de nitrógeno del grano de trigo y dinámica del N por patógenos de diferente hábito nutricional inoculados separadamente.

En un mismo sentido, es también escasa la información disponible sobre la tolerancia a enfermedades fúngicas foliares y la bibliografía disponible se focaliza en analizar la tolerancia en relación a la pérdida de rendimiento. Más aún, los trabajos disponibles son en general con infecciones naturales de enfermedades foliares y no existe información sobre el efecto de enfermedades inoculadas separadamente. Teniendo en cuenta que, el contenido de proteínas en grano se encuentra determinado por efectos de dilución y concentración (dado que la deposición de proteínas y de almidón son controlados por mecanismos separados e independientes) podría esperarse que aquellos cultivares tolerantes a la pérdida de rendimiento, experimenten también menores variaciones del contenido de proteína en grano cuando son afectados por enfermedades

foliares. Además, podrían existir diferencias genotípicas que condicionen esta respuesta como diferencias en susceptibilidad y otras características genotípicas de los distintos cultivares como potencial de rendimiento o aptitud panadera (grupos de calidad), que condicionan la manera en que las proteínas y consecuentemente la calidad, puede ser afectada por los patógenos. En este sentido, Dimmock & Gooding (2002a) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor calidad).

Este trabajo toma en cuenta que la información sobre el comportamiento de tolerancia de cultivares frente a la mancha amarilla y roya de la hoja a la pérdida de rendimiento y la dinámica del N en la planta es inexistente en nuestro país y a nivel mundial. Por otra parte, la información sobre la relación entre la tolerancia y el potencial de rendimiento es escasa y se desconoce la influencia del comportamiento de tolerancia de los cultivares de trigo y su influencia sobre la dinámica del N en la planta. Frente a estas incógnitas se plantean las siguientes **hipótesis**:

A. Hipótesis

- I. Existen diferencias en tolerancia en genotipos de trigo a la disminución de rendimiento frente al patógeno necrotrófico *Py. tritici-repentis*, agente causal de la mancha amarilla.
- II. Existen diferencias en tolerancia en genotipos de trigo a la disminución de rendimiento frente al patógeno biotrófico *P. triticina*, agente causal de la roya de la hoja.
- III. La tolerancia de los cultivares de trigo difiere según el hábito nutricional (necrótrofo / biótrofo) del hongo patógeno con el que interactúa.
- IV. Incrementos en la severidad ante inoculaciones de *P.triticina* generan reducciones en algunas de las variables vinculadas a la dinámica del N en el cultivo tales como la removilización de N, %N en grano y acumulación de N en grano superiores a *Py. tritici-repentis* a partir de reducciones en la generación de biomasa y mayores disminuciones en la ERN e ICN por retención de N en partes vegetativas y pústulas del hongo
- V. Diferencias genotípicas en tolerancia condicionan un efecto distinto de estas enfermedades sobre la removilización y absorción de N al incidir en el rendimiento y por consecuencia en la concentración de N en el grano

- VI. Cultivares de diferentes grupos de calidad presentan una acumulación diferencial de N en el grano, por lo que también presentan un efecto diferencial en la removilización y absorción de N post-antesis cuando son afectados por las mencionadas enfermedades foliares

B. Objetivos

Los objetivos específicos para este capítulo fueron:

- I. Evaluar el impacto de las diferencias genotípicas en tolerancia para rendimiento en trigo frente a *Py. tritici-repentis* y *Puccinia triticina* sobre la removilización de N de las partes vegetativas al grano y sobre la absorción de N post-antesis

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Datos climáticos y de suelo

Los ensayos se llevaron a cabo durante 2012 y 2013 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 52' LS; 57° 58' LO). El suelo fue un Argiudol típico (Serie Los Hornos) con los siguientes resultados de análisis (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Resultados del análisis de suelo en el sitio de los ensayos a dos profundidades

	<i>Profundidad 0-20 cm</i>	<i>Profundidad 20-40 cm</i>
<i>pH (1:2,5)</i>	6,15	5,89
<i>Carbono [%]</i>	1,92	
<i>Materia Orgánica [%]</i>	3,31	
<i>Nitrógeno total [%]</i>	0,170	
<i>Nitratos [ppm]</i>	26,3	22,5
<i>Fósforo [ppm]</i>	16,1	

Durante el ciclo del cultivo se registró diariamente la temperatura media, precipitaciones, humedad relativa y radiación incidente en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos.

2.2.2. Preparación suelo y diseño del ensayo

Se utilizó un diseño experimental en parcela principal dividida con tres repeticiones y testigos apareados. Las parcelas principales correspondieron a las inoculaciones con cada uno de los dos patógenos: 1-*Py. tritici-repentis* y 2-*P. triticina*. La sub-parcela fueron los tratamientos de inoculación: 1-sin inóculo (SI); 2-con baja concentración de inóculo de cada patógeno (BCI); 3-

con alta concentración de inóculo de cada patógeno (ACI). Como sub-sub-parcela se sembraron diez cultivares de trigo de ciclo intermedio-largo y similar ciclo ontogénico seleccionados en 2012 de la Red Oficial de Ensayos Territoriales por poseer en años previos diferente susceptibilidad y aparentes diferencias en tolerancia frente a *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, cuantificada como pérdida de rendimiento. Los cultivares seleccionados se indican y detallan en la Tabla 2.2.

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional, mediante disco, rastra y rolo. En las parcelas se realizó un barbecho químico con glifosato y en post-emergencia temprana se aplicaron 100 cm³ Misil® + 5 g/ha (dicamba 48% -metsulfurón metil 60%). La siembra de los diez cultivares se realizó en forma simultánea durante el mes de Junio (15 de junio de 2012 y 26 de junio de 2013) con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de 250 pl/m² (Fig. 2.1). Las parcelas experimentales tuvieron un largo de 5,50 m y un ancho de 1,40 m, siendo la superficie de cada una 7,7 m². Entre las sub-parcelas de inoculación se realizó la intersiembra (7,7 m²) de avena (*Avena sativa* L) para disminuir el traspaso de inóculo entre parcelas y para evitar el “efecto bordura”. Además, en la parcela principal inoculada con *P. triticina* se sembró una bordura con una mezcla de cultivares susceptibles a la enfermedad (Nidera Baguette 21 y Nidera Baguette 30, Fig. 2.3) para facilitar la inoculación de las parcelas con dicho patógeno. Las parcelas principales estuvieron distanciadas al menos 200 m para minimizar el riesgo de traspaso de inóculo.

El esquema de fertilización consistió en la aplicación dividida de 100 kg N/ha en dos momentos bajo la formulación de urea granulada (46-0-0). La primera fertilización se realizó a la siembra y la segunda a fines de macollaje (EC24) (Zadoks *et al.* 1974). La fertilización fosforada se realizó a la siembra mediante fosfato tricálcico granulado (0-46-0) a razón de 50 kg/ha.

Tabla 2.2. Breve descripción de los cultivares de diferente grupo de calidad (GC) utilizados en el ensayo (información brindada por los criaderos)

CULTIVAR	GC	DESCRIPCIÓN
ACA 315 (A315)	1	Ciclo Largo a intermedio de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium.
Klein Yará (KYará)	1	Ciclo intermedio a largo de porte vegetativo erecto. Susceptible a roya de la hoja, MR a mancha amarilla. MR a Fusarium
Sursem LE 2330 (SLE2330)	1	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja, MS a septoriosis, mancha amarilla y Fusarium.
Nidera Baguette 11 (Bag11)	2	Ciclo Intermedio a Largo. De porte vegetativo semi-erecto. MS a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS-MR a mancha amarilla y Fusarium.
Buck SY 100 (BSY100)	2	Ciclo intermedio de porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja. MR a mancha amarilla y MR a Fusarium.

ACA 303 (A303)	3	Ciclo intermedio a Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium.
Nidera Baguette 17 (Bag17)	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS a MR a mancha amarilla, MS a Fusarium.
Nidera Baguette 18 (Bag18)	3	Ciclo Intermedio. De porte vegetativo semi-rastrero. Susceptible a roya de la hoja, MR a septoriosis, MR a mancha amarilla, MS a MR a Fusarium.
BioINTA 3004 (BINTA3004)	3	Ciclo Largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla. MS a Fusarium.
Klein Guerrero (KGuerrero)	3	Ciclo Largo. De porte vegetativo semi-rastrero. MR a roya de la hoja, septoriosis, mancha amarilla y Fusarium.

MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente susceptible.

2.2.3. Preparación del inóculo

Para *Py. tritici-repentis* se utilizó una mezcla de aislados (G327; G375; H017 y 25M) obtenidos de diferentes regiones del país (Gualectuaychú, Provincia de Entre Rios; La Plata, Provincia de Buenos Aires y 25 de mayo, Provincia de Buenos Aires). El medio de cultivo fue caldo V8®, que fue autoclavado y vertido en cajas de Petri (Fig. 2.2). Posteriormente se multiplicó el inóculo mediante sucesivos repiques en flujo laminar (Fig. 2.2). Las cajas fueron incubadas durante 15-21 días a 23 °C ± 2 °C en alternancia de luz y oscuridad para favorecer la esporulación del hongo siguiendo el protocolo sugerido por Raymond & Bockus, (1982). Una vez cumplido ese lapso, se rasparon las cajas mediante agua destilada estéril y un cepillo para extraer el micelio y conidios infectivos, obteniéndose una suspensión concentrada, sobre la que se realizaron diluciones para lograr suspensiones de diferente concentración (Fig.2.2). La suspensión de baja concentración (BCI) fue ajustada a 3×10² esporas/ml y la de alta concentración (ACI) a 3×10³ esporas/ml (Jordahl & Franci 1992; Ali & Franci 2003), ambas contadas con un hemocitómetro (cámara de Neubauer).

Para la inoculación con *P. triticina* se utilizó una mezcla de razas de alta frecuencia en nuestra zona triguera y virulentas sobre los cultivares en estudio (MDP, MFP, TDT 10-20, TFT 10-20 y MDT 10-20), provistas por el Ing. Pablo Campos del INTA Bordenave y por el Ing. Francisco Sacco del INTA Castelar. Para la multiplicación del mismo se sembraron, dos meses antes que el ensayo a campo, dos variedades susceptibles (Baguette 21 y Baguette 30) en macetas en invernáculo con condiciones controladas de humedad y temperatura (Fig. 2.3). Para la vehiculización del inóculo, se utilizó talco común y se lo espolvoreó sobre las hojas. Semanalmente se recolectaron esporas para utilizarlas posteriormente en la inoculación de los ensayos (Fig. 2.3).

En las parcelas inoculadas con *Py. tritici-repentis* se realizaron dos aplicaciones de inóculo: a fines de macollaje (EC24) y en hoja bandera desplegada (EC39). Para ambas concentraciones (BCI y ACI) se utilizaron 800 ml de suspensión (inóculo, agua destilada y coadyuvante Tween 20, a razón de 0,5 ml/l suspensión) por parcela y por aplicación. Dentro de las 48 horas posteriores a la inoculación se efectuaron sucesivas pulverizaciones con agua para mantener las condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de la enfermedad, siguiendo ciclos de mojado de 10 a 15 min cada 2 horas. La inoculación con *P. tritici* se realizó en los mismos estadios que para *Py. tritici-repentis*, pulverizando las borduras cercanas al tratamiento BCI con 0,2 mg de esporas del patógeno por planta y con 0,5 mg de esporas por planta en ACI (Shtaya 2015) (Fig. 2.3). Además, dentro de las parcelas de ACI se colocaron dos macetas con plantas de trigo inoculadas con el patógeno y una maceta en las parcelas de BCI para aumentar la cantidad de inóculo del patógeno en forma diferencial entre tratamientos (Fig. 2.3).

Para las sub-parcelas que no fueron inoculadas se realizó la aplicación del fungicida Orquesta™ Ultra (fluxapyroxad 50 g/l, epoxiconazole 50 g/l y pyraclostrobin 81 g/l) para disminuir la infección natural y la fuente de inóculo proveniente de los otros tratamientos. El producto fue aplicado en pleno macollaje (EC23) y en EC39, con una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano (Fig. 2.1). El volumen de aplicación fue de 140 l/ha a una dosis de 1,2 l/ha de producto.

2.2.4. Evaluaciones a campo

Las evaluaciones consistieron en la determinación de la severidad de cada enfermedad mediante estimación visual, expresada como porcentaje de hoja cubierta por necrosis y clorosis de las enfermedades presentes en la hoja (predominando aquella cuyo agente causal fue inoculado). La severidad fue evaluada en siete a diez plantas tomadas al azar por cada parcela. Las evaluaciones se realizaron en los estadios EC39 (109 días después de emergencia) y antesis (EC60) (128 después de emergencia) con observaciones sobre todas las hojas con tejido verde. La tercera evaluación se realizó en grano pastoso (EC82) (148 días después de emergencia) y fue realizada sobre la hoja bandera. Con las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el ABCPE siguiendo la fórmula desarrollada por Shaner & Finney (1977).

El índice de área foliar total (IAFT) se estimó mediante el conteo de macollos en 2 m lineales de cada parcela y la medición (largo y ancho) de todas las hojas con al menos una porción de tejido verde de un total de siete macollos y teniendo en cuenta un factor de forma de 0,835 sugerido por Miralles & Slafer (1990) que fue obtenido a partir de la medición de largo, ancho y superficies de las hojas y estimando su asociación. Mediante las estimaciones de severidad se

calculó el índice de área foliar verde (IAFV) en las tres evaluaciones (EC39, EC60 y EC82). Con las medias IAFV de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva del índice de área foliar verde [duración de área foliar verde (DAFV)] siguiendo la formula desarrollada por Waggoner & Berger (1987). La tasa de caída del IAFV (IAFV/día) durante el periodo EC39-EC82 se calculó como la pendiente de la regresión de los valores de IAFV en cada estadio y los días desde emergencia a la fecha de estas evaluaciones.

Se determinaron a cosecha los componentes de rendimiento: El NESP, mediante el conteo en tres fracciones de 1 m lineal en cada parcela y el NGE por trilla de 20 espigas de cada parcela que fueron utilizados para calcular el número de granos por m² (NGT). Por su parte, el PMG se calculó mediante el conteo y peso de los granos obtenidos por la trilla de 20 espigas. Se determinó la biomasa aérea en EC 60 y EC 95 para lo cual se extrajeron 1,50 m lineales de plantas en cada parcela, se eliminaron las raíces y se pesó obteniendo de esa manera el peso fresco. Posteriormente se pesó una alícuota (100 g) que fue secada en estufa a 60 °C hasta peso constante (aprox. 72 h) y utilizada para estimar el peso seco de la totalidad del muestreo de cada parcela. El % de N fue determinado por el método de microKjeldahl (AOAC 1970) en antesis y madurez previa división del material en paja, granza y granos. A partir del % de N y la materia seca correspondiente, se estimó el N total acumulado en g.m⁻² en estos estadios. Se calculó el N removilizado desde los órganos vegetativos (NREM) como: N vegetativo en antesis (g.m⁻²) - N vegetativo a cosecha (g.m⁻²), el N absorbido post-antesis (NPA) como: N total a la cosecha (g.m⁻²) - N total en antesis (g.m⁻²) y el N acumulado en los granos (NG) como: Rendimiento (g.m⁻²) x (% N grano/100) (Bancal *et al.* 2008). La eficiencia en la removilización de nitrógeno (ERN) fue calculada como el N acumulado a floración que fue posteriormente removilizado (NREM/Nant), en tanto que el índice de cosecha de N fue calculado como: N acumulado en planta entera a madurez (Ncos) /N acumulado en granos (NG) (Barbottin *et al.* 2005).



Figura 2.1: a y b) Siembra de los ensayos; c) Tamaño de las parcelas (7,7m²); d) Vista parcial de la parcela principal de Mancha amarilla; e) Muestreo en EC39; f) Aplicación de fungicidas en parcelas SI; g) Cosecha parcelas; h) traslado material; i) trilla del material



Figura 2.2: Preparación de inóculo e inoculaciones de *Py. tritici-repentis*

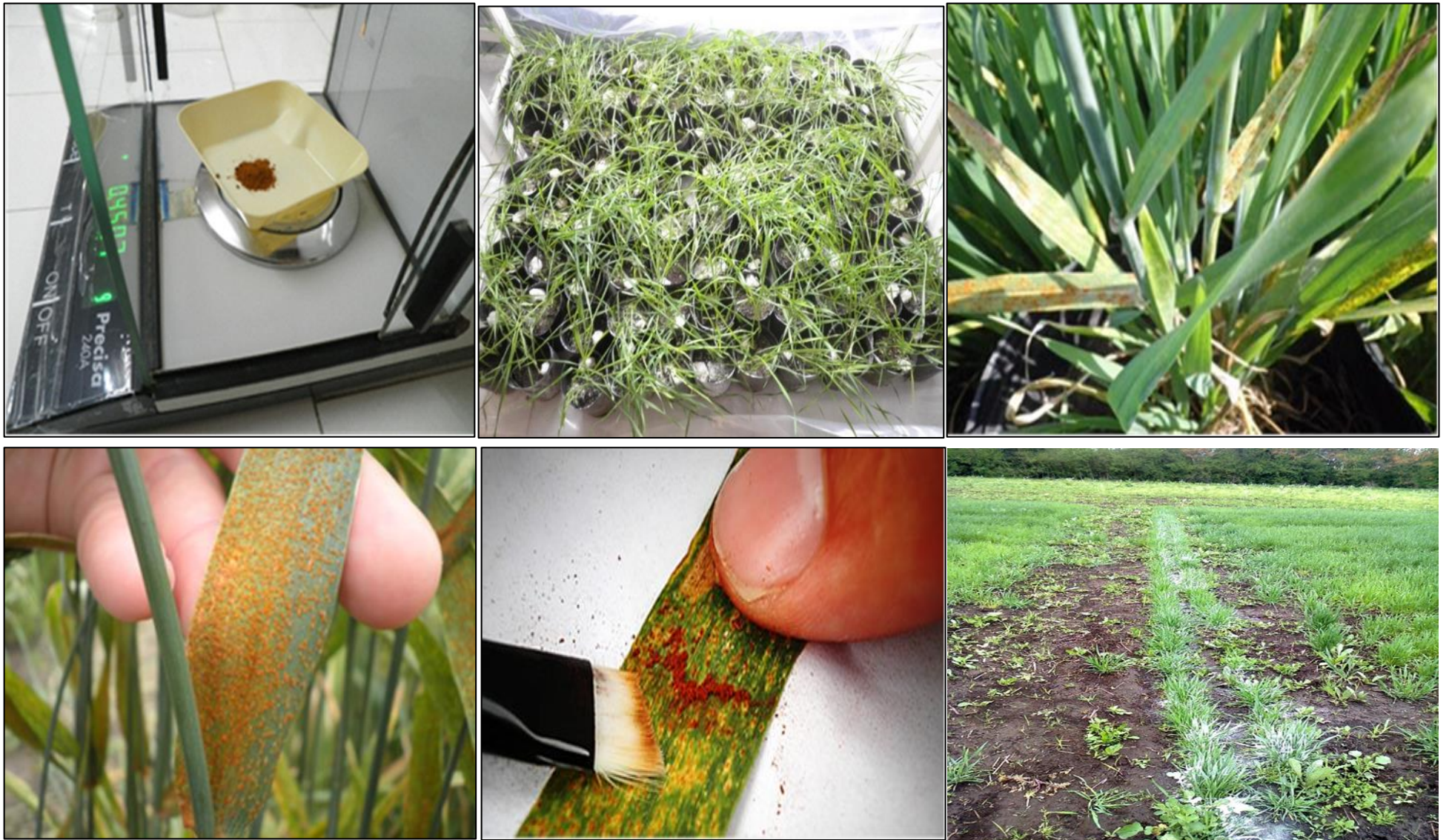


Figura 2.3: Multiplicación de inóculo e inoculaciones de *P.triticina*

2.2.5 Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante un ANVA para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition (VSN 2009). Las medias se compararon mediante el test LSD ($p=0,05$). Para algunas variables, el test LSD ($P<0,10$) se consideró significativa, debido a importantes diferencias agronómicas entre los rasgos. Además, se determinó la tolerancia de cada cultivar mediante regresiones lineales, utilizando la DAFV en cada tratamiento de inoculación como variable independiente y el rendimiento como variable dependiente. A su vez se relacionaron los coeficientes b (pendientes de las rectas) de cada cultivar con los grupos de calidad y su asociación con las variables relacionadas a la dinámica del N.

2.3. Resultados

2.3.1. Condiciones climáticas

Durante el año 2012 se registraron mayores precipitaciones en los meses de junio, agosto, octubre y diciembre con respecto al año 2013. Si se tiene en cuenta la precipitación acumulada entre julio y noviembre en 2012 se registraron 522 mm, en tanto que en 2013 se registraron 373 mm para el mismo periodo (Tabla 2.3). Las temperaturas medias presentaron valores más elevados a partir de encañazón hasta fin de ciclo (agosto a noviembre) en 2012 con respecto a 2013. La humedad relativa fue considerablemente superior durante 2012 que en 2013 (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Temperatura media, máxima y mínima (°C); humedad relativa (%) y precipitaciones (mm) mensuales durante el periodo de cultivo en 2012 y 2013 en Los Hornos, Buenos Aires, Argentina. Se incluyen valores climáticos de referencia (temperatura media y precipitaciones periodo 1964-2009)

	Temperatura (°C)							Humedad relativa media (%)		Precipitación (mm)		
	2012			2013			Serie 1964-2009	2012	2013	2012	2013	Serie 1964-2009
	Media	Max	Min	Media	Max	Min						
Jun	10,0	15,4	5,20	10,0	16,0	4,50	10,6	77,0	84,0	22,2	10,4	54,3
Jul	7,10	13,2	1,50	9,80	14,8	5,10	10,2	71,0	87,0	13,4	46,0	62,1
Ago	12,3	16,3	8,40	10,0	16,0	4,50	11,5	89,0	73,0	223	7,20	59,2
Sep	13,6	18,9	8,60	11,9	17,0	7,30	13,5	88,0	84,0	52,4	151	67,9
Oct	16,6	21,1	12,2	16,1	21,5	11,1	16,5	90,0	83,0	192	28,8	96,1
Nov	20,1	25,9	14,2	18,9	24,3	13,6	19,2	82,0	83,0	41,2	141	98,6
Dic	22,6	28,2	16,4	24,2	30,8	17,7	22,3	84,0	71,0	144	30,3	80,6
Media	14,6	19,8	9,50	14,41	20,0	9,1	14,8	83,0	80,7	688	414	519

2.3.2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y duración del área foliar verde (DAFV) ante infecciones de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

El ABCPE estuvo afectado por la variación entre años, el tipo de patógeno, los tratamientos de inoculación y los cultivares (Tabla 2.4 y 2.5). Asimismo, existieron diferencias significativas para interacciones dobles y triples (Tabla 2.4). En 2012 y para ambas enfermedades, se detectaron niveles de ABCPE superiores en relación a 2013 (Fig. 2.4). En ambos años, el tratamiento sin inóculo presentó menores valores de ABCPE diferenciándose significativamente de los tratamientos de BCI y ACI, que a excepción de inoculaciones con *P. triticina* en 2013, siempre mostraron diferencias significativas entre sí (Fig. 2.4). El rango de valores de ABCPE de mancha amarilla en 2012 fue de 1360 (sin inóculo) a 1905 (ACI), lo que implicó un aumento del +40,1% en el nivel de enfermedad. Teniendo en cuenta el mismo año, los valores de ABCPE de roya de la hoja se incrementaron desde 1600 (sin inóculo) a 1997 (ACI), implicando un aumento

del +24,8% (Fig. 2.4). En el año 2013, se presentaron menores niveles de ABCPE en ambas enfermedades evaluadas. Así, para roya de la hoja, el rango de variación fue 636 (sin inóculo) a 1152 (ACI), implicando un incremento del +81,1% en el área afectada por esta enfermedad ante la mayor dosis de inóculo aplicada. En tanto que, para mancha amarilla, los valores fueron desde 833 (sin inóculo) a 1368 (ACI), observándose un incremento del +64,2% (Fig. 2.4; Anexo II Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Valor *p* (ANVA) del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde (DAFV) en tres estadios y tasa de caída del índice de área foliar verde (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	Gl	ABCPE	DAFV (días)	Tasa de caída IAFV EC39-EC82 (IAFV/día)
Año (A)	1	0,008	0,358	0,005
Patógeno (Pa)	1	0,023	0,965	0,005
<i>A x Pa</i>	1	0,458	0,054	0,032
Inoculación (In)	2	<0,001	<0,001	<0,001
<i>A x In</i>	2	0,059	0,967	<0,001
<i>Pa x In</i>	2	0,315	0,060	0,652
<i>A x Pa x In</i>	2	0,068	0,064	0,777
Cultivar (Cu)	9	<0,001	<0,001	<0,001
<i>A x Cu</i>	9	<0,001	<0,001	0,103
<i>Pa x Cu</i>	9	0,180	0,071	0,026
<i>In x Cu</i>	18	<0,001	0,089	0,964
<i>A x Pa x Cu</i>	9	0,019	<0,001	<0,001
<i>A x In x Cu</i>	18	<0,001	0,223	0,972
<i>Pa x In x Cu</i>	18	0,697	0,858	0,438
<i>A x Pa x In x Cu</i>	18	0,939	0,497	0,100
Total	359			

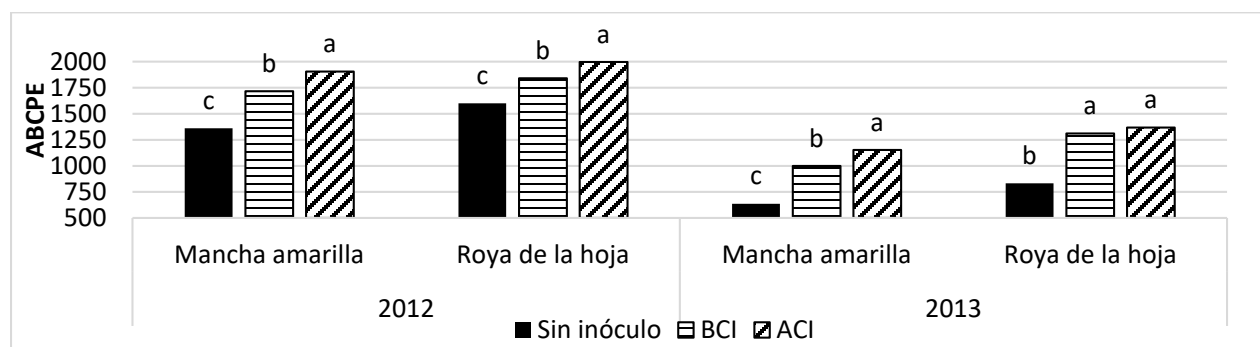


Figura 2.4. Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para la interacción Año \times Patógeno \times Inoculación en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y enfermedad son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La interacción *Año x Patógeno x Cultivar* para el ABCPE (Tabla 2.4) mostró diferencias significativas que estuvieron principalmente explicadas por diferencias entre los genotipos evaluados ante la misma enfermedad y por diferencias entre los años evaluados. En 2012 se observaron valores superiores de ABCPE con respecto a 2013 para ambas enfermedades y en todos los cultivares evaluados (Fig. 2.5). En este sentido, se observaron importantes diferencias entre los genotipos evaluados, siendo KGuerrero el que presentó menores valores de ABCPE para ambos patógenos en los dos años. El rango de ABCPE en 2012 para mancha amarilla varió desde 1402 (KGuerrero) a 1937 (BINTA3004), en tanto que para roya de la hoja varió desde 1585 (KGuerrero) a 2007 (Bag18). En 2013, los valores para esta variable fueron sustancialmente inferiores, presentando la mancha amarilla valores desde 552 (KGuerrero) a 1366 (SLE2330), en tanto que para roya de la hoja el rango de valores fue desde 779 (KGuerrero) a 1741 (SLE2330) (Fig. 2.5; Anexo II Tabla 2.4).

Tabla 2.5. Medias de factores principales del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde (DAFV), tasa de caída del índice de área foliar verde (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

<i>Fuente de Variación</i>	<i>ABCPE</i>	<i>DAFV (días)</i>	<i>Tasa de caída del IAFV (IAFV/día)</i>
<i>Año</i>			
2012	1737	163	-0,172
2013	1050	148	-0,088
<i>Patógeno</i>			
<i>Py. tritici-repentis</i>	1295	156	-0,120
<i>P. triticina</i>	1492	156	-0,141
<i>Inoculación</i>			
<i>Sin inóculo</i>	1107	194	-0,149
<i>BCI</i>	1467	148	-0,125
<i>ACI</i>	1606	125	-0,116
<i>Cultivar</i>			
<i>A303</i>	1263	163	-0,119
<i>KYarará</i>	1389	163	-0,137
<i>SLE2330</i>	1645	138	-0,122
<i>Bag11</i>	1373	147	-0,130
<i>BSY100</i>	1491	143	-0,123
<i>A303</i>	1272	169	-0,133
<i>Bag17</i>	1457	157	-0,135
<i>Bag18</i>	1563	146	-0,134
<i>BINTA3004</i>	1401	149	-0,123
<i>KGuerrero</i>	1080	182	-0,144

En las Figuras 2.6a y 2.6b, se observa la interacción *Año x Inoculación x Cultivar* indicando que los tratamientos BCI y ACI generaron incrementos en el ABCPE en relación al tratamiento sin inocular. Sin embargo, a excepción del cultivar Bag11 (2012), no se detectaron diferencias significativas entre el tratamiento BCI y ACI (Fig. 2.6a). Se observó una importante diferencia

entre cultivares dentro del mismo nivel de inoculación y año evaluado, detectándose menores niveles de progreso de enfermedad en 2013 en nueve cultivares (Fig. 2.6b).

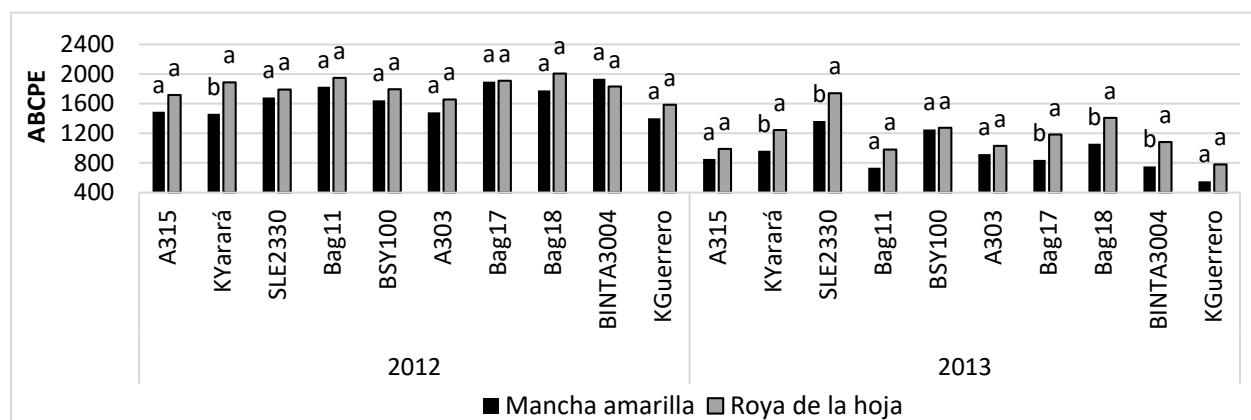


Figura 2.5. Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para la interacción Año x Patógeno x Cultivar en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

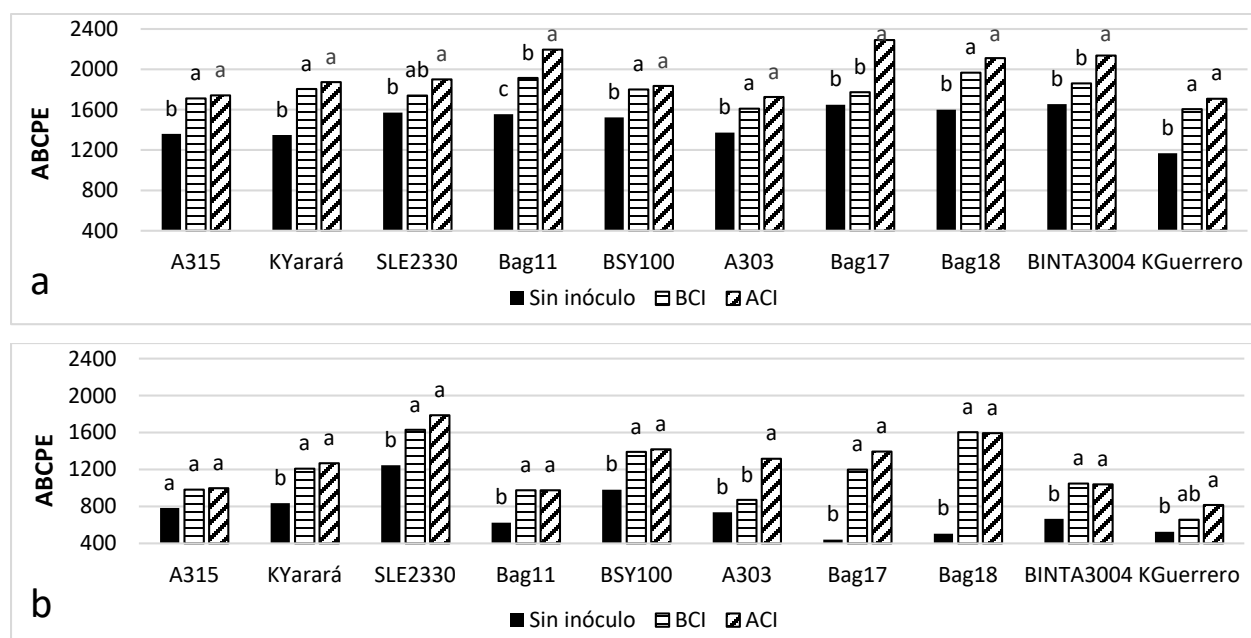


Figura 2.6. Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para la interacción Año x Inoculación x Cultivar en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo en 2012 (a) y 2013 (b). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de inoculación y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La DAFV estuvo afectada por la variación de los tratamientos de inoculación y los cultivares (Tabla 2.4; Anexo II Tabla 2.8). Así, incrementos en la concentración de inóculo provocaron

reducciones promedio del -24,0% (BCI) al -35,4% (ACI) con respecto al tratamiento sin inocular (194 días) (Tabla 2.7, Fig. 2.7). Sin embargo, se observaron diferencias significativas ($p < 0.10$) en la DAFV para la triple interacción *Año* \times *Patógeno* \times *Inoculación* y para *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar* (Tabla 2.4). En ambos años, y con los dos patógenos, el tratamiento sin inóculo presentó valores superiores de DAFV diferenciándose significativamente de los tratamientos de BCI y ACI (Fig. 2.8). No obstante, existieron diferencias de magnitud ya que la disminución de la DAFV debida a mancha amarilla fue del -36,2% en 2012 frente a una alta presión de inóculo del patógeno y del -41,1% en 2013. Comparando los mismos tratamientos, pero en roya de la hoja, la caída en el DAFV fue del -32,4% en 2012 y del -31,9 % en 2013, cuando se comparó el tratamiento de ACI respecto al tratamiento sin inocular (Fig. 2.8). Existieron diferencias significativas de DAFV entre BCI y la ACI para mancha amarilla en los dos años y para roya de la hoja en 2012, sin embargo, no se observaron dichas diferencias con esta última en 2013.

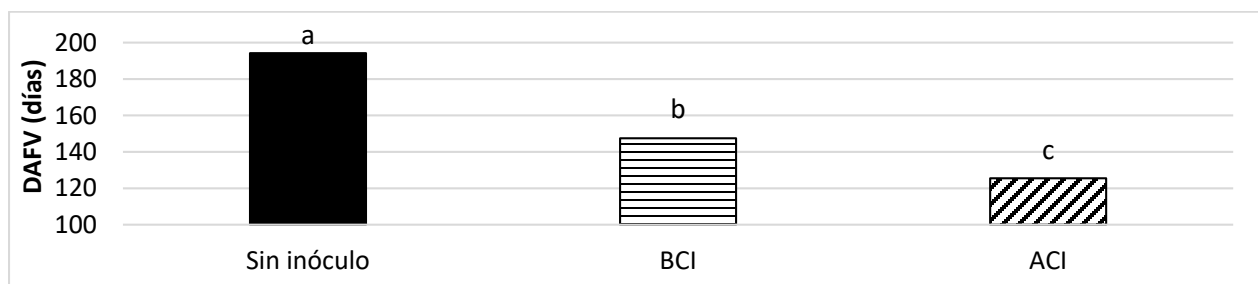


Figura 2.7. Medias de la duración de área foliar verde (DAFV) para el tratamiento *Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (LSD $p=0.05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

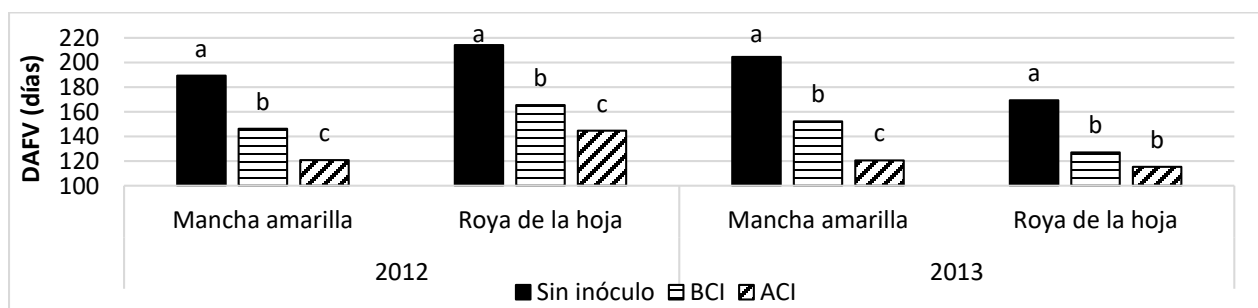


Figura 2.8. Medias de la duración de área foliar verde (DAFV) para la interacción *Año* \times *Patógeno* \times *Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y enfermedad son estadísticamente iguales (LSD $p=0.05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La triple interacción *Año x Patógeno x Cultivar* (Tabla 2.4) estuvo explicada por el comportamiento diferencial de los cultivares frente a las dos enfermedades durante los dos años evaluados. En efecto, los cultivares A315 y SLE2330 no presentaron diferencias de DAFV con los diferentes patógenos en 2012 sin embargo en 2013, la roya de la hoja disminuyó estos valores de manera significativa (Fig. 2.9). Otros cultivares como KYarará y KGuerrero no presentaron diferencias en la DAFV entre patógenos en ambos años. En cambio, cultivares como Bag11, A303, Bag17 y BINTA3004 presentaron menores valores de DAFV con mancha amarilla en 2012 mientras que en 2013 estos valores fueron menores con roya de la hoja (Fig. 2.9).

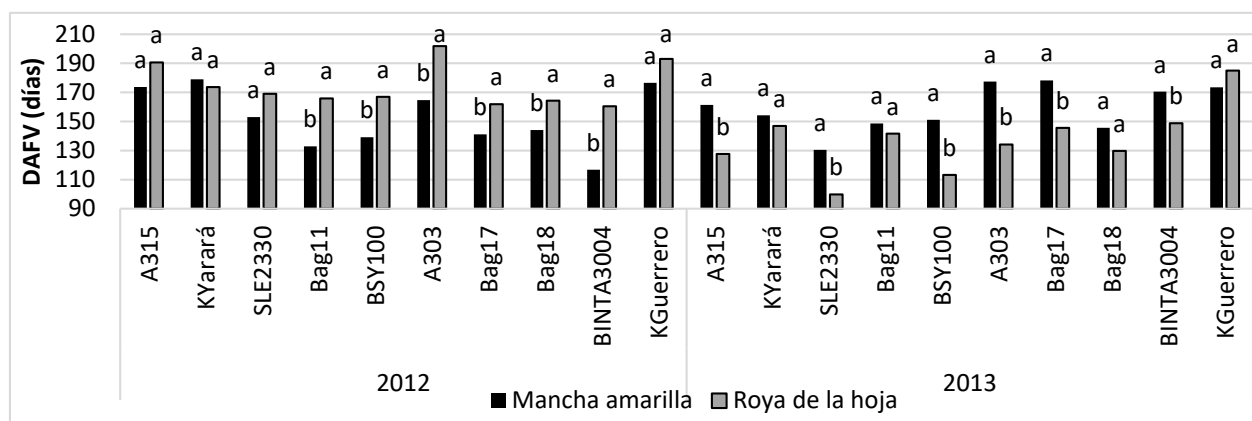


Figura 2.9. Medias de la duración de área foliar verde (DAFV) para la interacción *Año x Patógeno x Cultivar* en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Al igual que la DAFV, la tasa de caída del IAFV en el periodo EC39-EC82 estuvo influenciada por los tratamientos de inoculación y por la interacción *Año x Inoculación* (Tabla 2.4). En ese sentido, si bien las tasas de caída de IAFV presentaron mayores valores promedio en el tratamiento sin inóculo (-0,149 de IAFV/día) con respecto a la baja (-0,125 de IAFV/día) y a la alta concentración (-0,115 de IAFV/día). Para los años de evaluación se detectaron importantes diferencias con respecto a la tasa de caída del IAFV, presentándose mayores valores para el año 2012, concordando con los mayores niveles de enfermedad detectados en ese año. Para el primer año de evaluación, el tratamiento sin inóculo presentó una tasa de -0,198 IAFV/día, en tanto que los tratamientos inoculados presentaron valores de -0,167 IAFV/día (BCI) y -0,151 IAFV/día (ACI) (Anexo II, Tabla 2.9). Por su parte en 2013, el tratamiento sin inóculo mostró una tasa de caída de -0,100 IAFV/día y los tratamientos inoculados una tasa de -0,083 IAFV/día (BCI) y de -0,080 IAFV/día (ACI) (Anexo II, Tabla 2.9). Si bien los tratamientos sin inocular presentaron mayores valores de tasas de caída, debe considerarse que en las evaluaciones de EC39 y EC82

se presentaron valores de IAFV significativamente superiores para este tratamiento (Anexo II, Tabla 2.5 y 2.7).

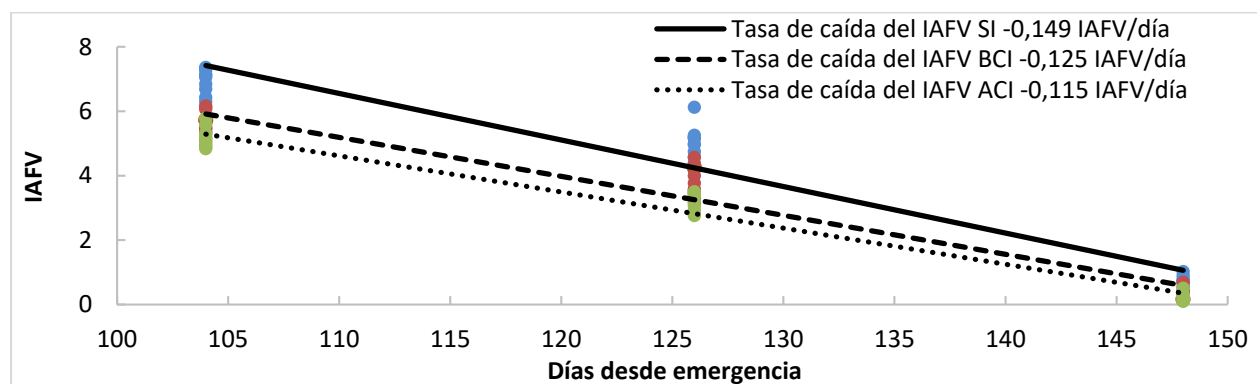


Figura 2.10. Índice de área foliar verde (IAFV) promedio en los estadios de hoja bandera (EC39), antesis (EC60) y grano lechoso (EC82) en función de los días desde emergencia para la interacción *Inoculación x Cultivar* en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares durante 2012 y 2013. Las líneas punteadas representan el ajuste promedio para todos los genotipos con los tres tratamientos de inoculación, ● SI: sin inóculo; ● BCI: baja concentración de inóculo; ● ACI: alta concentración de inóculo

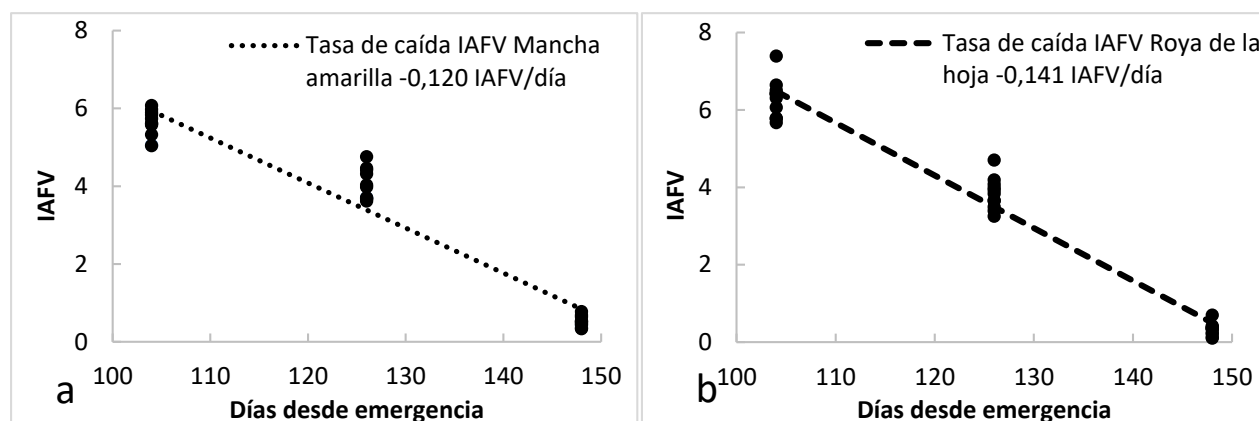


Figura 2.11. Índice de área foliar verde (IAFV) promedio en los estadios de hoja bandera (EC39), antesis (EC60) y grano lechoso (EC82) en función de los días desde emergencia para el factor *Patógeno x Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* (a) y *P. triticina* (b) con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. La línea punteada representa el ajuste promedio para todos los genotipos

La interacción *Patógeno x Cultivar* influyó significativamente la tasa de caída del IAFV (Tabla 2.4). La tasa de caída de IAFV promedio presentó mayores valores ante *P. triticina* (-0,140 IAFV/día) con respecto a *Py. tritici-repentis* (-0,120 IAFV/día) (Tabla 2.5, Fig. 2.11) explicado por el comportamiento detectado en ocho de los genotipos que presentaron mayores tasas de caídas ante inoculaciones con *P. triticina*, pudiendo esto ser atribuido a los valores significativamente

superiores que se obtuvieron en las evaluaciones de IAFV en EC39 ante roya de la hoja (Anexo II, Tabla 2.5). En este sentido, los cultivares presentaron una tasa de caída que fluctuó entre -0,109 IAFV/día (Bag11 y SLE2330) a -0,128 IAFV/día (KYarará) ante mancha amarilla, en tanto que frente a roya de la hoja se detectaron valores entre -0,121 IAFV/día (A315) a -0,161 IAFV/día (Bag11) (Anexo II, Tabla 2.9).

2.3.3. Rendimiento y componentes de rendimiento

El rendimiento y sus componentes fueron influenciados diferencialmente y en forma significativa por los cultivares y las interacciones *Año x Cultivar* y *Año x Patógeno x Cultivar* (Tabla 2.6; Anexo II Tablas 2.10-2.13). Por su parte, el año de evaluación influyó en forma significativa en el PMG, en tanto que los tratamientos de inoculación provocaron diferencias en NGT, el PMG y el rendimiento (Tabla 2.7). Para la interacción *Año x Inoculación* se hallaron diferencias significativas para el NGE (Tabla 2.6). El PMG estuvo influenciado en forma significativa por las interacciones *Patógeno x Inoculación*, *Inoculación x Cultivar* y *Año x Inoculación x Cultivar* (Tabla 2.6). Por su parte, la interacción *Patógeno x Cultivar* evidenció diferencias significativas para el NGE y el rendimiento (Tabla 2.6). Los tratamientos de inoculación influenciaron en forma significativa el rendimiento y sus componentes (NGE, NGT y PMG).

Tabla 2.6. Valor *p* (ANVA) número de espigas/m² (NESP), número de granos totales (NGT), número granos/espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), rendimiento en grano en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	Gl	NESP	NGE	NGT	PMG	Rendimiento
Año (A)	1	0,061	0,600	0,129	0,014	0,354
Patógeno (Pa)	1	0,250	0,412	0,852	0,390	0,869
<i>A x Pa</i>	1	0,008	0,108	0,580	0,655	0,548
Inoculación (In)	2	0,562	<0,001	0,019	<0,001	<0,001
<i>A x In</i>	2	0,035	0,002	0,541	0,106	0,615
<i>Pa x In</i>	2	0,115	0,335	0,503	0,008	0,642
<i>A x Pa x In</i>	2	0,246	0,414	0,321	0,143	0,263
Cultivar (Cu)	9	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>A x Cu</i>	9	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>Pa x Cu</i>	9	0,008	0,030	0,195	0,291	0,080
<i>In x Cu</i>	18	0,924	0,297	0,900	<0,001	0,419
<i>A x Pa x Cu</i>	9	0,042	0,007	0,001	0,006	<0,001
<i>A x In x Cu</i>	18	0,634	0,450	0,39	0,066	0,435
<i>Pa x In x Cu</i>	18	0,842	0,390	0,490	0,416	0,726
<i>A x Pa x In x Cu</i>	18	0,758	0,675	0,354	0,767	0,586
Total	359					

El NGT presentó importantes reducciones ante incrementos en la concentración de inóculo de los patógenos evaluados, explicado principalmente por caídas en el NGE, al no detectarse diferencias en el número de espigas/m² ante la presencia de patógenos (Tabla 2.6). Cuando se comparó el tratamiento sin inóculo con el de ACI, el NGT disminuyó de 17582 granos/m² a 15044 granos/m², lo que generó una merma del -14,4% (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Medias de factores principales de número de espigas/m² (NESP), número de granos totales (NGT), número granos/espiga (NGE), peso de mil granos (PMG), rendimiento en grano en un ensayo inoculado *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	NESP (espigas/m ²)	NGE (granos/espiga)	NGT (granos/m ²)	PMG (g)	Rendimiento (kg/ha)
Año					
2012	550	34,1	18543	30,8	5378
2013	414	34,7	13996	36,4	4750
Patógeno					
<i>Py. tritici-repentis</i>	474	35,0	16375	33,2	5028
<i>P. triticina</i>	490	33,8	16165	34,1	5100
Inoculación					
Sin inóculo	476	38,0	17582	35,3	5735
BCI	492	33,3	16183	32,5	4861
ACI	477	32,0	15044	33,1	4596
Cultivar					
A303	545	28,0	15103	34,3	4830
KYarará	526	31,2	16266	33,7	5063
SLE2330	468	42,4	19848	28,6	5241
Bag11	503	33,1	16431	33,1	5053
B SY100	468	34,6	15987	36,1	5408
A303	521	29,5	15323	35,4	5070
Bag 17	493	35,3	17282	34,2	5512
Bag18	476	39,1	18312	32,1	5455
BINTA3004	440	31,2	13117	32,7	4034
KGuerrero	378	39,8	15027	36,1	4973

Por otro lado, el NGE mostró diferencias significativas para la interacción *Año x Inoculación* explicado por la reducción de esta variable con el incremento en la concentración de inóculo, exhibiendo una respuesta más marcada en 2013. En los dos años, los tratamientos inoculados presentaron disminuciones significativas en esta variable respecto al tratamiento sin inocular, sin embargo, no se detectaron diferencias entre la BCI y la ACI (Anexo II, Tabla 2.11). En 2012 y comparado con el tratamiento sin inóculo (35,9 granos/espiga), los tratamientos inoculados disminuyeron el NGE un -6,65% (BCI) y -8,33% (ACI). En 2013 se detectaron caídas más pronunciadas en esta variable ante aumentos en la concentración de inóculo con disminuciones de -17,4% (BCI) y -22,4% (ACI) con respecto al tratamiento sin inocular (40 granos/espiga) (Anexo II, Tabla 2.11).

Por su parte, el PMG presentó una disminución promedio con respecto al tratamiento sin inóculo (35,3 g) que fluctuó entre -6,4% (BCI) y -7,9% (ACI) (Tabla 2.7). Asimismo, el PMG exhibió diferencias significativas para la interacción *Patógeno x Inoculación* (Tabla 2.6). Como se observa en la Fig. 2.12c, el aumento en la concentración de inóculo generó reducciones significativas en ambos patógenos con respecto al tratamiento sin inóculo, sin embargo y como puede visualizarse en las líneas de tendencia, inoculaciones con *P. triticina* provocaron mayores reducciones porcentuales con respecto al tratamiento sin inocular (Fig.2.12c). Cuando *Py. tritici-repentis* fue el patógeno principal, se detectó una merma en el PMG frente al tratamiento sin inóculo (34,4g) de -6,25% para la baja concentración y de -4,30% para la alta concentración (Anexo II, Tabla 2.12). Para inoculaciones de *P. triticina*, la disminución del PMG frente a aumentos en el nivel de inóculo fueron de -9,40% y -8,07% para la baja y alta concentración de inóculo (respectivamente) con respecto al sin inocular (36,2 g), no detectándose diferencias significativas entre estos tratamientos, comportamiento que se visualiza en la superposición en las líneas de tendencia de estos tratamientos (Fig. 2.12c).

El rendimiento evidenció reducciones significativas ante los tratamientos inoculados de BCI y ACI, sin presentar diferencias significativas entre éstos. Con respecto al tratamiento sin inocular (5735 kg/ha), la reducción en el rendimiento fue de -15,2% para el tratamiento de BCI y de -19,9% con respecto al tratamiento de ACI en promedio para ambos patógenos (Tabla 2.7), sin interacciones significativas *Patógeno x Inoculación* (Anexo II, Tabla 2.13). Por otro lado, para el rendimiento y sus componentes (NGT, NGE y PMG) la tasa de disminución de estas variables en los tratamientos enfermos fue más pronunciada en los tratamientos inoculados con *P. triticina* (Fig. 2.12).

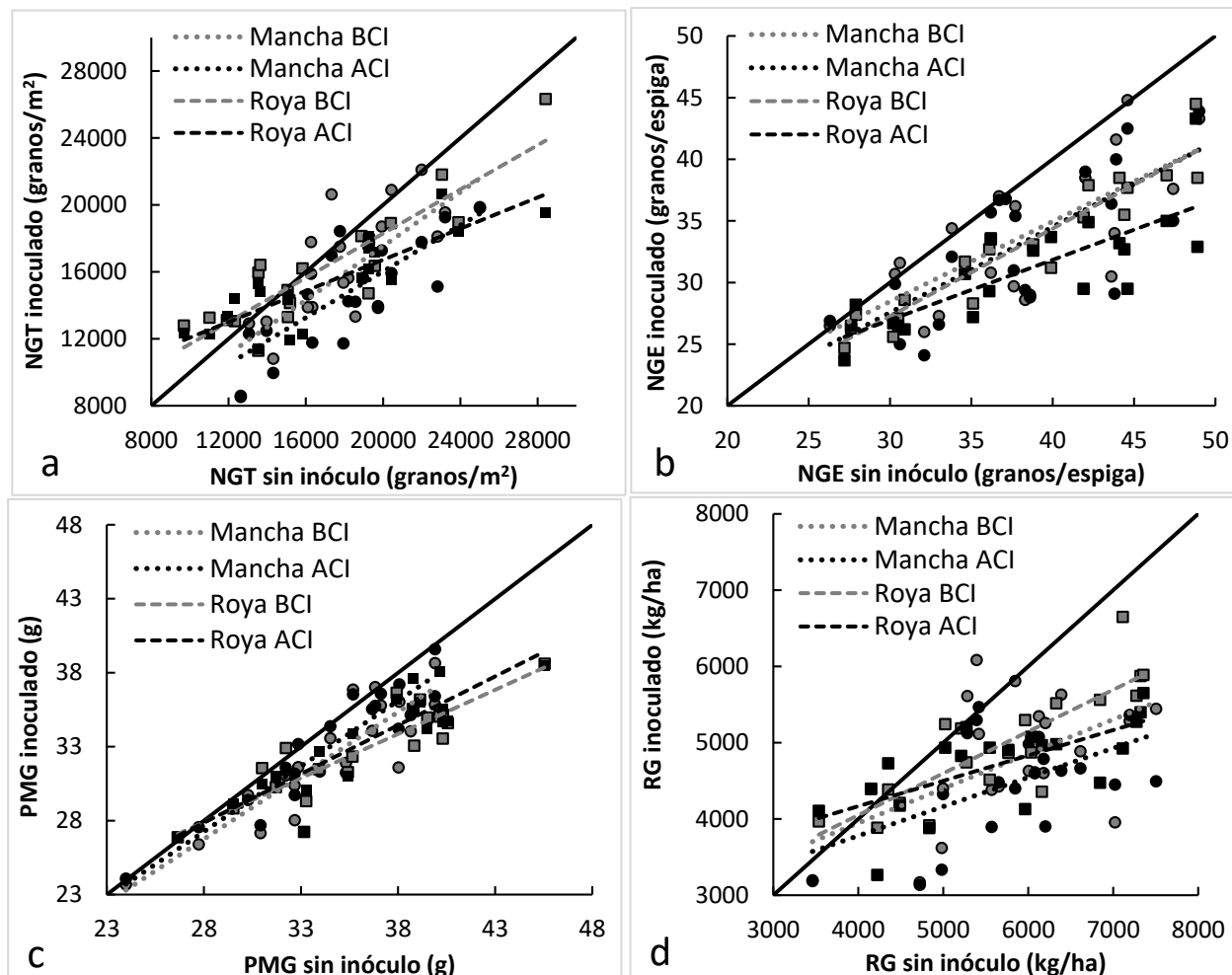


Figura 2.12. Rectas de regresión para la interacción *Patógeno x Inoculación* del (a) número de granos totales (NGT), (b) número de granos/espiga (NGE), (c) peso de mil granos (PMG) y (d) rendimiento en grano (RG) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. ● (baja concentración de *Py. tritici-repentis*), ● (alta concentración de *Py. tritici-repentis*), ■ (baja concentración de *P. triticina*), ■ (alta concentración de *P. triticina*). La línea punteada indica la relación 1:1

2.3.4. Porcentaje de Nitrógeno en antesis, a cosecha y en granos

El %N antesis, %N cosecha y % N en grano estuvieron influenciados por los *Cultivares* y las interacciones *Año x Cultivar* y *Patógeno x Cultivar*. Para el %N antesis se detectaron diferencias significativas entre *Años* y una tendencia para la interacción *Año x Patógeno x Inoculación*, en tanto que el %N cosecha fue influenciado por los tratamientos de *Inoculación* y por las interacciones *Año x Inoculación*, *Patógeno x Inoculación* (al igual que el %N grano), *Año x Inoculación x Cultivar* y *Año x Patógeno x Inoculación x Cultivar* (Tabla 2.8 y Tabla 2.9; Anexo II Tablas 2.14-2.16).

Tabla 2.8. Valor p (ANVA) del %N en antesis, %N a cosecha y % N granos para 2012 y 2013 en un ensayo inoculado con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo

Fuente de Variación	Gl	%Nant	%Ncos	%NG
Año (A)	1	0,029	0,101	0,664
Patógeno (Pa)	1	0,440	0,206	0,211
A x Pa	1	0,496	0,796	0,943
Inoculación (In)	2	0,590	<0,001	0,451
A x In	2	0,798	0,013	0,279
Pa x In	2	0,911	<0,001	<0,001
A x Pa x In	2	0,053	0,771	0,901
Cultivar (Cu)	9	<0,001	<0,001	<0,001
A x Cu	9	0,007	<0,001	<0,001
Pa x Cu	9	0,051	0,071	0,046
In x Cu	18	0,729	0,377	0,946
A x Pa x Cu	9	0,801	0,428	0,221
A x In x Cu	18	0,716	0,033	0,940
Pa x In x Cu	18	0,764	0,103	0,982
A x Pa x In x Cu	18	0,953	0,024	0,754
Total	359			

El %Nant presentó diferencias significativas para la interacción *Patógeno x Cultivar* principalmente explicadas por diferencias entre los genotipos evaluados dentro de cada patógeno, ya que no se detectaron diferencias dentro de un mismo cultivar ante inoculaciones con cada uno de los patógenos. Los valores de %Nant fluctuaron entre 1,27% (Bag18) a 1,41% (Bag17) cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal y entre 1,11% (BINTA 3004) a 1,35 % (KYarará) ante *P.triticina* (Anexo II Tablas 2.14).

El %Ncos mostró diferencias significativas para la interacción *Patógeno x Inoculación*, explicada principalmente por el comportamiento diferencial que evidenciaron los patógenos analizados. En este sentido, no se detectaron diferencias significativas en esta variable cuando *Py.tritici.repentis* fue el patógeno inoculado, en tanto que aumentos en la concentración de inóculo de *P.triticina* provocaron incrementos de 1,40% (tratamiento BCI) y 1,55% (tratamiento ACI) comparado con el tratamiento SI (1,31%) (Figura 2.13; Anexo II Tablas 2.15).

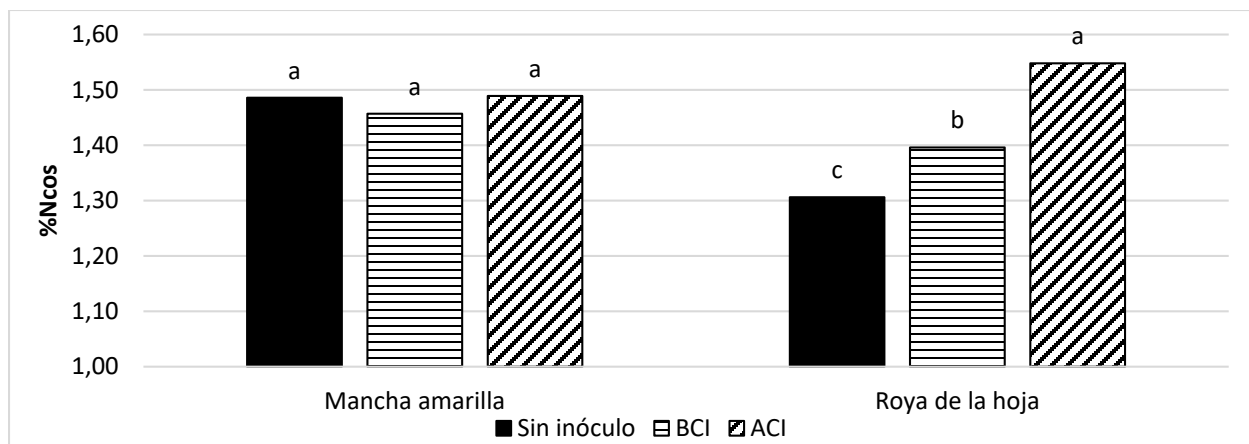


Figura 2.13. Medias del % N en planta entera a cosecha (%Ncos) para la interacción *Patógeno x Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La interacción *Año x Inoculación x Cultivar* para el %Ncos mostró una tendencia general en la cual el aumento en la concentración de inóculo, generó incrementos en 2012, en tanto que en 2013 si bien la tendencia es similar no se detectaron diferencias entre tratamientos de inoculación. Se manifestó una importante diferencia entre cultivares dentro del mismo nivel de inoculación y año evaluado. El rango de %Ncos en 2012 para el tratamiento SI fue desde 1,10% (A303) a 1,48% (BSY100); para el tratamiento de BCI varió desde 1,22% (KGuerrero) a 1,44% (BSY100 e BINTA3004) y para el tratamiento de ACI el rango de valores fluctuó entre 1,30% (SLE2330) a 1,66% (BSY100) (Figura 2.14a). Para el año 2013, el %Ncos para el tratamiento SI fue desde 1,43% (KGuerrero) a 1,56% (A315); 1,36% (Bag18) a 1,63% (SLE2330) para BCI y 1,42% (Bag18) a 1,67% (A303) para ACI (Figura 2.14b). En 2012, las mayores diferencias porcentuales cuando los tratamientos Sin inóculo y ACI fueron contrastados fueron detectadas en los genotipos A303 (+0,351%), Bag11 (+0,301%), Bag18 (+0,265%) y KGuerrero (+0,267%) (Figura 2.14 a y b; Anexo II Tablas 2.15).

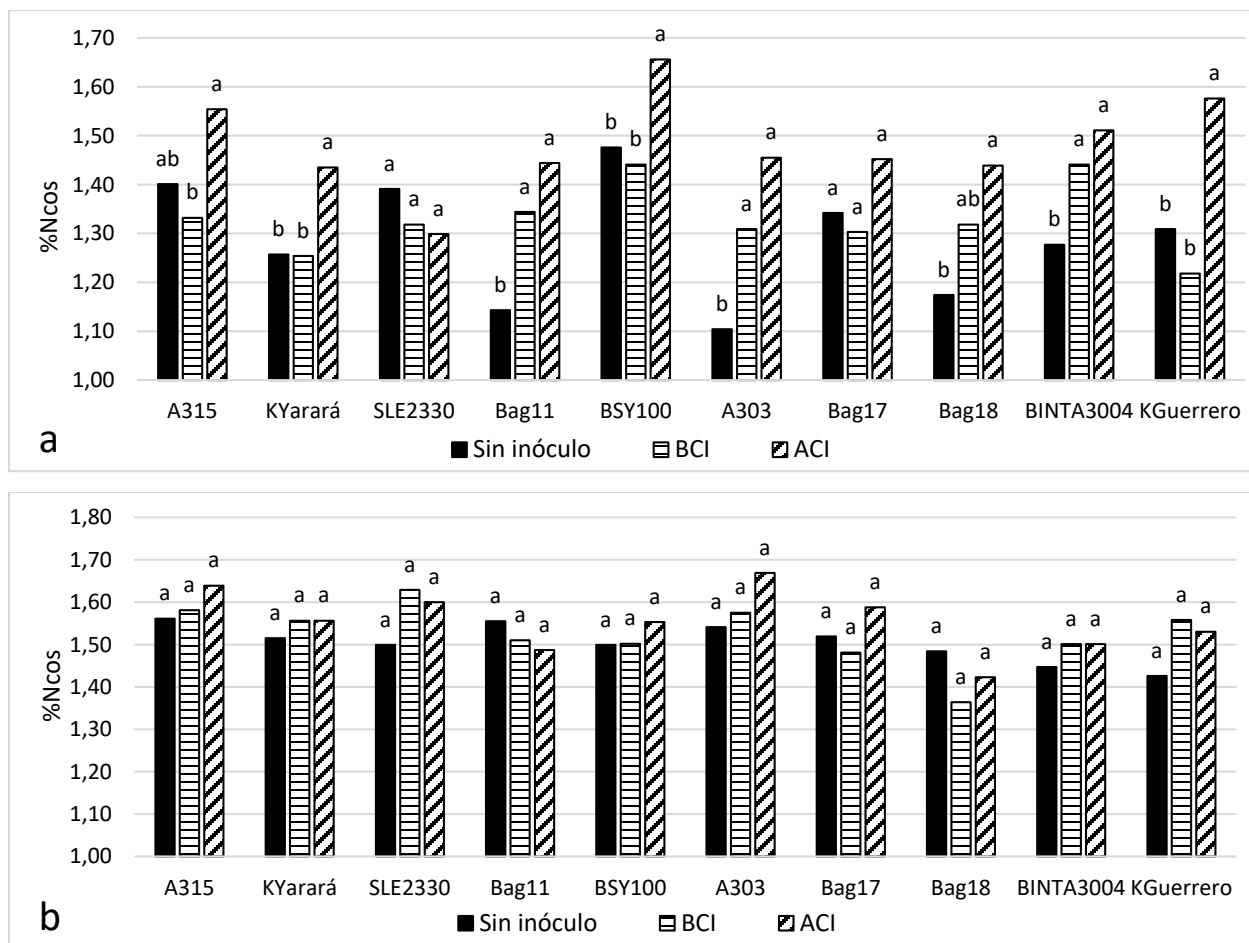


Figura 2.14. Medias del % N en planta entera a cosecha (%Ncos) para la interacción *Año × Inoculación × Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py.tritici-repentis* y *P.triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante a)2012 y b)2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y genotipo son estadísticamente iguales (LSD p=0,05). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

Cuando se analizó el %N en grano, se encontró una respuesta diferencial según el patógeno inoculado. En este sentido, se detectó un incremento del 7,89% (BCI) y 14,9% (ACI) con respecto al tratamiento SI (1,86%) cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno inoculado. En contraposición, inoculaciones con *P.triticina* provocaron disminuciones en el %N grano del 6,26% (tratamiento BCI) y 9,89% (tratamiento ACI) comparado con el tratamiento SI (2,04 %) (Figura 2.15; Anexo II Tablas 2.16)

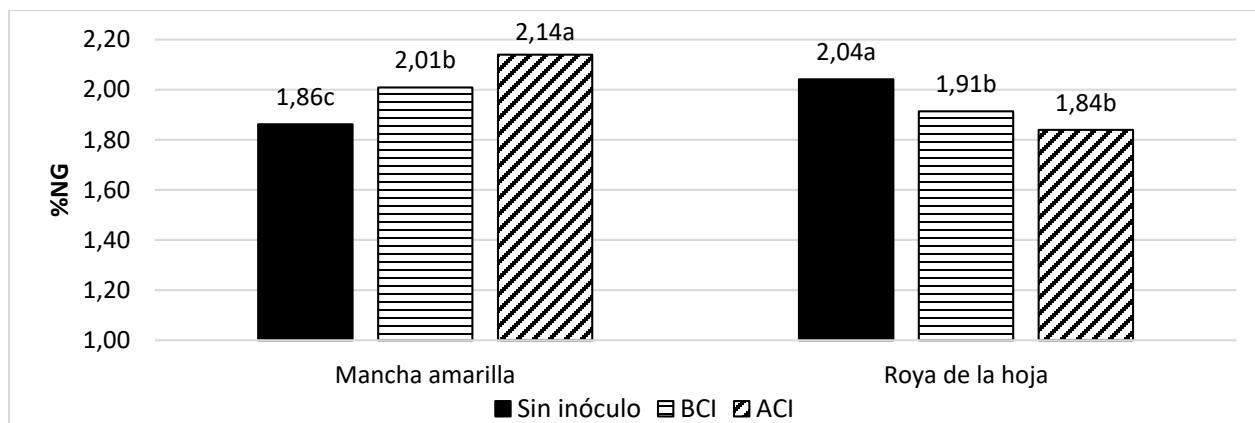


Figura 2.15. Medias del % N en grano (%NG) para la interacción *Patógeno x Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

Se detectaron diferencias significativas para la interacción *Patógeno x Cultivar* para el %N grano, explicadas principalmente por variabilidad genotípica dentro de los dos patógenos evaluados. En este sentido, el %N grano fluctuó entre 1,73 % (Bag18) y 2,20% (BINTA3004) ante inoculaciones de *Py.tritici-repentis* y entre 1,70 % (Bag18) y 2,17 % (A315) ante *P.triticina*. Por otro parte, cuando se compararon cada uno de los genotipos frente a los dos patógenos evaluados, se encontró que aunque hubo una tendencia a mayores valores de %N grano ante *Py.tritici-repentis*, sólo fue significativa en los genotipos BINTA3004 y KGuerrero (Figura 2.16).

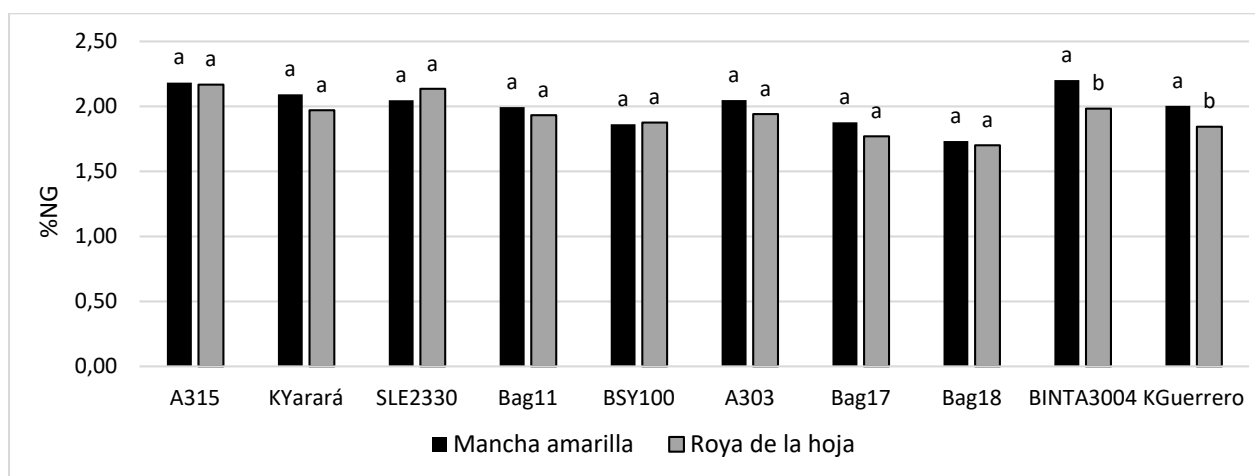


Figura 2.16. Medias del % N en grano (%NG) para la interacción *Patógeno x Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$).

Tabla 2.9. Medias de factores principales %N en antesis (%Nant), %N en planta entera a cosecha (%Ncos) y % N en grano (%NG) en un ensayo inoculado *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	% N antesis	%N cosecha	%N en grano
Año			
2012	1,14	1,37	1,96
2013	1,48	1,53	1,97
Patógeno			
<i>Py. tritici-repentis</i>	1,34	1,48	2,00
<i>P. triticina</i>	1,28	1,42	1,93
Inoculación			
<i>Sin inóculo</i>	1,33	1,40	1,95
<i>BCI</i>	1,30	1,43	1,96
<i>ACI</i>	1,30	1,52	1,99
Cultivar			
<i>A315</i>	1,36	1,51	2,18
<i>KYarará</i>	1,35	1,43	2,03
<i>S LE2330</i>	1,33	1,46	2,09
<i>Bag11</i>	1,36	1,41	1,96
<i>BSY100</i>	1,29	1,52	1,87
<i>A303</i>	1,30	1,44	1,99
<i>Bag17</i>	1,36	1,45	1,82
<i>Bag18</i>	1,28	1,37	1,72
<i>BINTA3004</i>	1,21	1,45	2,09
<i>KGuerrero</i>	1,26	1,44	1,92

2.3.5 Generación de biomasa y nitrógeno acumulado en EC60-EC95

La generación de biomasa en EC60 y EC95, el N acumulado en EC60 (Nant) y EC95 (Ncos) y el N vegetativo EC95 (Ncveg) fueron influenciados en forma significativa por los tratamientos de *Inoculación*, los *Cultivares* y las interacciones *Patógeno x Cultivar* y *Año x Patógeno x Cultivar*. A excepción de la biomasa EC60, todas las variables mostraron diferencias significativas entre *Años*, en tanto que la interacción *Año x Inoculación* evidenció diferencias significativas en todas las variables con excepción de Biomasa EC95 y *Año x Cultivar* que las mostró para biomasa EC95, N acumulado EC95 y N vegetativo EC95.

Por su parte se detectaron diferencias significativas para biomasa EC60 entre *Patógenos* y la interacción *Año x Patógeno*, esta última mostrando una tendencia ($P < 0.10$) para biomasa EC95 y N acumulado EC60. La interacción *Patógeno x Inoculación* evidencia diferencias para biomasa EC95, en tanto que el N acumulado EC95 las mostró para la interacción triple *Año x Inoculación x Cultivar* (Tablas 2.10 y 2.11; Anexo II Tablas 2.17-2.21).

Tabla 2.10. Valor *p* (ANVA) de la Biomasa aérea en EC60 y EC95, N vegetativo acumulada en EC60 y EC95 y N acumulado en planta entera en EC95 para 2012 y 2013 en un ensayo inoculado con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo

Fuente de Variación	Gl	Biomasa EC60	Biomasa EC95	N acumulado EC60 (Nant)	N acumulado EC95 (Ncos)	N vegetativo EC95 (Ncveg)
Año (A)	1	0,388	0,036	0,060	0,036	0,016
Patógeno (Pa)	1	0,016	0,102	0,326	0,764	0,614
A x Pa	1	0,013	0,052	0,068	0,160	0,231
Inoculación (In)	2	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A x In	2	0,004	0,195	0,007	0,001	<0,001
Pa x In	2	0,956	0,008	0,998	0,781	0,117
A x Pa x In	2	0,125	0,238	0,679	0,281	0,856
Cultivar (Cu)	9	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A x Cu	9	0,243	<0,001	0,445	<0,001	<0,001
Pa x Cu	9	0,047	<0,001	0,006	<0,001	<0,001
In x Cu	18	0,948	0,722	0,999	0,983	0,967
A x Pa x Cu	9	0,002	0,017	0,031	0,006	0,013
A x In x Cu	18	1,000	0,164	0,786	0,025	0,331
Pa x In x Cu	18	0,584	0,901	0,491	0,164	0,699
A x Pa x In x Cu	18	0,935	0,799	0,989	0,557	0,797
Total	359					

Para ambos estadios evaluados se presentaron diferencias significativas para la interacción *Año x Patógeno* que se debieron a los menores valores de producción de biomasa en ambos estadios (-31,1% en EC60 y -19,3% en EC95) en *Py.tritici-repentis* con respecto a *P.triticina* en 2012, en tanto que en 2013 no se detectaron diferencias entre patógenos en ninguno de los estadios evaluados (Figura 2.17).

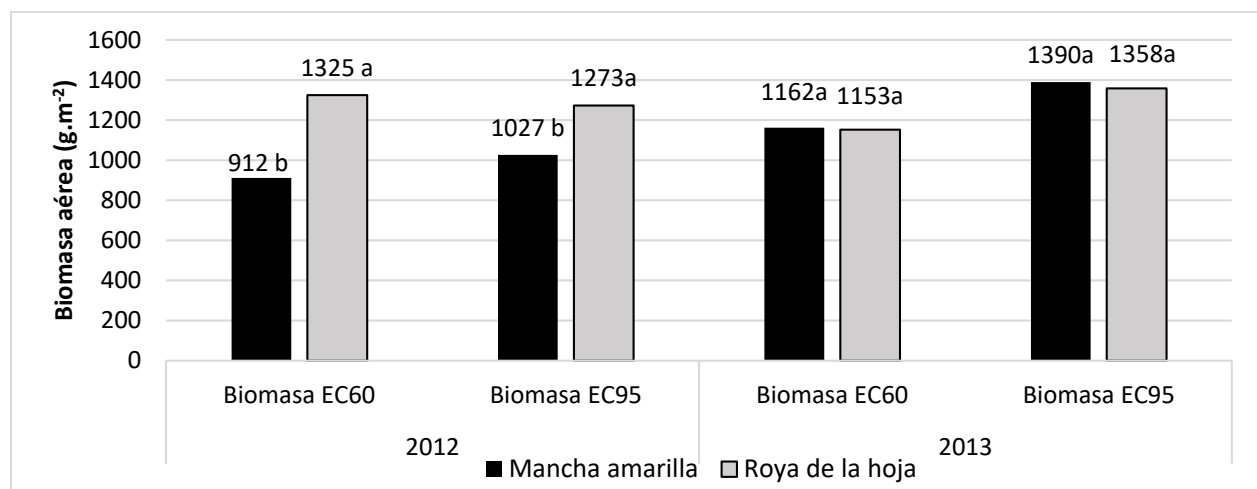


Figura 2.17. Medias de la biomasa en EC60 y EC95 para la interacción *Año x Patógeno* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año, patógeno y evaluación son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$).

La biomasa aérea en EC60 mostró diferencias significativas para la interacción *Año x Inoculación* presentando valores superiores en 2013 y disminuciones en la producción de biomasa ante incrementos en la concentración de inóculo en ambos años. Para el primer año de evaluación se detectaron reducciones en la biomasa de hasta 12,2% cuando los tratamientos ACI y SI fueron contrastados, en tanto que en 2013 las reducciones fueron superiores y llegaron al 10% (BCI) y 25,6 % (ACI) al ser comparados con el tratamiento SI (Figura 2.18; Anexo II Tabla 2.17).

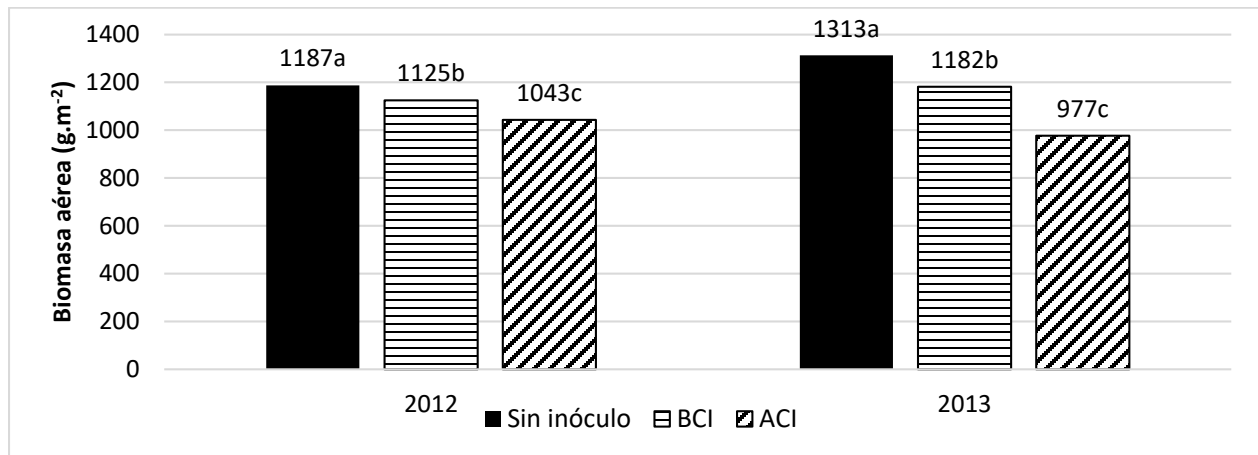


Figura 2.18. Medias de la biomasa en EC60 para la interacción *Año x Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La interacción *Año x Patógeno x Cultivar* presentó diferencias significativas para la biomasa aérea en EC60 y EC95, explicada principalmente por los menores valores cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal en 2012 en ambos estadios. En este sentido, todos los cultivares evaluados en 2012 presentaron menor producción de biomasa ante *Py.tritici-repentis* en EC60, en tanto que en EC95 fueron ocho los cultivares que evidenciaron esta respuesta (Figura 2.19 a y b). Por otro lado, en 2013 no se detectaron diferencias significativas cuando los cultivares fueron comparados ante los distintos patógenos, a excepción de KYarará que presentó menor producción de biomasa en ambos estadios cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal y BSY100 que en EC95 presentó menor producción de biomasa ante *P.triticina* (Figura 2.19 a y b). Con respecto a la variación genotípica para la biomasa aérea EC60 (g.m^{-2}) en 2012 varió desde 759 (Bag11) a 1063 (Bag18) ante *Py.tritici-repentis*, en tanto que *P.triticina* varió desde 1154 (Bag11) a 1498 (BSY100) (Figura 2.19a; Anexo II Tabla 2.17). En 2013, los valores para esta variable fueron desde 1060 (KYarará) a 1272 (BSY100) ante MA, en tanto que para RH el rango de valores fue desde 979 (SLE2330) a 1321 (KGuerrero). Para la biomasa aérea en EC95 el rango de valores (g.m^{-2}) fue desde 849 (BINTA3004) a 1209 (SLE2330) ante *Py.tritici-*

repentis y desde 917 (INTA3004) a 1472 (A315) para *P.triticina* en 2012 y desde 1273 (KYarará) a 1544 (Bag17) para *Py.tritici-repentis* y 1164 (A315) a 1574 (Bag17) para *P.triticina* en 2013 (Figura 2.19b; Anexo II Tabla 2.18).

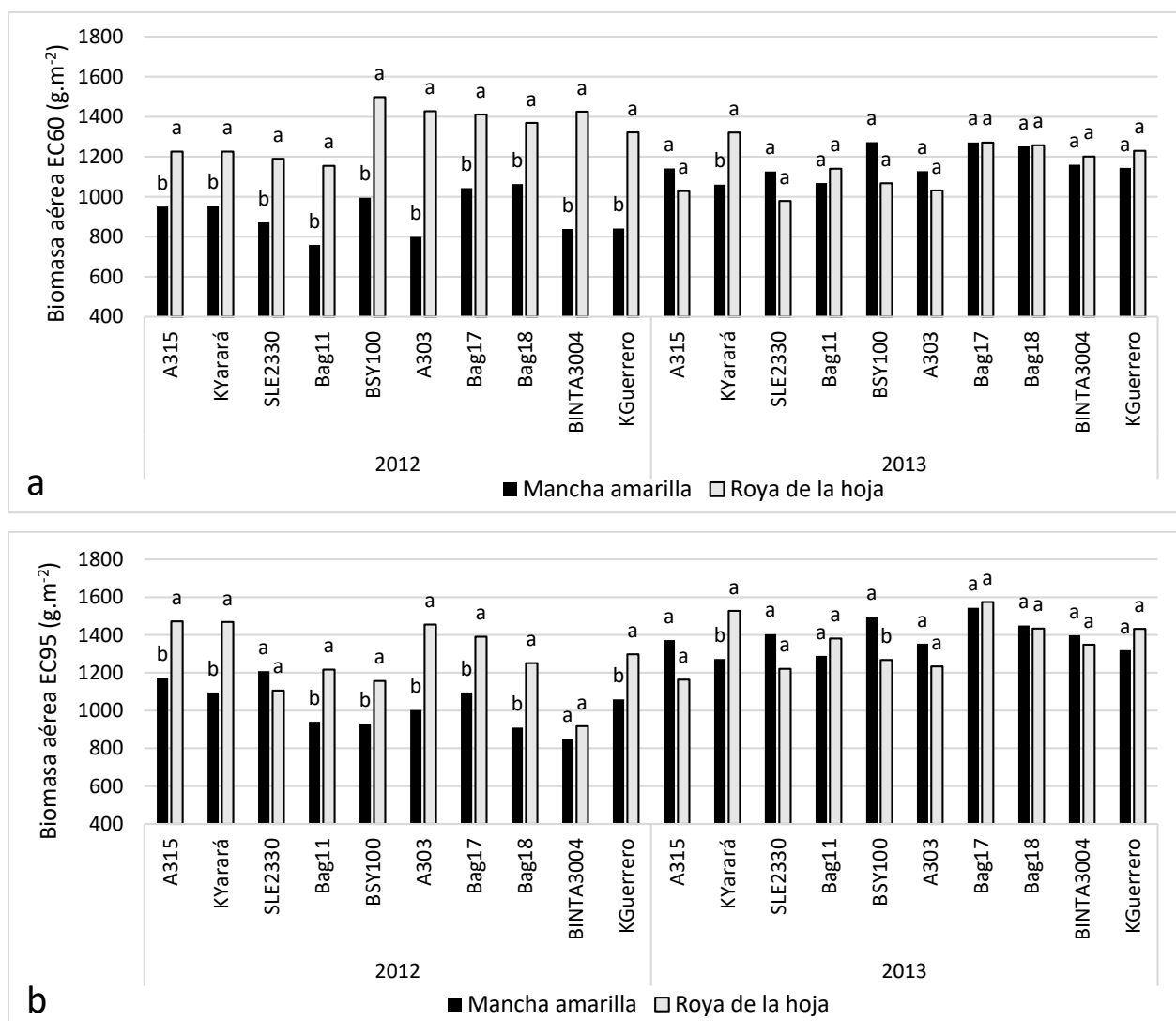


Figura 2.19. Medias de la biomasa en a) EC60 y b) EC95 para la interacción *Año* × *Patógeno* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$).

La interacción *Patógeno* × *Inoculación* para la biomasa aérea EC95 se indica en la Figura 2.20. Para ambos patógenos, incrementos en la concentración de inóculo provocaron reducciones significativas en la biomasa aérea. En este sentido, la generación de biomasa disminuyó un 8,1% y 21,4% cuando los tratamientos BCI y ACI fueron contrastados con el de SI en *Py.tritici-repentis*, en tanto que para *P.triticina* las reducciones fueron del 14,4% (BCI) y 32% (ACI) con respecto al tratamiento sin inóculo (Figura 2.20).

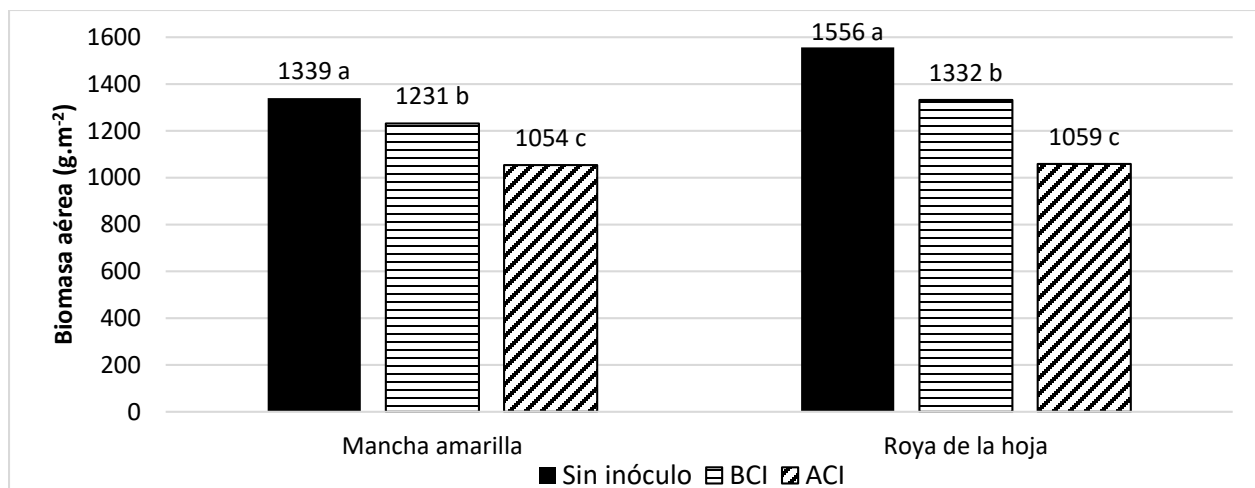


Figura 2.20. Medias de la biomasa en EC95 para la interacción *Patógeno* \times *Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La interacción *Año* \times *Inoculación* mostró diferencias significativas para el Nant, Ncos y Ncveg detectándose disminuciones significativas en estas tres variables ante incrementos en la concentración de inóculo en los dos años evaluados. En 2012, el Nant acumulado (g.m^{-2}) presentó una reducción del 9,07% y 14% cuando los tratamientos BCI y ACI fueron contrastados con el SI ($13,6 \text{ g.m}^{-2}$). En un mismo sentido, el Ncos acumulado (g.m^{-2}) presentó caídas ante incrementos en la concentración de inóculo de 5,48% (BCI) y 12,8% (ACI) con respecto al tratamiento SI ($16,4 \text{ g.m}^{-2}$). No fueron detectadas diferencias significativas para Ncveg en 2012. Por su parte, el año 2013 presentó mayores valores y diferencias entre los tratamientos de inoculación en las tres variables evaluadas. Para Nant (g.m^{-2}) se detectaron caídas de entre 11,6% (BCI) a 27,7% (ACI) con respecto al tratamiento SI ($19,8 \text{ g.m}^{-2}$), en tanto que para Ncos las reducciones con respecto a SI ($23,9 \text{ g.m}^{-2}$) fueron del 11,3% (BCI) a 25,9% (ACI). Con respecto al Ncveg, el tratamiento ACI presentó una caída del 32,4% con respecto a SI ($13,5 \text{ g.m}^{-2}$) (Figura 2.21).

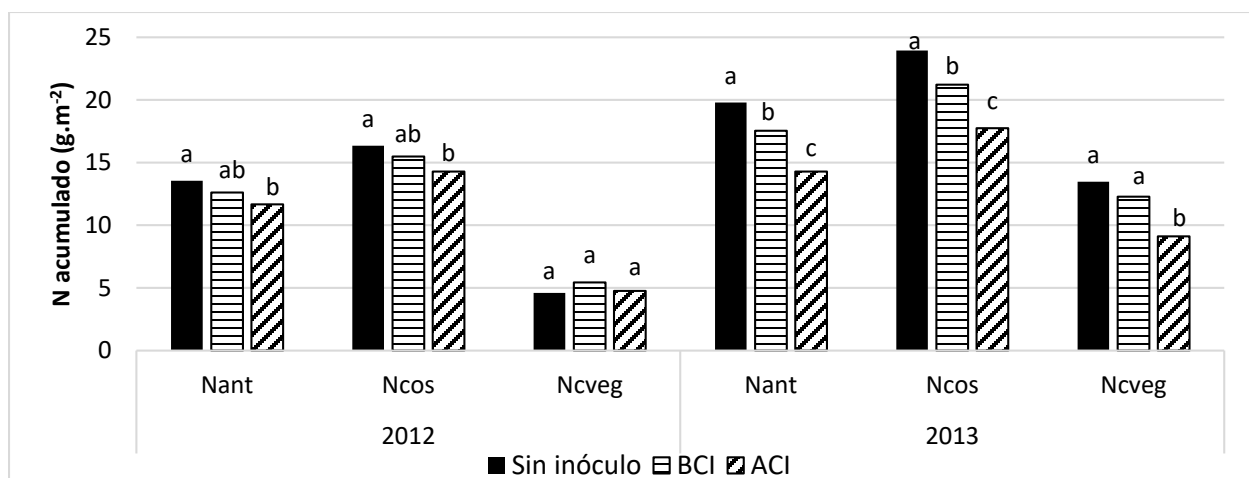


Figura 2.21. Medias de N acumulado en antesis (Nant), a cosecha en planta entera (Ncos) y a cosecha vegetativo (Ncveg) para la interacción *Año × Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada variable y año son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

Tabla 2.11. Medias de factores principales de Biomasa aérea en EC60 (BA60) y EC95 (BA95), N acumulada en antesis (Nant) y N acumulado en planta entera a cosecha (Ncos) y N vegetativo a cosecha (Ncveg) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	BA60 (g.m⁻²)	BA95 (g.m⁻²)	Nant (g.m⁻²)	Ncos (g.m⁻²)	Ncveg (g.m⁻²)
Año					
2012	1118	1150	12,6	15,4	4,93
2013	1157	1374	17,2	21,0	11,6
Patógeno					
<i>Py. tritici-repentis</i>	1037	1208	14,2	18,0	8,04
<i>P. triticina</i>	1239	1316	15,6	18,3	8,51
Inoculación					
Sin inóculo	1250	1448	16,7	20,2	9,04
BCI	1153	1282	15,1	18,4	8,85
ACI	1010	1056	13,0	16,0	6,94
Cultivar					
A315	1086	1296	14,7	19,3	8,90
KYarará	1140	1341	15,5	19,1	8,91
SLE2330	1042	1235	14,0	18,0	7,12
Bag11	1030	1207	14,0	17,1	7,18
BSY100	1208	1213	15,4	18,4	8,27
A303	1096	1261	14,3	17,9	7,82
Bag17	1249	1401	17,0	20,3	10,1
Bag18	1235	1261	15,9	17,3	7,99
BINTA3004	1156	1128	13,8	16,3	7,98
KGuerrero	1134	1277	14,4	17,9	8,46

La interacción *Año × Inoculación × Cultivar* para el Ncos mostró que aumentos en la concentración de inóculo provocaron reducciones en esta variable, siendo los efectos más notorios en 2013. Se manifestaron importantes diferencias entre los genotipos dentro del mismo nivel de inoculación y año evaluado. El rango de Ncos (g.m^{-2}) en 2012 para el tratamiento SI fue desde 13,3 (Bag18) a 19,7 (BSY100); para el tratamiento de BCI varió desde 12,9 (BINTA 3004) a 17,0 (Bag17) y para el tratamiento de ACI el rango de valores fluctuó entre 10,4 (BINTA3004) a 18,9 (A315) (Figura 2.22a; Anexo II Tabla 2.20). Para el año 2013, los valores de Ncos fueron superiores y para el tratamiento SI fluctuaron entre 22,1 (SLE2330) a 27,9 (Bag17); 20,3 (Bag18) a 23,7 (Bag17) para BCI y 16,0 (Bag18) a 19,7 (Bag17) para ACI. En 2012, los cultivares KGuerrero (-27,7%), BINTA 3004 (-22,8%) y SLE2330 (-22,7%) fueron los que mostraron las mayores caídas porcentuales en Ncos cuando los tratamientos SI y ACI fueron contrastados, en tanto que en 2013 Bag18 (-37%) y Bag17 (-29,2%) fueron los más afectados ante incrementos en la concentración de inóculo (Figura 2.22 a y b; Anexo II Tabla 2.20).

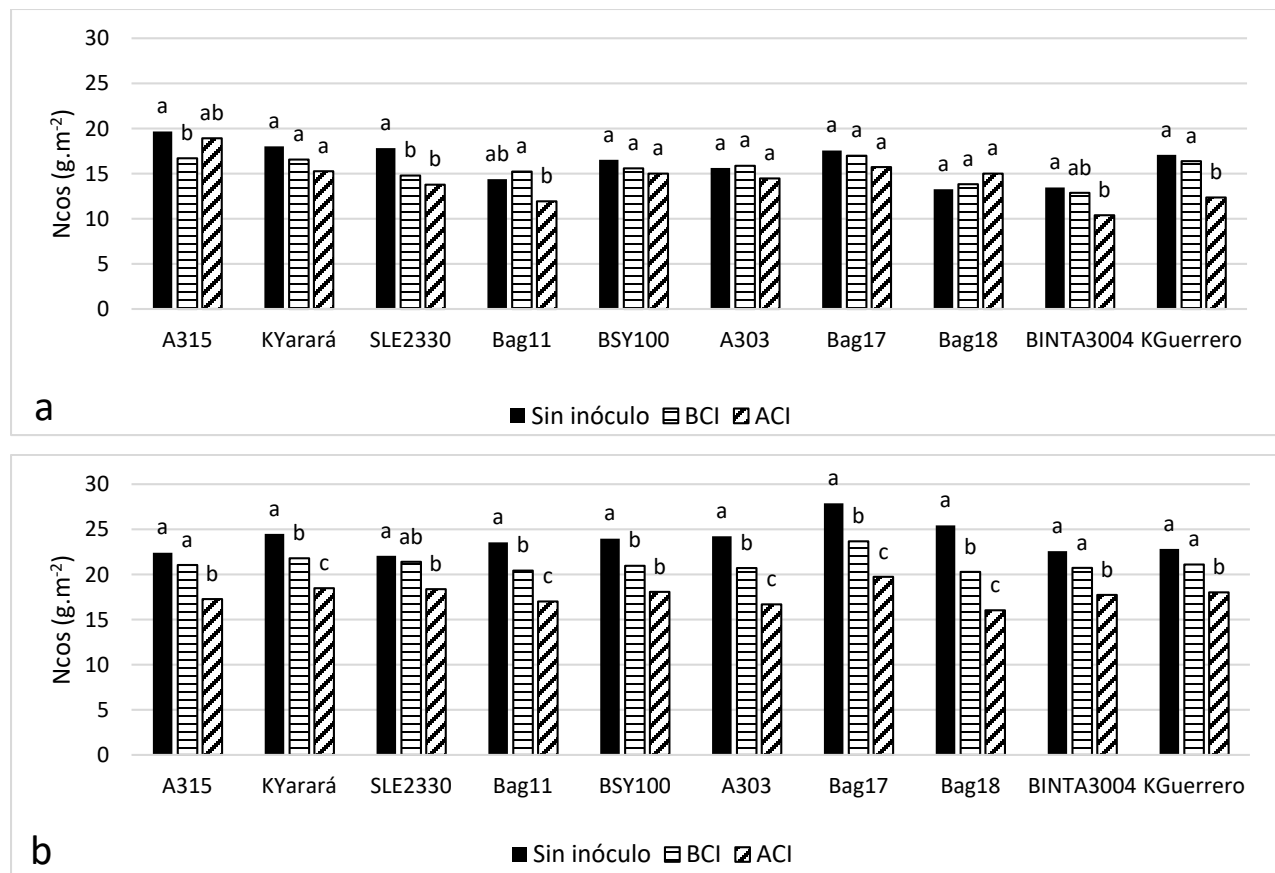


Figura 2.22. Medias del N acumulado a cosecha en planta entera (Ncos) para la interacción *Año × Inoculación × Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante a) 2012 y b) 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$).

2.3.6 Removilización, absorción post-antesis y acumulación de N en granos ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y *P.triticina*

El N absorbido hasta antesis y posteriormente removilizado hacia los granos (NREM) fue influenciado por los tratamientos de *Inoculación*, por las interacciones *Patógeno* \times *Inoculación*, *Año* \times *Cultivar* y *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar* y mostró una tendencia ($P < 0,10$) para el factor *Cultivares* y para la interacción *Año* \times *Patógeno*. Por su parte, el N absorbido en post-antesis (NPA) presentó diferencias significativas entre *Patógenos*, *Cultivares*, la interacción *Año* \times *Patógeno* y presentó una tendencia para las interacciones *Año* \times *Cultivar* y *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar*. El N acumulado en granos (NG) fue influenciado significativamente por los tratamientos de *Inoculación*, los *Cultivares* y las interacciones *Año* \times *Cultivar* y *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar* (Tablas 2.12 y 2.13; Anexo II Tablas 2.22-2.24).

Tabla 2.12. Valor *p* (ANVA) de N removilizado, N absorbido en post-antesis y N acumulado en granos para 2012 y 2013 en un ensayo inoculado con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo

Fuente de Variación	Gl	N removilizado (g.m²)	N post-antesis (g.m²)	N en granos (g.m²)
Año (A)	1	0,290	0,261	0,374
Patógeno (Pa)	1	0,298	0,016	0,824
A x Pa	1	0,071	0,008	0,445
Inoculación (In)	2	0,002	0,562	0,001
A x In	2	0,490	0,747	0,916
Pa x In	2	0,042	0,705	0,283
A x Pa x In	2	0,435	0,765	0,241
Cultivar (Cu)	9	0,095	<0,001	<0,001
A x Cu	9	0,038	0,074	0,003
Pa x Cu	9	0,447	0,126	0,519
In x Cu	18	0,999	1,000	0,585
A x Pa x Cu	9	<0,001	0,068	<0,001
A x In x Cu	18	1,000	0,962	0,478
Pa x In x Cu	18	0,999	0,981	0,878
A x Pa x In x Cu	18	0,997	0,995	0,940
Total	359			

El NREM y el NPA mostraron diferencias significativas para la interacción *Año* \times *Patógeno* que estuvieron explicadas principalmente por las diferencias detectadas entre años de evaluación para el NREM y NPA ante *P.triticina*, y en el año 2012 debido a diferencias entre patógenos para NPA. El NREM presentó en 2012 una tendencia a menores valores ante *Py.tritici-repentis* con respecto a *P.triticina*, en tanto que en 2013 no se detectaron diferencias significativas entre los patógenos evaluados (Anexo II Tablas 2.22 y 2.23). Tanto el NREM como el NPA mostraron diferencias significativas para la interacción *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar* debido al comportamiento

diferencial ante los patógenos evaluados en las dos variables en el primer año y a las variaciones genotípicas en respuesta al NREM y NPA (Anexo II Tablas 2.22 y 2.23).

Tabla 2.13. Medias de factores principales de N removilizado (NREM), N absorbido en post-antesis (NPA) y N acumulado en granos (NG) en un ensayo inoculado *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	N removilizado (g.m⁻²)	N post-antesis (g.m⁻²)	N en granos (g.m⁻²)
Año			
2012	7,68	2,76	10,4
2013	5,58	3,76	9,35
Patógeno			
<i>Py. tritici-repentis</i>	6,17	3,80	10,0
<i>P. triticina</i>	7,10	2,72	9,82
Inoculación			
Sin inóculo	7,63	3,48	11,1
BCI	6,22	3,28	9,50
ACI	6,05	3,03	9,08
Cultivar			
A315	5,82	4,63	10,4
KYarará	6,59	3,61	10,2
SLE2330	6,91	4,01	10,9
Bag11	6,82	3,10	9,92
BSY100	7,14	2,93	10,1
A303	6,50	3,62	10,1
Bag17	6,83	3,29	10,1
Bag18	7,96	1,37	9,32
BINTA3004	5,84	2,49	8,32
KGuerrero	5,92	3,59	9,50

Cuando el NREM fue analizado se encontró una respuesta diferencial y significativa según el patógeno analizado para la interacción *Patógeno × Inoculación*. En este sentido, no se encontraron reducciones significativas en esta variable en los tratamientos BCI (-11,5%) y ACI (-7,58%) con respecto al tratamiento SI (6,59 g.m⁻²) cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno inoculado. En contraposición, inoculaciones con *P.triticina* provocaron disminuciones en el NREM del 23,8% (tratamiento BCI) y 30,9% (tratamiento ACI) comparado con el tratamiento SI (8,68g.m⁻²) (Figura 2.23; Anexo II Tablas 2.22).

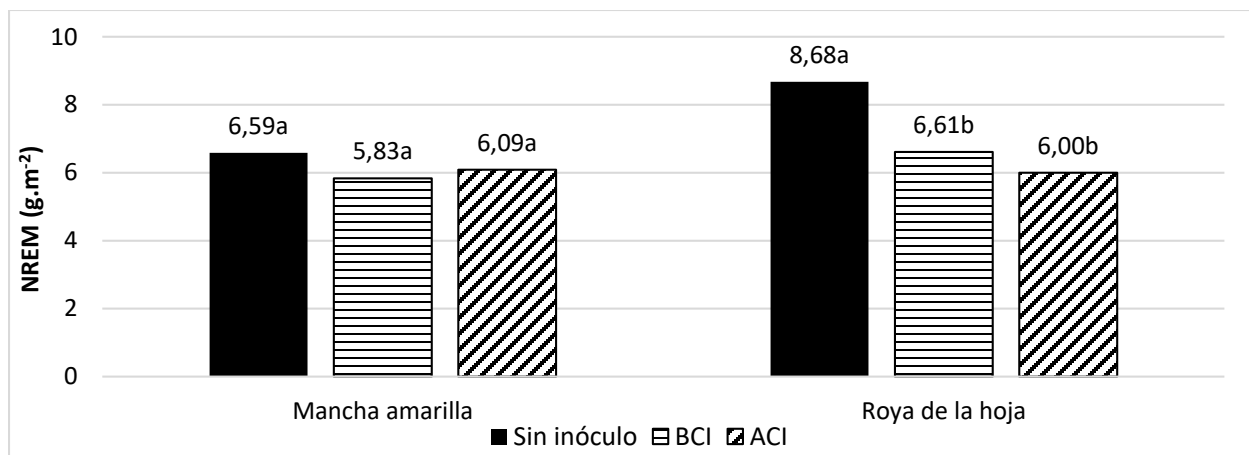


Figura 2.23. Medias del N removilizado (NREM) para la interacción *Patógeno* \times *Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

El nitrógeno acumulado en granos a (NG) fue afectado en forma significativa por los tratamientos de inoculación en promedio de los patógenos, lo que implicó una reducción del 14,5% (tratamiento BCI) y del 18,3% (tratamiento ACI) con respecto al tratamiento sin inocular (11,1 g.m⁻²) (Figura 2.24; Anexo II Tablas 2.24).

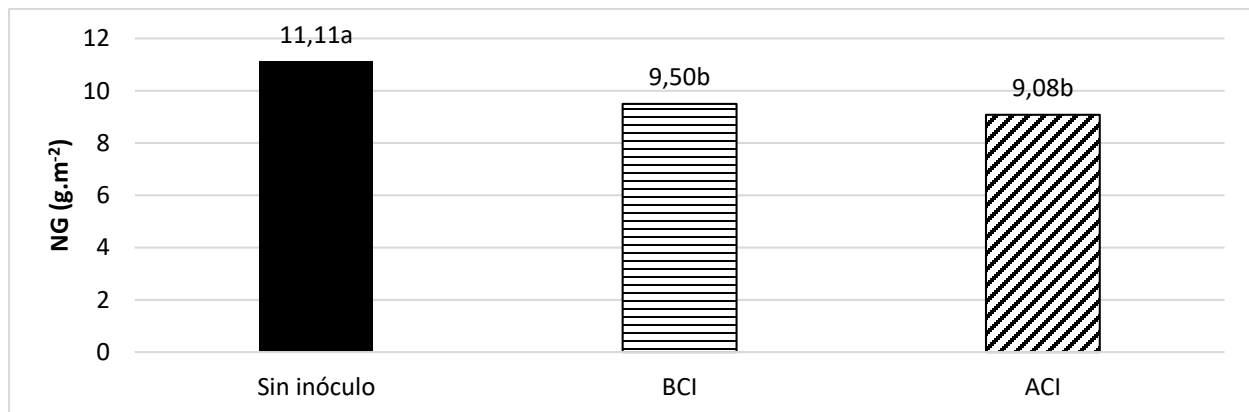


Figura 2.24. Medias del N acumulado en granos (NG) para el factor *Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

La interacción *Año* \times *Patógeno* \times *Cultivar* fue significativa para esta variable debido a las grandes diferencias entre los cultivares en la acumulación de NG dentro de cada año y para un mismo patógeno evaluado, ya que únicamente SLE2330 (en 2012) y A315 (en 2013) presentaron diferencias entre los patógenos evaluados. Los valores de NG (g.m⁻²) en 2012 y para *Py. tritici-repentis* fueron desde 7,71 (BINTA3004) a 11,8 (KYarará) y de 7,71 (BINTA3004) a 12,7

(SLE2330) para *P.triticina*, mientras que para 2013 la acumulación de N en granos fue desde 7,19 (KGuerrero) a 11,9 (SLE2330) para *Py.tritici-repentis* y 8,01 (BSY100) a 10,1 (KYarará) para *P.triticina* (Figura 2.25; Anexo II Tablas 2.22).

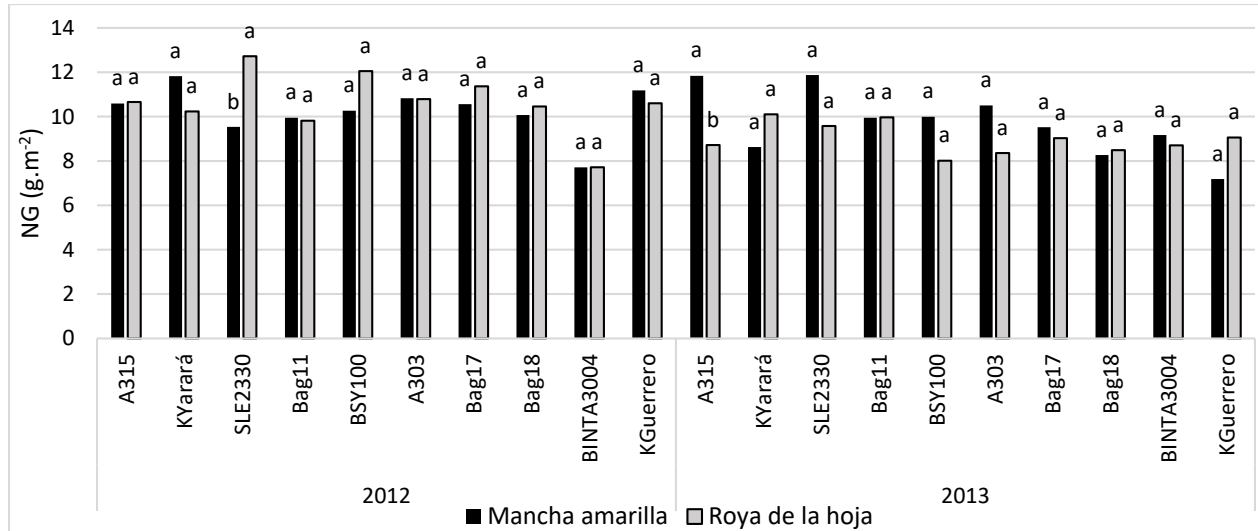


Figura 2.25. Medias del N acumulado en granos (NG) para la interacción Año x Patógeno x Cultivar en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$).

Si bien la interacción *Patógeno x Inoculación* para el NG no mostró diferencias significativas se indica en la Figura 2.26 para evidenciar que dentro de *P.triticina* hubo diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación. Para ambos patógenos evaluados, incrementos en la concentración de inóculo provocaron reducciones en esta variable, sin embargo solo mostró diferencias significativas para *P.triticina*. En este sentido, el NG mostró una tendencia a disminuir un 11,2% y 11,8%, cuando los tratamientos BCI y ACI fueron contrastados con el de SI (10,8 g N.m⁻²) en *Py.tritici-repentis*, en tanto que para *P.triticina* las reducciones fueron del 17,7% (BCI) y 24,4% (ACI) con respecto al tratamiento sin inóculo (11,4 g N.m⁻²) (Figura 2.26).

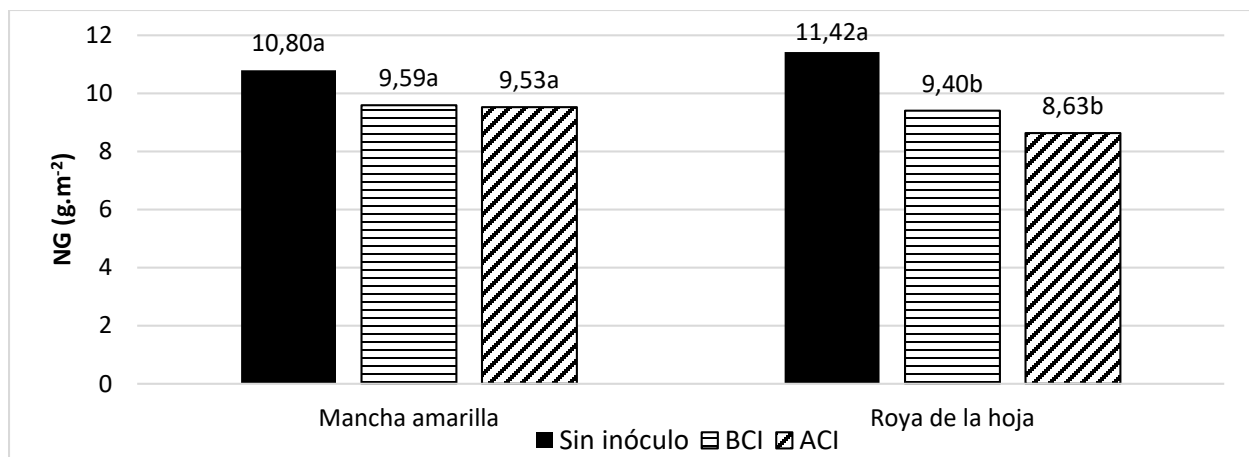


Figura 2.26. Medias del N acumulado en granos (NG) para la interacción *Patógeno x Inoculación* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$). BCI: baja concentración de inóculo; ACI: alta concentración de inóculo

En las Figura 2.27 se indica el comportamiento de la interacción *Patógeno x Inoculación* para el NREM (a), NPA (b), %NG (c), NG (d), ERN (e) e ICN (f). El NREM presentó mayores caídas ante incrementos en la concentración de inóculo de *P.triticina* con respecto a *Py.tritici-repentis* (Fig. 2.27a), en tanto que el NPA no evidenció reducciones ante incrementos en la dosis de inóculo de los patógenos y no presentó diferencias significativas para esta variable (Fig. 2.27b). Por su parte, el %NG mostró un comportamiento diferencial según el patógeno testado. Ante *Py.tritici-repentis*, incrementos en la dosis de inóculo provocaron aumentos en el %NG (rectas de ajuste pasan por encima de la recta de efecto nulo), en tanto que ante *P.triticina* el comportamiento es inverso, mayores dosis de inóculo reducen el %NG (Fig. 2.27c).

Por su parte el NG (Fig. 2.27d) presentó menor acumulación ante *P.triticina* comportamiento que estaría explicado por los menores valores de NREM y %NG previamente descriptos, ya que la reducción en el rendimiento ante los dos patógenos fue similar (fig 2.12d). Tanto la ERN (Fig. 2.27e) como el ICN (Fig. 2.27f) presentaron menores valores ante incrementos en los niveles de enfermedad de *P.triticina* respecto a *Py.tritici-repentis*.

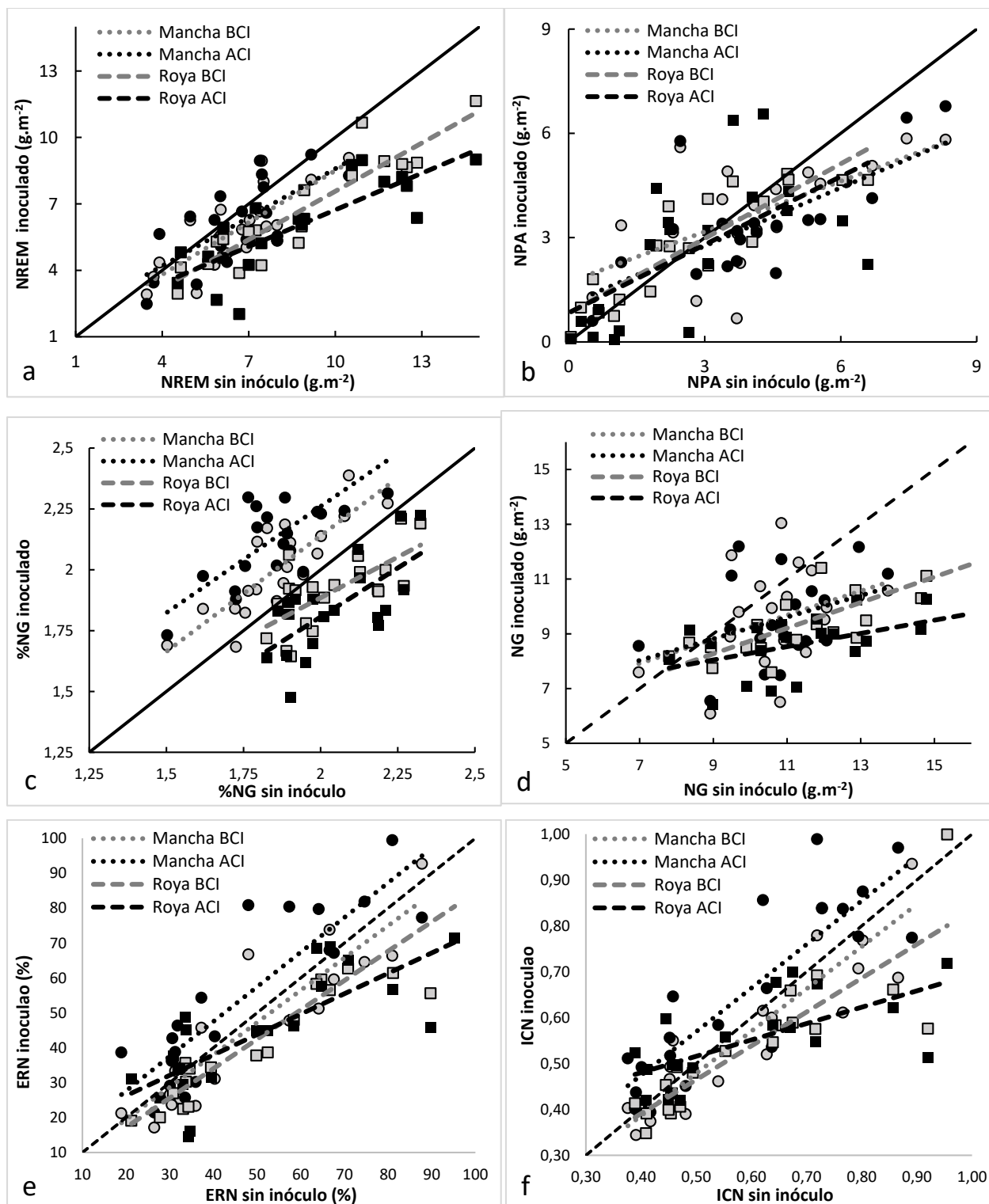


Figura 2.27. Rectas de regresión para la interacción *Patógeno* \times *Inoculación* del (a) Nitrógeno removilizado (NREM), (b) N absorbido en post-antesis (NPA), (c) %N en granos (%NG) y (d) N acumulado en granos (NG); (e) Eficiencia en la removilización de nitrógeno (ERN); (f) Índice de cosecha de nitrógeno (ICN) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, con diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. • (baja concentración de *Py. tritici-repentis*), ● (alta concentración)

de *Py. tritici-repentis*), ■ (baja concentración de *P. triticina*), ■ (alta concentración de *P. triticina*). La línea negra punteada indica la relación 1:1

2.3.7. Tolerancia a la pérdida de rendimiento frente a infecciones de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, sus implicancias en la calidad de trigo pan y en la dinámica del nitrógeno

Los valores promedio para los dos años y para cada patógeno por separado de las pendientes de regresión lineal entre DAFV y el rendimiento mostraron diferencias significativas entre cultivares, lo que permitió detectar la existencia de cultivares tolerantes y sensibles a mancha amarilla y roya de la hoja (Tabla 2.14). El modelo de cuantificación de tolerancia que consideraron la pendiente de la regresión entre la DAFV y el rendimiento presentó un buen ajuste ante los dos patógenos evaluados (Figuras 2.36 y 2.37). La comparación entre las rectas de regresión para cada patógeno, evidenciaron que algunos cultivares fueron tolerantes a las dos enfermedades, en tanto que otros, mostraron diferencias notorias. En este sentido, los cultivares BINTA3004 y KGuerrero fueron tolerantes a ambas enfermedades en los dos años, presentando bajos valores de pendiente entre la DAFV y el rendimiento, en tanto que los demás cultivares variaron su comportamiento en función de la enfermedad considerada (Tabla 2.14, Fig. 2.36). Así, para mancha amarilla se observó que los genotipos SLE2330, Bag17 y A303 tuvieron valores de pendiente significativamente bajos, tratándose de cultivares tolerantes mientras que KYarará, BSY100 y Bag18 se comportaron como sensibles (valores de pendiente significativamente elevados, Tabla 2.14, Fig. 2.36a). Con respecto a roya de la hoja, se observó que los cultivares A315, KYarará y Bag11 fueron los más tolerantes (valores de pendiente significativamente bajos) mientras que SLE2330, Bag17 y A303 fueron algunos de los más sensibles (valores de pendiente elevados, Tabla 2.14, Fig. 2.36b).

Tabla 2.14. Pendientes (coeficiente b) de las rectas de regresión entre el rendimiento en grano y la duración del área foliar verde promedio de los dos años para mancha amarilla y roya de la hoja (MA y RH respectivamente) en un ensayo de trigo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* en diferentes tratamientos de inoculación y diez cultivares durante 2012 y 2013

Cultivar	Grupo de Calidad	Pendiente para MA	Pendiente para RH
A315	1	21,1 ab	5,4 bc
KYarará	1	28,6 a	13,4 bc
SLE2330	1	10,0 b	20,8 ab
Bag11	2	17,6 ab	9,5 bc
BSY 100	2	35,0 a	18,5 ab
A303	3	15,4 b	22,6 a
Bag17	3	13,4 b	22,6 ab
Bag18	3	26,4 a	17,5 ab
BINTA3004	3	6,2 b	4,0 c
KGuerrero	3	13,6 b	14,9 b

Por el contrario, el modelo que cuantifica tolerancia considerando la pendiente de regresión entre ABCPE con el rendimiento no mostró resultados consistentes ni significativos. Por otra parte, se observó que la tolerancia estuvo negativamente correlacionada con el potencial de rendimiento de los cultivares, tanto para mancha amarilla ($R^2=0,718$) como para roya de la hoja ($R^2=0,661$) indicando que los cultivares de mayor potencial de rendimiento fueron los más sensibles independientemente del tipo de enfermedad (Fig. 2.38). Del mismo gráfico se desprende que no necesariamente los cultivares de mejor aptitud panadera (grupo de calidad 1) fueron de menor potencial de rendimiento y viceversa. Por ejemplo, el cultivar BINTA 3004 que es un cultivar de grupo de calidad 3 (baja aptitud panadera) evidenció el menor potencial de rendimiento (Fig. 2.38).

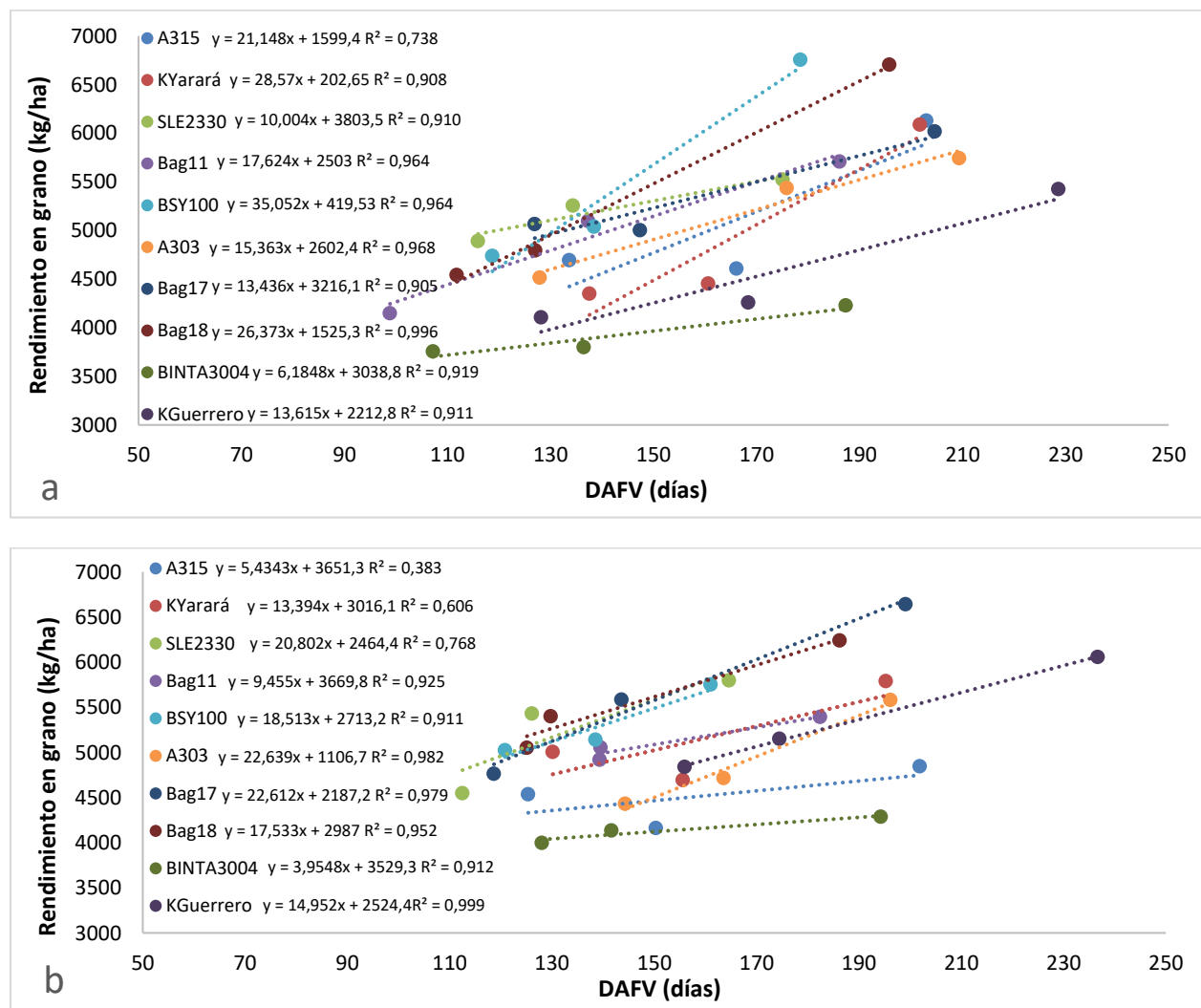


Figura 2.36. Rectas de regresión entre la duración del área foliar verde (DAFV) y el rendimiento en grano promedio para los dos años en diez cultivares de trigo con diferentes tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* (a) y *P. triticea* (b)

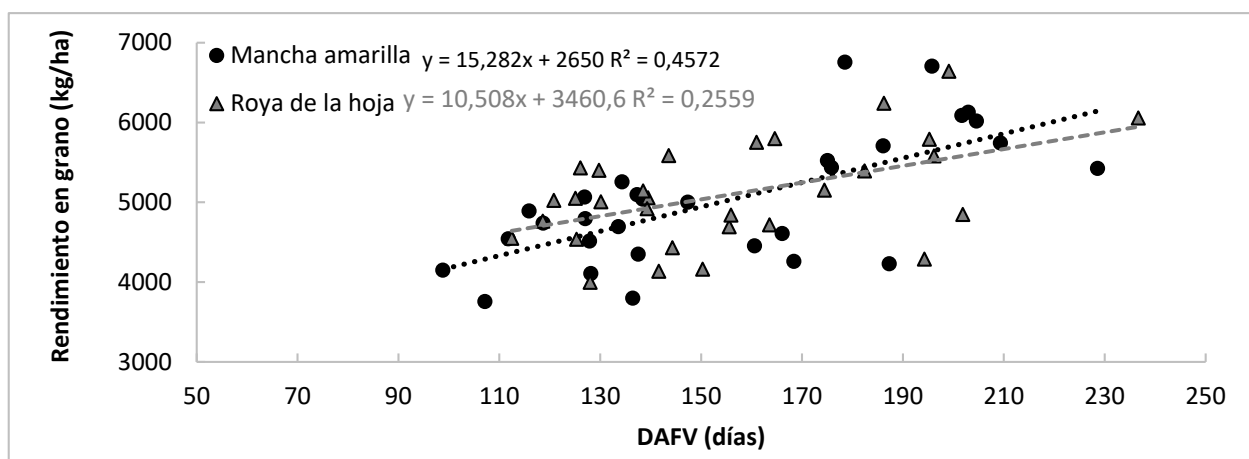


Figura 2.37. Recta de regresión entre la duración del área foliar verde (DAFV) y el rendimiento en grano promedio para las 10 cultivares enfermas con mancha amarilla y roya de la hoja para los dos años.

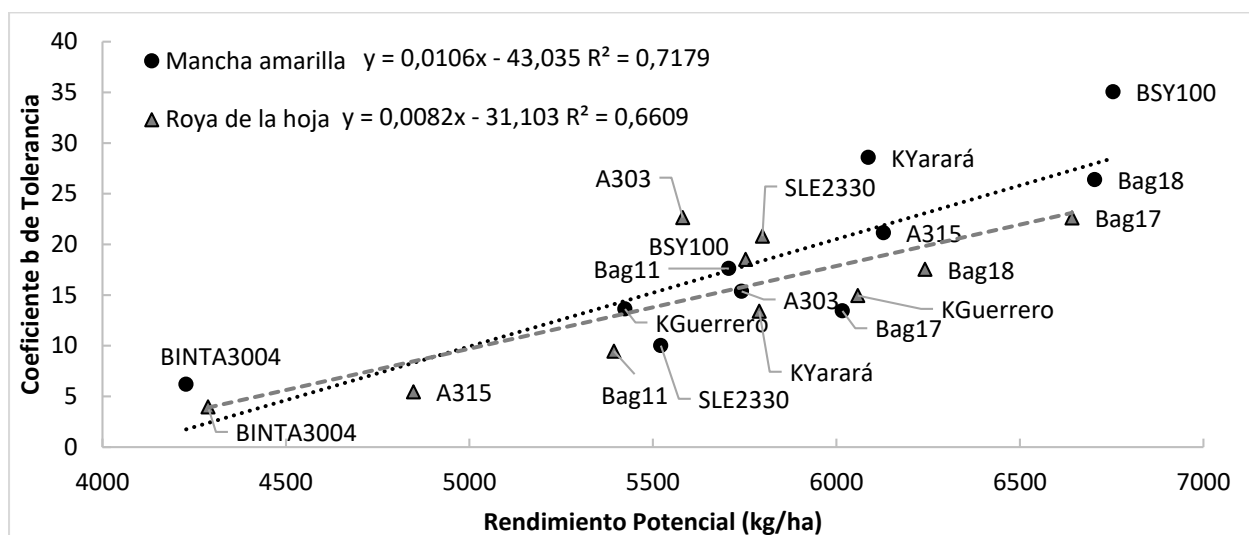


Figura 2.38. Rectas de regresión entre el rendimiento potencial de los cultivares (tratamientos protegidos) y el coeficiente b de tolerancia para los dos años promedio en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013. La línea punteada representa el ajuste para los 10 cultivares inoculados con cada patógeno

Por otro lado, en la Tabla 2.15 se observa que existió una relación significativa entre el grupo de calidad y el porcentaje de variación de algunos parámetros asociados a la dinámica del N cuando fueron comparados tratamientos de inoculación extremos (ACI frente al testigo sin inocular) y dependiendo del tipo de patógeno inoculado. En este sentido, comparando el tratamiento sin inóculo con ACI, los cultivares de mejor aptitud panadera (grupo de calidad 1) presentaron menores variaciones del %NG que los de grupo de calidad 2 y 3 ante infecciones de

Py. tritici-repentis cuyos incrementos oscilaron entre el 10,5% 16,6% y 17,1%, respectivamente ($p=0,095$; $R^2=0,308$; Tabla 2.15). Lo mismo ocurrió con inoculaciones de *P. triticina*, donde los cultivares del grupo de calidad 1 presentaron menores variaciones del %NG que los de grupo de calidad 2 y 3 ($p=0,09$; $R^2=0,32$; Tabla 2.15), aunque con valores más bajos y pendiente negativa (disminuciones del 7,72%, 8,14% y 12,1%, respectivamente).

Tabla 2.15. Coeficientes de determinación (R^2), pendiente y probabilidad (p) entre el grupo de calidad y el porcentaje de variación de las variables relacionadas a la dinámica del N (entre la alta concentración de inóculo y el testigo sin inocular) promedio de dos años para mancha amarilla (MA) y roya de la hoja (RH)

	%Nant		%NG		%Ncos		NPA	
	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH
Valor de p	0,261	0,73	0,095*	0,09*	0,512	0,15	0,47	0,92
R^2	0,154	0,01	0,308	0,32	0,055	0,24	0,06	0,001
Pendiente	1,71	1,23	3,15	-2,30	1,588	4,72	5,03	-2,30

	NREM		NG		Nant		Ncos		ERN		ICN	
	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH
Valor de p	0,83	0,76	0,52	0,18	0,18	0,92	0,35	0,36	0,396	0,81	0,437	0,364
R^2	0,005	0,01	0,05	0,21	0,21	0,01	0,11	0,10	0,091	0,007	0,077	0,103
Pendiente	1,17	-1,15	2,45	-4,33	-3,50	0,23	-1,90	-1,79	6,17	-1,284	4,06	-3,88

%Nant: %N de nitrógeno en antesis; %Ncos: %N en planta entera a cosecha; %NG: Porcentaje de nitrógeno en granos; NPA: N absorbido en post-antesis; NREM: Nitrógeno removilizado; NG: N acumulado en granos; Nant: Nitrógeno acumulado en antesis; Ncos: Nitrógeno acumulado a cosecha en planta entera; ERN: Eficiencia en la removilización de nitrógeno; ICN: Índice de cosecha de nitrógeno (* valores de $p<0,05$; † $p<0,10$)

Se evidenciaron efectos de la tolerancia sobre la dinámica del N en dos de las variables evaluadas (NPA ante *P.triticina* y NREM ante *Py.tritici-repentis*) y tres rasgos que mostraron efecto de tolerancia para ambos patógenos (NG, ERN e ICN). Las correlaciones entre las pendientes de regresión que indican tolerancia con las variaciones de los parámetros asociados a la dinámica del N comparando la ACI con el testigo sin inocular resultaron significativas para NPA ante *P.triticina*, NREM para *Py.tritici-repentis*, y las variables NG, ICN y ERN para ambos patógenos. En este sentido, los cultivares tolerantes BINTA3004, KGuerrero y A315 experimentaron menores variaciones del NPA con respecto a los cultivares no tolerantes Bag17 y A303 ante *P.triticina* ($p=0,046$; $R^2=0,41$; Tabla 2.16). Para el NG los genotipos tolerantes BINTA3004, SLE2330, Bag17 y A303 mostraron menores reducciones en esta variable que BSY100, Bag18 y KYarará ante *Py.tritici-repentis* ($p=0,006$; $R^2=0,62$; Tabla 2.16), en tanto que para *P.triticina* los cultivares BINTA 3004, KGuerrero y Bag11 fueron los que menores variaciones mostraron ante incrementos en la dosis de inóculo y se diferenciaron significativamente de SLE2330, Bag17 y A303 que fueron los menos tolerantes ($p=0,001$; $R^2=0,72$; Tabla 2.16), sin embargo inoculaciones con este patógeno provocaron mayores reducciones del NG, que se ponen de manifiesto por los menores valores de la pendiente. Por su parte, cuando NREM fue

evaluado en *Py.tritici-repentis* los genotipos INTA3004, Bag17, KGuerrero y SLE2330 mostraron menores reducciones que BSY100, Bag18 y KYarará (sensibles) ($p=0,03$; $R^2=0,45$; Tabla 2.16).

En ambos patógenos, el ICN y el ERN parecen ser mecanismos vinculados a tolerancia a los dos patógenos evaluados. En RH, los genotipos Bag11, A315, BINTA3004 y Bag17 presentaron tolerancia para el carácter ERN en tanto que SLE2330 y Bag18 se presentaron como los más intolerantes ($p=0,083$; $R^2=0,320$; Tabla 2.16). En tanto que para MA, los genotipos que presentaron mejor comportamiento fueron BINTA3004, KGuerrero y SLE2330, en tanto que Bag18 y A315 fueron los más intolerantes ($p=0,034$; $R^2=0,445$; Tabla 2.16). Por su parte, para el ICN y cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, los genotipos BINTA3004, KGuerrero, SLE2330 se comportaron como tolerantes y en tanto que Bag18 y A315 fueron los más intolerantes o sensibles a esta variable ante incrementos en la dosis de inóculo de este patógeno ($p=0,023$; $R^2=0,494$; Tabla 2.16), en tanto que en roya de la hoja, los genotipos A315, BINTA3004 y Bag11 evidenciaron tolerancia para la ICN, en tanto que Bag18, SLE2330, Bag17 y A303 fueron los más sensibles ($p=0,001$; $R^2=0,734$; Tabla 2.16).

Tabla 2.16. Coeficientes de determinación (R^2), pendiente y probabilidad (p) entre la tolerancia y porcentaje de variación las variables relacionadas a la dinámica del N entre la alta concentración de inóculo y el testigo sin inocular promedio de los dos años para mancha amarilla (MA) y roya de la hoja (RH)

	%Nant		%NG		%Ncos		NPA	
	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH
Valor de p	0,68	0,29	0,71	0,15	0,51	0,98	0,35	0,046*
R^2	0,022	0,13	0,02	0,24	0,06	0,0001	0,11	0,41
Pendiente	0,07	0,50	-0,08	-0,27	-0,16	0,01	-0,66	-5,28

	NREM		NG		Nant		Ncos		ERN		ICN	
	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH	MA	RH
Valor de p	0,03*	0,51	0,006*	0,001*	0,26	0,64	0,60	0,23	0,034*	0,083*	0,023*	0,001
R^2	0,45	0,06	0,62	0,72	0,16	0,03	0,04	0,18	0,445	0,320	0,494	0,734
Pendiente	-1,07	-0,33	-0,86	-1,09	0,31	0,15	0,11	-0,31	-1,39	-1,14	-1,051	-1,398

%Nant: %N de nitrógeno en antesis; %Ncos: %N en planta entera a cosecha; %NG: Porcentaje de nitrógeno en granos; NPA: N absorbido en post-antesis; NREM: Nitrógeno removilizado; NG: N acumulado en granos; Nant: Nitrógeno acumulado en antesis; Ncos: Nitrógeno acumulado a cosecha en planta entera; ERN: Eficiencia en la removilización de nitrógeno; ICN: Índice de cosecha de nitrógeno (* valores de $p<0,05$; + $p<0,10$)

2.4. Discusión

Las variaciones climáticas entre años influenciaron fuertemente el desarrollo epidemiológico de las enfermedades evaluadas, coincidiendo con Wegulo *et al.* (2012) y Campbell & Madden (1990), al jugar un rol preponderante tanto la temperatura media, humedad relativa ambiente y precipitaciones en la supervivencia, reproducción y sobrevivencia de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*. En este sentido, el año 2012 presentó condiciones más favorables para el desarrollo de enfermedades en post-floración debido a la mayor acumulación de precipitaciones, humedad relativa y temperaturas medias más elevadas que provocaron mayores niveles de ABCPE y mayores tasas de caída del IAFV. Las condiciones meteorológicas predisponentes en 2012 provocaron mayores niveles de ABCPE que se incrementó significativamente con el aumento de la concentración de inóculo en ambos patógenos. Además, dicha variable fue significativamente superior con roya de la hoja que con mancha amarilla probablemente debido a la alta tasa de infección de este patógeno biotrófico, que puede completar su ciclo de infección con formación de nuevas pústulas en períodos relativamente cortos (8 a 10 días), por lo que su desarrollo epidémico se hace exponencial en forma rápida (Roelfs *et al.* 1992; Wiik 2009). En este sentido, cabe mencionar que *Py. tritici-repentis* requiere temperaturas óptimas de 19 a 20 °C, aunque su rango puede ser más amplio (10-30 °C), necesitando además 18 horas de mojado sobre sus hojas para una infección exitosa (Fernández *et al.* 1996). Por otro lado, *P. triticina* es más exigente con respecto a temperaturas medias (15 a 22 °C) y requiere un período de mojado de 6 a 8 horas (Alberione 2005), rango de condiciones que se presentaron a partir del mes de octubre en ambos años, con temperaturas medias superiores a 16 °C y humedad relativa superiores al 80%.

En este trabajo, donde se realizaron inoculaciones artificiales y en forma separada de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, el aumento en la concentración de inóculo de los patógenos provocó disminuciones en la DAFV, coincidiendo con lo reportado en distintos patosistemas por Waggoner & Berger (1987); Dimmock & Gooding (2002a); Parker *et al.* (2004) y van den Berg *et al.* (2013), a partir del aumento en la clorosis y senescencia foliar senescencia anticipada de las hojas, pudiendo finalizar con la caída y desaparición de los estratos foliares afectados o provocando la muerte acelerada de macollos. En un mismo sentido, Sharma *et al.* (2004) y Rosyara *et al.* (2006) documentaron disminución en la DAFV de la hoja bandera ante infecciones causadas por *Cochliobolus sativus* (S Ito & Kurib) [anamorfo *Bipolaris sorokiniana* (Sacc) Shoem] y *Py. tritici-repentis*. De la misma manera, Serrago *et al.* (2009) verificaron caídas en esta variable ante

infecciones de *P. triticina*, *Py. tritici-repentis* y *M. graminicola*. Coincidiendo con Gooding *et al.* (2000), la presencia de patógenos foliares provocan disminuciones en la DAFV a partir del adelantamiento en la senescencia foliar. En un mismo sentido, Carretero *et al.* 2010 encontraron disminuciones en el IAFV de trigo ante epidemias en post-floración de patógenos necrótrofos como *Py.tritici-repentis* y *Alternaria triticina*. Similares respuestas fueron reportadas ante epidemias originadas por *P.triticina* y *S.tritici* (Bancal *et al.* 2007), en tanto que Serrago *et al.* 2009 reportaron caídas en el IAFV ante infecciones conjuntas de *P.triticina*, *Py.tritici-repentis* y *S.tritici*. Para el periodo EC39-EC82, se detectaron mayores diferencias entre tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* aunque las inoculaciones con *P. triticina* mostraron tasas de caída superiores en los tres tratamientos de inoculación, comportamiento que podría ser explicado por los valores superiores en IAFV en EC39 con *P. triticina* con respecto a *Py. tritici-repentis* y a las mayores tasas de infección que *P. triticina* presenta.

En relación al comportamiento de los genotipos evaluados, se encontró una estrecha relación entre aumentos en el ABCPE con disminuciones de la DAFV. En este sentido, los cultivares KGuerrero, A303 y A315 se destacaron por poseer un mejor comportamiento sanitario en promedio de los dos años y por mantener altos valores de DAFV en comparación a los restantes genotipos. Por otro lado, los cultivares SLE2330, BSY100, Bag11 y Bag18 evidenciaron altos valores de ABCPE y bajos valores de DAFV. En 2012 no existieron diferencias significativas de susceptibilidad entre enfermedades en todos los cultivares utilizados, con excepción del cultivar KYarará que presentó mayor susceptibilidad a roya de la hoja. En cambio, en 2013, tanto KYarará como los cultivares SLE2330, Bag17, Bag18 y BINTA3004 fueron significativamente más susceptibles a roya de la hoja que a mancha amarilla.

Bajo las condiciones exploradas en el presente trabajo, incrementos en la concentración de inóculo de *Py.tritici-repentis* y *P.triticina* provocaron reducciones en la generación de biomasa de hasta 25,6% en EC60 y de hasta 21,4% (ante *Py.tritici-repentis*) a 31,9% (ante *P.triticina*) con respecto al tratamiento SI en EC95. Se detectó una tendencia a mayores disminuciones de esta variable en EC39 (datos no mostrados) y EC60 ante inoculaciones de *Py.tritici-repentis*. En EC82 (datos no mostrados) y EC95 fue *P.triticina* el que mostró mayores reducciones, lo que se explica por el aumento que tuvo la RH en post-floración (mayores niveles de ABCPE) que provocó mayores reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo ante inoculaciones con este patógeno. En este sentido, Waggoner & Berger (1987) y Bancal *et al.* (2007) afirmaron que las enfermedades foliares afectan la producción de biomasa al reducir el IAFV, como consecuencia de aumentos en la senescencia foliar (Bergamin Filho *et al.* 1997; Jesus Junior *et*

al. 2001) tanto en las hojas del vástago principal como del estrato de macollos (Lim & Gaunt 1986; Whelan *et al.* 1997). Simón *et al.* (2011) documentaron disminuciones en la biomasa aérea del trigo a partir del estadio EC23 (pleno macollaje) frente a infecciones naturales causadas por *Py.tritici-repentis* con respecto a testigos protegidos. De manera similar, Sharma *et al.* (2004) evaluando el comportamiento a *Py.tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en la biomasa a cosecha de 2% a 24% frente a testigos protegidos. Ante infecciones naturales causadas por *P.triticina* y *S.tritici*, Robert *et al.* (2004) reportaron importantes caídas en la materia seca de los tallos en post-floración que explicaron las reducciones en la biomasa aérea del cultivo. Por su parte, Serrago *et al.* (2009) y Carretero *et al.* (2010) evidenciaron disminuciones en la producción de biomasa en post-floración ante inoculaciones de *P.triticina* y un complejo de enfermedades causadas por *Py.tritici-repentis*, *S. tritici* y *A. triticina*, lo que coincide con los resultados encontrados en este trabajo para los estadios de EC60, EC82 (datos no mostrados) y EC95.

Las enfermedades foliares evaluadas generaron reducciones notorias en el rendimiento ante aumentos en las concentraciones de inóculo ensayadas. En este sentido, la mancha amarilla ocasionó mermas del -16,0% (BCI) y del -22,4% (ACI) en tanto que roya de la hoja generó disminuciones del orden de -14,3% (BCI) y del -16,9% (ACI). El efecto de la mancha amarilla y la roya de la hoja sobre el rendimiento del trigo ha sido ampliamente documentado a nivel mundial, sin embargo la mayoría de los ensayos han sido evaluados bajo infecciones naturales y conjuntas. En este sentido, Wegulo *et al.* (2012) comprobaron reducciones del 27-42% en el rendimiento frente a infecciones conjuntas ocasionadas por *Py. tritici-repentis* y *M. graminicola*. Sharma & Duveiller (2006) reportaron pérdidas en el rendimiento de hasta un 38% ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y *Bipolaris sorokiniana*. En tanto que Luz (1984) encontró pérdidas de hasta 43% ante epifitias naturales de estos dos patógenos en Brasil. Por otro lado, Rees *et al.* (1982) documentaron reducciones en el rendimiento del 49% bajo condiciones favorables para el desarrollo de mancha amarilla en Australia, en tanto que, en Estados Unidos, se reportaron caídas cercanas al 15% en parcelas inoculadas con este patógeno frente a testigos protegidos (Evans *et al.* 1999). Sharma *et al.* (2004) evaluando la resistencia a *Py.tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia encontraron disminuciones en el rendimiento de 2% a 26% frente a testigos protegidos. En Argentina, Carmona *et al.* (1998) verificaron en ensayos de eficiencia de fungicidas un aumento de entre 22 y 55% con respecto a testigos enfermos con *Py. tritici-repentis*. En tanto que Serrago (2010) estudiando diferentes años y ambientes encontró disminuciones en el rendimiento de 17 al 47% frente a infecciones de patógenos hemibiotróficos y necrotróficos (*M. graminicola* y *Py. tritici-repentis*) y biotróficos (*P.*

triticina), respectivamente. Por su parte, infecciones naturales causadas por RH y septoriosis de la hoja produjeron disminuciones en el rendimiento de 50% frente a parcelas con fungicida (Robert *et al.* 2004). Recientemente, Serrago *et al.* (2014) reportaron caídas en el rendimiento de 25% frente a inoculaciones con *P. triticina* con respecto a testigos protegidos.

Por otro lado, bajo las condiciones exploradas en este trabajo, no se detectaron disminuciones del NESP ante inoculaciones de *P. tritici-repentis* y *P. triticina*. En general, las principales enfermedades foliares de Argentina tienden a tener un impacto relativamente bajo sobre la producción y supervivencia de macollos y por lo tanto en el NESP. Esto podría deberse a que la disminución de este componente está asociada generalmente a epifitias en estadios fenológicos tempranos (e.g. macollaje). En el presente estudio, las enfermedades tuvieron una baja incidencia en estadios tempranos y presentaron un mayor desarrollo a partir de antesis, explicada por las condiciones ambientales más propicias para su desarrollo. En este sentido, Varga *et al.* (2005) no encontraron caídas en el NESP frente a epifitias naturales de *M. graminicola* y *Puccinia striiformis f. sp. tritici* (agente causal de la roya estriada) en trigo. Coincidiendo con nuestros resultados, otros autores como Robert *et al.* (2004) y Carignano *et al.* (2008) utilizando inoculaciones y/o infecciones naturales no observaron caídas en el NESP. Contrariamente, Ronis *et al.* (2009) observaron disminuciones de esta variable ante epifitias causadas por *Py. tritici-repentis* y *M. graminicola* explicadas por condiciones predisponentes tempranas para el desarrollo de estas enfermedades y por la utilización de cultivares altamente susceptibles a estos patógenos. En un mismo sentido, Simón *et al.* (2002, 2011) documentaron caídas de 4 a 14% en esta variable ante infecciones tempranas generadas por *S. tritici* que influenciaron la producción y supervivencia de macollos. Asimismo, Castro (2016) documentó caídas de significativas de la producción y supervivencia de macollos con inoculaciones de *S. tritici* en macollaje con respecto al testigo protegido.

Las principales causas de pérdida de rendimiento debidas a enfermedades foliares derivan fundamentalmente de las disminuciones provocadas sobre el NGE y el PMG. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, donde la caída del NGT, ante aumentos en la concentración de inóculo de los patógenos foliares, se explica fundamentalmente por caídas en el NGE y no por variaciones en el NESP. En efecto, el NGE fue uno de los componentes del rendimiento más afectado por *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* provocando importantes reducciones en el NGT, principal componente del rendimiento (Miralles & Slafer, 1999; Borrás *et al.* 2004). Se detectó una importante variabilidad en la reducción de esta variable con el aumento del inóculo entre años, llegando a un -8,30% con la ACI de inóculo en 2012 frente a un -22,4% en 2013, para

el mismo tratamiento frente al tratamiento sin inocular. Cuando fueron comparados los efectos de la concentración de inóculo de los patógenos, se detectó una tendencia a mayor disminución en el NGE ante inoculaciones con ACI de *P. triticina*, con reducciones de hasta -18,7% en relación al tratamiento sin inocular, en tanto que ante *Py. tritici-repentis* esta caída fue de hasta -12,9%. Coincidiendo con Rees *et al.* (1982) y Shabeer & Bockus (1988) y en contraste con Varga *et al.* (2005) y Carignano *et al.* (2008), el tratamiento sin inóculo presentó mayores valores de NGE comparado con tratamientos enfermos. En un mismo sentido, Castro (2016) observó caídas en el NGE frente a inoculaciones de *M. graminicola*. Por su parte, Simón *et al.* (2011) también reportaron disminuciones de este componente de rendimiento ante inoculaciones de *Py. tritici-repentis*, en tanto que Robert *et al.* (2004) reportaron caídas en el NGE cercanas a 14% con respecto a testigos sanos ante infecciones naturales causadas por *P. triticina* y *S. tritici*.

Reducciones en el PMG ante epifitias de patógenos fúngicos foliares han sido asociadas con infecciones en post-floración por diversos autores (Simón *et al.* 1996; Wang *et al.* 2004; Ishikawa *et al.* 2012). Los menores valores en el PMG detectados en 2012 con respecto a 2013, estuvieron explicados por la epifitia de la fusariosis de la espiga generada por *Gibberella zeae* (Schwein) Petch (anamorfo *Fusarium graminearum* Schwabe) en el primer año, que ha sido asociado con disminuciones en esta variable, debido a la formación de granos poco desarrollados, arrugados y de bajo peso (Kohli *et al.* 1995). En este sentido, los cultivares BINTA3004 (41,8% de incidencia en granos), Bag17 (11,8%) y Bag18 (12,9%) fueron los genotipos más afectados por la enfermedad. En este trabajo, las inoculaciones con *Py. tritici-repentis* redujeron el PMG hasta un -6,25% frente al tratamiento sin inocular, en tanto que *P. triticina* produjo caídas de hasta -9,40%. Dentro de los componentes del rendimiento, la disminución en el PMG ante infecciones generadas por patógenos foliares en trigo ha sido ampliamente documentada (Gooding *et al.* 2000; Dimmock & Gooding 2002a; Ishikawa *et al.* 2012). Coincidiendo con Carignano *et al.* (2008) y Simón *et al.* (2011), tratamientos enfermos presentaron disminuciones en esta variable en comparación a tratamientos que no fueron inoculados. En este sentido, Castro (2016) observaron reducciones significativas del PMG de hasta 13,7% ante inoculaciones con *M. graminicola*. Similares respuestas fueron reportadas por Bancal *et al.* (2008) y Varga *et al.* (2005) ante infecciones naturales generadas por *P. triticina* y *M. graminicola*. Sharma *et al.* (2004), evaluando el comportamiento a *Py. tritici-repentis* de 60 cultivares primaverales de distinta procedencia, encontraron disminuciones en el PMG desde 2,6% al 33% frente a testigos protegidos. Por su parte, Serrago *et al.* (2011) encontraron caídas en el PMG de 8,5% ante infecciones en pos-antesis generadas por *P. triticina*, *Py. tritici-repentis* y *M. graminicola*. Ante epifitias causadas por *P. triticina* y *M. graminicola*, Robert *et al.* (2004) documentaron caídas en el PMG del 38 al 40%,

en tanto que, Serrago *et al.* (2014) reportaron disminuciones en el peso del grano de hasta 25% frente ante inoculaciones de *P. triticina*, presentando las mayores reducciones aquellos granos localizados en posiciones distales de espiguillas centrales. En este sentido, varios autores indican que la cantidad de asimilados disponible por grano fijado (relación fuente/destino) puede ejercer un efecto en el impacto de las enfermedades sobre el PMG (Pepler *et al.* 2006, Serrago *et al.* 2011). Los asimilados (fuente) para el crecimiento de los granos en desarrollo (destinos) provienen principalmente de la fotosíntesis de las hojas (fotosíntesis actual), también de órganos como las espigas (Maydup *et al.* 2010; Molero *et al.* 2015) y en caso que la fuente fotosintética sea insuficiente para completar el llenado el cultivo, puede removilizar las reservas almacenadas en los tallos (Bingham *et al.* 2009; Miralles *et al.* 2014). En este sentido, se debe considerar que en aquellas situaciones con relaciones fuente/destino más deprimidas, ya sea por poca fuente (fotosíntesis foliar afectada o bajo nivel de reservas en tallo) o por gran cantidad de destinos (alto número de granos fijados), habrá mayores efectos en el peso de granos por la presencia de enfermedades durante el período de llenado (Serrago *et al.* 2011), sin embargo debería tenerse en cuenta que en estos casos la fotosíntesis de la espiga podría amortiguar e incrementar el peso de los granos (Maydup *et al.* 2010). Bajo las condiciones de este estudio, los cultivares Bag18 y Bag17, presentaron las mayores caídas en el PMG ante incrementos en la concentración de inóculo (en particular ante con *P. triticina*) probablemente asociados a un elevado NGE y NGT; respuesta que podría estar explicada por una limitación en la disponibilidad de asimilados (limitación por fuente).

Los efectos de los patógenos foliares sobre la generación de biomasa anteriormente descriptos provocaron reducciones significativas en la acumulación de N en la parte aérea en antesis (Nant), en planta entera a cosecha (Ncos) y en parte vegetativa a cosecha (Ncveg) ante incrementos en la dosis de inóculo. En este sentido, el Nant (g.m^{-2}) presentó reducciones de hasta 14,0% (2012) y 27,7% (2013) cuando los tratamientos ACI fueron contrastados con el SI. Por su parte, el Ncos (g.m^{-2}) presentó caídas ante incrementos en la concentración de inóculo de 12,8% (2012) y 25,9% (2013) con respecto al tratamiento SI, en tanto que el NCveg presentó reducciones de hasta el 32,4% (2013) ante el tratamiento ACI con respecto a SI. En este sentido y coincidiendo con Cox *et al.* 1985b; Rodgers & Barneix, 1988 y Barbottin *et al.* 2005 la cantidad de N acumulado en la biomasa aérea depende de las condiciones de crecimiento del cultivo (entre ellas la presencia o ausencia de estreses que afectan la tasa de crecimiento del cultivo) y el genotipo evaluado. Disminuciones en estas variables ante incrementos en la dosis de inóculo de ambas enfermedades esta en línea con la estrecha asociación entre la producción de biomasa aérea con la acumulación de N que ha sido documentada por Golik *et al.* 2003, Barbottin *et al.*

2005 y Golik *et al.* 2007. Por su parte Anbessa *et al.* (2009) indicaron que las diferencias entre genotipos en cuanto al Nant se debieron principalmente a la variación genotípica en cuanto a la generación de biomasa en este estadio mas que diferencias en el %Nant. Efectos de patógenos fungicos foliares sobre estas variables han sido previamente documentados por Bancal *et al.* 2008 ante infecciones naturales de *S.tritici* y *P.triticina* y podrían ser consecuencia de una reducción en la captación de N a partir de caídas en la tasa de crecimiento del cultivo y a los efectos de las enfermedades foliares sobre el DAFV que provocan que la acumulación de Ncos se realice a una tasa menor y se detenga antes en cultivos enfermos.

Por otro lado, la información sobre el efecto de enfermedades foliares en el %NG presenta resultados contrastantes (Ruske *et al.* 2001, 2002, 2003; Arabi *et al.* 2007; Blandino & Reyneri 2009; Liaudat 2011; Ishikawa 2012; Simón *et al.* 2012; Schierenbeck *et al.* 2014b; Fleitas *et al.* 2015; Castro 2016; Fleitas *et al.* 2017; Fleitas *et al.* 2018a y b). En este trabajo, donde se realizaron inoculaciones artificiales y en forma separada con patógenos de diferente hábito nutricional, se encontraron variaciones en dirección y magnitud del contenido de nitrógeno en grano en función del tipo de patógeno inoculado. La variación de dirección se explicó debido a que el aumento de la concentración de inóculo de *Py. tritici-repentis* provocó incrementos en el %NG comparando la BCI (+7,89%) y la ACI (+14,9%) respecto al testigo sin inocular; en tanto que el de *P. triticina* generó disminuciones (-6,26% y -9,89% respectivamente) que fueron de menor magnitud que ante *Py.tritici-repentis*, comportamiento que queda evidente en las rectas de regresión 1:1 (figura 2.27c). Autores como Greaney *et al.* (1941) demostraron que la infección con *P. triticina* en los cultivares más susceptibles incrementó el %N en tallos y hojas y redujo la concentración de este elemento en el grano. Por otro lado, Caldwell *et al.* (1934) observaron que el control mediante fungicidas de roya de la hoja en cultivares susceptibles incrementó el índice de cosecha de 0,73 a 0,81 y que dichos efectos fueron más importantes que los efectos sobre los carbohidratos, de manera que el rendimiento proteico se redujo con la enfermedad un 14% respecto al testigo protegido. En este sentido, lo mencionado anteriormente concuerda con lo encontrado en este trabajo, donde el ICN disminuyó ante incrementos en la dosis de inóculo de *P.triticina* respecto al testigo sin inocular (0,59 vs. 0,53) y fue significativamente inferior al de *Py.tritici-repentis*. Asimismo, Fleitas *et al.* (2015) hallaron disminuciones significativas del %NG sobre un cultivar susceptible comparado con todos los tratamientos protegidos con fungicidas ante sucesivas inoculaciones de *P. triticina*. Sin embargo, en algunos casos ha sucedido lo contrario y se han encontrado diferencias genotípicas. En este sentido, Broadfoot (1931) informó importantes reducciones en la concentración de proteínas cuando *P. graminis* y *P. triticina* fueron

controladas con fungicidas, indicando que el patógeno tendió a incrementarla. Por su parte, Rees & Syme (1981) encontraron que la concentración de N en el grano fue reducida significativamente cuando se controló *P. graminis* en dos cultivares altamente susceptibles, pero que la concentración de proteínas se incrementó en un cultivar moderadamente susceptible. Por su parte, diversos autores han documentado incrementos en el %NG ante la aplicación de fungicidas en cultivos afectados por *P. tritici* y *P. striiformis* (Keed & White 1970; Abdel-Hak *et al.* 1987; Park *et al.* 1988; Morris *et al.* 1989; Herrman *et al.* 1996; Puppala *et al.* 1998). La bibliografía disponible (Dimmock & Gooding 2002b; Gooding 2006) indica que cuando predominan patógenos biotróficos, la infección puede ser más limitante para la acumulación y removilización de N en el grano que para la acumulación de materia seca, provocando consecuentemente un proceso de dilución del %NG en el grano.

Por otro lado, Dimmock & Gooding (2002b) y Gooding (2006) mencionan que cuando predominan patógenos necrotróficos o hemibiotróficos como es el caso de las manchas foliares, la enfermedad suele ser más limitante para la acumulación de carbohidratos. En el caso de patógenos necrotróficos como *Py. tritici-repentis*, es escasa la información sobre su efecto en el %NG. En este sentido Schierenbeck *et al.* 2014b y Fleitas *et al.* 2018b indicaron que incrementos en la concentración de inóculo del patógeno produjeron incrementos en el %NG, en tanto que esta información no es posible asimilarla exactamente con los efectos generados por *M. graminicola*, que presenta resultados contrastantes dada su condición de hemibiótrofo. En este sentido, autores como Gooding *et al.* (1994), Clare *et al.* (1993), Ruske *et al.* (2001), Ishikawa *et al.* (2012), Blandino & Reyneri (2009), Castro (2016) y Fleitas *et al.* (2017) observaron que la mancha de la hoja incrementó el %NG o no tuvo efectos. Contrariamente, autores como Morris *et al.* (1989), Hedke & Verret (1999) y Arabi *et al.* (2007) hallaron disminuciones del contenido proteico en presencia de la enfermedad. Por otro lado, Miranda *et al.* (2015) evaluando el efecto de alta y baja incidencia de *Magnaporthe oryzae* Couch [(anamorfo *Pyricularia oryzae*) Cavara patotipo *Triticum*], otro patógeno hemibiotrófico agente causal del brusone o tizón del trigo, no observaron efectos de la enfermedad sobre el %NG. Con respecto a los mecanismos ecofisiológicos que explicarían las diferencias de dirección en el %NG ante patógenos foliares de distinto hábito nutricional, se podría afirmar que organismos necrotróficos como *Py. tritici-repentis*, ejercen un daño directo sobre el área fotosintéticamente activa y disminuyen la radiación interceptada en áreas con tejido muerto, lo que genera un menor suministro y acumulación de carbohidratos (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck *et al.* 2016). Si estos procesos se dan particularmente en el periodo de llenado del grano y, dado que alrededor del 65-80% del N ya fue acumulado en antesis, hay un efecto de “concentración” de proteínas y por lo tanto, el porcentaje

de las mismas se incrementa en el grano. En cambio, organismos biotróficos como *P. triticina*, dado su condición de parásitos obligados, no sólo reducen el área fotosintéticamente activa y disminuye la RI (Bryson *et al.* 1995), sino que además afectan la EUR por incrementar la retención de azúcares y aminoácidos en los tejidos dañados (Schierenbeck *et al.* 2016), lo que restringe la removilización de los mismos hacia los granos en desarrollo (Dimmock & Gooding 2002a). En este sentido, Walters (1989) indicó que ante epidemias de *P. triticina* se produce una importante acumulación de N en las pústulas del patógeno, lo que implica una acumulación de N en las zonas afectadas de la hoja que actúan como destinos secundarios y no puede ser removilizado normalmente a los granos, respuesta que coincide con los resultados obtenidos en la presente tesis donde se detectaron disminuciones en la ERN ante inoculaciones de *P. triticina*, pudiendo ser uno de los mecanismos por los cuales disminuyó el %NG ante incrementos en la dosis de inóculo de este patógeno biotrófico.

Bajo las condiciones exploradas en este trabajo, inoculaciones de *P. tritici-repentis* y *P. triticina* provocaron reducciones en el NREM con efectos más notorios ante *P. triticina*. En este sentido, si bien se detectó una tendencia a reducciones de hasta el 11,5%, no se encontraron diferencias significativas en esta variable en los tratamientos BCI y ACI con respecto al tratamiento SI cuando *Py. tritici-repentis* fue el patógeno inoculado. En contraposición, inoculaciones con *P. triticina* provocaron disminuciones en el NREM del 23,8% (BCI) y 30,9% (ACI) comparado con el tratamiento SI, datos que concuerdan con lo documentado por Bancal *et al.* (2008) que encontraron disminuciones en el NREM de hasta el 35 % ante infecciones naturales conjuntas de *Z. tritici* y *P. triticina*, y son mayores que los valores encontrados por Gooding *et al.* (2005) con disminuciones de hasta el 12% ante los mismos patógenos, aduciendo además que infecciones de patógenos foliares y sus efectos sobre las variables ecofisiológicas implicadas en la generación de biomasa, provocan reducciones tanto en la duración como en la tasa de removilización de nitrógeno al grano. Por su parte, recientemente Castro (2016), detectó que *Z. tritici* redujo el NREM hasta 38,2% con respecto al testigo protegido, en tanto que Baastians (1993) documentó reducciones en la NREM ante infecciones de *Magnaporthe oryzae* en arroz. Entre los mecanismos asociados a las reducciones en el NREM ante la presencia de patógenos foliares Bancal *et al.* 2008 menciona que existe una estrecha relación entre la DAFV de cultivos enfermos y la NREM. Por su parte, Barbottin *et al.* 2005 documentaron que infecciones naturales de *P. triticina* y *P. striiformis* provocaron reducciones en el NREM, siendo estas más importantes cuando la presión de enfermedades fue temprana, en tanto que cuando el ciclo de cultivo en preanthesis se dio sin limitaciones en la absorción de N, sin stress hídrico y baja presión de enfermedades, el NREM se incrementó a partir de incrementos en la biomasa aérea y

consecuentemente en el Nant. Por otro lado, estos mismos autores mencionan que el NREM es dependiente de N disponible en la planta y la eficiencia de removilización de este nutriente (ERN) e indican que aquellos cultivares que presentan resistencia genética a enfermedades foliares tienen la capacidad de mantener altos niveles de ERN, en tanto que los genotipos susceptibles a enfermedades muestran caídas abruptas en este parámetro. Por su parte, nuestros resultados indican que el ERN mostró disminuciones respecto al tratamiento sin inóculo ante incrementos en la dosis de inóculo de *P.triticina* (0,51 vs. 0,44) comportamiento previamente documentado por Dimmock & Gooding, 2002 para patógenos biotrofos y hemibiotróficos, que pueden limitar la translocación de N al grano y esta en línea con las disminuciones en el ICN detectadas en este trabajo ante *P.triticina* (Fig 2.27e y 2.27f). Por su parte, inoculaciones con *Py.tritici-repentis* produjeron incrementos en el ERN respecto a testigos sin inóculo (0,46 vs. 0,53) y mayores valores que ante *P.triticina* para los tratamientos de BCI y ACI, al igual que en el ICN. En este sentido, Halloran *et al* (1981) y Palta *et al.* (1994) indicaron que incrementos en el ERN han sido detectados en situaciones donde la capacidad de la planta para absorber el N del suelo es baja, como en casos de stress hídrico en post-floración en climas mediterráneos o altas temperaturas que fuerzan a la planta a utilizar estrategias para mejorar el uso del N acumulado en las partes aéreas, sin embargo no hay hasta el momento antecedentes en la bibliografía que indiquen incrementos en la ERN ante epifitias de patógenos necrotróficos, pudiendo ser uno de los mecanismos que explicaron que no haya disminuciones importantes en el NREM ante *Py.tritici-repentis*.

Por otro lado, variaciones genotípicas en el NREM como las identificadas en este trabajo han sido previamente documentadas por Cox *et al.* 1985a evaluando 95 líneas F5 de trigo derivadas de un cruzamiento simple; por Gooding *et al.* 2005 y Kichey *et al.* 2007 evaluando genotipos europeos en diferentes años y esquemas productivos; por Barbottin *et al.* (2005) evaluando la NREM ante infecciones de *P.triticina* y *P.striiformis* en diez genotipos europeos, en tanto que no concuerdan con lo reportado por Castro (2016), que no encontró diferencias en el NREM en diez genotipos argentinos. Asimismo, Barbottin *et al.* (2005) demostraron que cuando no hay factores ambientales que limitan el llenado del grano, las diferencias en la cantidad de N removilizado que fue absorbido antes de la antesis se debieron principalmente a la capacidad de la planta para almacenar N en órganos de demanda hasta este período y que existe una estrecha vinculación con la regulación genética de la senescencia foliar que posee cada genotipo (Sinclair & De Wit 1975; Masclaux *et al.* 2001; Uauy *et al.* 2006).

Los resultados de este estudio indican que no se encontraron efectos consistentes de disminuciones en el NPA ante incrementos de la concentración de inóculo de *Py.tritici-repentis* y

P.triticina, sin embargo y al igual que Castro (2016) ante infecciones artificiales de *S.tritici*, se detectó una tendencia a una disminución de esta variable ante incrementos en la dosis de inóculo de los patógenos, coincidiendo con lo reportado por Rabbinge *et al.* (1990) que indican que tanto las enfermedades foliares como las que afectan los tallos, pueden restringir la captura de N post anthesis y afectar la partición de éste hacia los granos. Coincidiendo con nuestros resultados Verreet & Hoffmann 1990; Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Garry *et al.* 1996 tampoco encontraron reducciones significativas en el NPA ante epidemias de patógenos fúngicos foliares. Por su parte, Bancal *et al.* 2008 documentó que las enfermedades foliares afectan principalmente el NPA ante infecciones en llenado de granos y encontró una correlación positiva entre el NPA con la DAFV en cultivos enfermos, indicando que, en estos, el NPA depende fundamentalmente de la absorción de radiación del cultivo y detectando una estrecha correlación entre el NPA y el NG en cultivos enfermos y sanos. Por su parte, este mismo autor no detectó una buena correlación entre el DAFV y el NPA en cultivos sanos, indicando que en estos casos la limitación estaría dada por el N disponible en el suelo y no por la absorción de radiación como en cultivos enfermos. En un mismo sentido, Gooding *et al.* (2005) estudiando tres genotipos de trigo durante tres años, reportó que epifitias en llenado de grano afectaron más el NPA que el NREM. El aporte del NPA al NG bajo las condiciones exploradas en este año fluctuó entre 24 al 39% resultado que concuerda con Spiertz & Ellen 1978; Rostami & Jiriaei 1998; Kade *et al.* 2005 que reportaron que entre 8-50% del N encontrado en plantas a madurez proviene de la absorción post-anthesis, rango de datos que está explicado por la variabilidad en la humedad del suelo, la disponibilidad de N en el suelo durante el llenado de granos y las condiciones de crecimiento del cultivo en post-floración.

Por su parte, diferencias en el NPA entre los genotipos como han sido encontradas en este trabajo han sido previamente documentados por Cox *et al.* 1985a, Fathi (2005), Kichey *et al.* 2007, Bahrani *et al.* 2011, en tanto que Castro (2016) no detectó diferencias genotípicas en el NPA en genotipos argentinos.

En términos generales, la acumulación de nitrógeno en granos a (NG) fue afectado en forma significativa por los tratamientos de inoculación de ambos patógenos con reducciones promedio de 14,5% (tratamiento BCI) y del 18,3% (tratamiento ACI) con respecto al tratamiento sin inocular. Sin embargo, los resultados de la interacción *Patógeno x Inoculación* indicaron que sólo las inoculaciones con *P.triticina* provocaron reducciones significativas (-17,7% en BCI y -24,4% en ACI) con respecto al tratamiento sin inóculo. Al igual que el NREM, inoculaciones con *Py.tritici-repentis* solo mostraron una tendencia a la disminución de esta variable (hasta -11,8%). Los resultados de esta tesis coinciden con lo observado por McCabe *et al.* (2001) y Ruske *et al.*

(2001), los cuales muestran una significativa reducción en el contenido de N en grano producto principalmente de la menor removilización y en menor medida de la absorción post-antesis ante infección de patógenos foliares. En este sentido, si bien el efecto de patógenos necrotróficos y biotróficos inoculados separadamente no ha sido analizado hasta el momento, se ha documentado que ante infecciones conjuntas y naturales de *Septoria tritici* y *P.triticina* se han detectado disminuciones de entre 0,8-9,9 g.m⁻² en el NG con respecto a testigos protegidos, detectándose además una estrecha correlación entre el DAFV y DAFVHB con el NG (Bancal *et al.* 2008), en tanto que en nuestro país, Castro (2016) documentó reducciones en el NG de entre 23% (baja concentración de inoculo) y 31,4% (alta concentración de inoculo) ante inoculaciones artificiales de *S.tritici*. Según Dimmock & Gooding 2002b, Verma *et al.* 2004 y Gooding *et al.* 2005 extender la DAFVHB por medio de la mejora genética, condiciones climáticas o el control de enfermedades por medio de fungicidas puede ser directamente asociado con incrementos en la NG.

Coincidiendo con otros autores, la removilización de N acumulado previo a antesis en la parte vegetativa explicó la mayor parte del N final en los granos (Simpson *et al.* 1983; Palta & Fillery 1995; Kichey *et al.* 2007; Gaju *et al.* 2014). Con respecto a como se conformó la acumulación de NG ante el incremento en la dosis de inóculo de ambos patógenos, los resultados indicaron que cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, el aporte del NREM al NG fue del 61% (tratamiento SI), 60,7% (BCI) y 63,9% (ACI), en tanto que el NPA aportaron el 39%, 39,2% y 36,1% del N restante para los tratamientos SI, BCI y ACI, respectivamente. Para *P.triticina* el aporte del NREM al NG presentó caídas ante incrementos en la dosis de inóculo, coincidiendo con los mayores efectos ejercidos por el patógeno en esta variable, con valores de 76% (SI), 70,3% (BCI) y 69,5% (ACI), en tanto que el aporte del NPA fue del 24%, 29,7% y 30,4% para los tratamientos SI, BCI y ACI, respectivamente. Estos valores concuerdan con lo documentado por Bancal *et al.* 2008 que encontraron que el NREM explicó el 67 +/- 11 % del N acumulado en granos y está en línea con lo reportado por Cox *et al.* 1985a y Barbottin *et al.* 2005.

Con respecto a la variación genotípica, los cultivares KYarará y SLE2330 (ambos GC1) presentaron mayores niveles de acumulación de NG, mecanismo que estaría explicado por los mayores valores de NPA detectado en estos genotipos en los dos años evaluados. En este sentido, autores como Dimmock & Gooding (2002b) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor aptitud panadera). Esto se debería a la mayor eficiencia para absorber y utilizar el N para generar

rendimiento y calidad en los cultivares de buena aptitud panadera cuyo mejoramiento ha sido efectuado priorizando características relacionadas con la calidad.

Algunos cultivares, frente al mismo nivel de severidad de ataque de algún patógeno presentan variabilidad en la disminución del rendimiento atribuidos a características intrínsecas de los cultivares que determinan la presencia de algún mecanismo de tolerancia, sin embargo debe tenerse en cuenta que la tolerancia es el resultado de las interacciones no lineales y complejas que comprenden la captura de luz, producción y asignación de asimilados, crecimiento de hojas y tallos, desarrollo de la espiga y el llenado de granos (van den Berg *et al.* 2017). En el presente trabajo, se observó que los cultivares BINTA3004 y KGuerrero fueron tolerantes a mancha amarilla y roya de la hoja en los dos años consecutivos, en tanto que los demás cultivares variaron su comportamiento en función de la enfermedad considerada. En este sentido, los cultivares SLE2330, Bag17 y A303 también se comportaron como tolerantes frente a mancha amarilla pero no así frente a roya de la hoja. Por otro lado, los cultivares A315, KYarará y Bag11 fueron también los más tolerantes a roya de la hoja, aunque no se comportaron como tales frente a mancha amarilla. Finalmente, los cultivares BSY100 y Bag18 se comportaron como sensibles (no tolerantes) frente a ambas enfermedades.

Con respecto a la cuantificación de la tolerancia, en el presente trabajo y en concordancia con Parker *et al.* (2004), Foulkes *et al.* (2006), Castro (2016), Castro & Simón (2016) y van den Berg *et al.* (2017), la DAFV demostró ser más explicativa que el ABCPE. Dichos autores sólo pudieron establecer diferencias de tolerancia entre cultivares cuando se analizó la regresión lineal entre la DAFV y el rendimiento. Coincidentemente, Bryson *et al.* (1997) no encontraron diferencias en tolerancia usando medidas de ABCPE. Esto se debería a que la DAFV está más estrechamente correlacionada con la pérdida de rendimiento que la estimación del porcentaje de severidad, probablemente por tener en cuenta el área funcional de tejido sano remanente (Bryson *et al.* 1995; Dimmock & Gooding 2002a; Robert *et al.* 2004; Bancal *et al.* 2007; van den Berg *et al.* 2017).

Algunos autores (Parker *et al.* 2004; Bingham *et al.* 2009; Newton 2016) sugieren que la tolerancia a enfermedades en trigo estaría asociada a cultivares con menor potencial de rendimiento en ausencia de la enfermedad dada por una mayor capacidad de compensación comparado con otros de mayor potencial de rinde. En el presente trabajo, se observó una asociación significativa negativa entre el potencial de rendimiento del cultivar y los niveles de tolerancia de los mismos, tanto para mancha amarilla como para roya de la hoja, indicando la

mayor sensibilidad en los cultivares de mayor potencial de rinde, coincidiendo con Foulkes *et al.* 2006 y van den Berg *et al.* 2017 que documentaron una asociación negativa entre NGT (granos/m²) con la tolerancia. Por su parte, los cultivares de grupo de calidad 1 no necesariamente presentaron menores potenciales de rendimiento y viceversa de manera que, bajo las condiciones de este estudio y bajo una disponibilidad de N constante, no se observó la asociación inversa entre rendimiento y calidad señalada por Abbate (2016). En este sentido, Castro (2016) y Castro & Simón (2016) hallaron que el cultivar Baguette 10, que es un genotipo con germoplasma francés de grupo de calidad 3 fue tolerante a mancha de la hoja. Sin embargo, estos trabajos no detallan si la tolerancia se relacionó con el potencial de rendimiento o si los grupos de calidad 3 se asociaron a mayores rendimientos potenciales.

Los resultados de este trabajo indican que se han detectado efectos de la tolerancia sobre la dinámica del N ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y *P.triticina*, información que no se ha documentado hasta el momento. Las correlaciones entre las pendientes de regresión que indican tolerancia con las variaciones de los parámetros asociados a la dinámica del N comparando la ACI con el testigo sin inocular resultaron significativas para NPA ante *P.triticina*, NREM para *Py.tritici-repentis*, y las variables NG, ICN y ERN para ambos patógenos. En este sentido, los cultivares tolerantes BINTA3004, KGuerrero y A315 experimentaron menores variaciones del NPA con respecto a los cultivares no tolerantes Bag17 y A303 ante *P.triticina*. Para el NG los genotipos tolerantes BINTA3004, SLE2330, Bag17 y A303 mostraron menores reducciones en esta variable que BSY100, Bag18 y KYará ante *Py.tritici-repentis*, en tanto que para *P.triticina* los cultivares BINTA 3004, KGuerrero y Bag11 fueron los que menores variaciones mostraron ante incrementos en la dosis de inóculo y se diferenciaron significativamente de SLE2330, Bag17 y A303 que fueron los menos tolerantes. Por su parte, cuando NREM fue evaluado en *Py.tritici-repentis* los genotipos BINTA3004, Bag17, KGuerrero y SLE2330 mostraron menores reducciones que BSY100, Bag18 y KYará.

En ambos patógenos, el ICN y el ERN parecen ser mecanismos vinculados a tolerancia a los dos patógenos evaluados. En roya de la hoja, los genotipos Bag11, A315, BINTA3004 y Bag17 presentaron tolerancia para el carácter ERN en tanto que SLE2330 y Bag18 se presentaron como los más intolerantes. En tanto que para Mancha amarilla, los genotipos que presentaron mejor comportamiento fueron BINTA3004, KGuerrero y SLE2330, en tanto que Bag18 y A315 fueron los mas intolerantes. Por su parte, para el ICN y cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, los genotipos BINTA3004, KGuerrero, SLE2330 se comportaron como tolerantes y en tanto que Bag18 y A315 fueron los mas intolerantes a esta variable ante incrementos en la dosis

de inóculo de este patógeno, en tanto que en roya de la hoja, A315, BINTA3004 y Bag11 evidenciaron tolerancia para la ICN, en tanto que Bag18, SLE2330, Bag17 y A303 fueron los mas sensibles. Cabe destacar que si se tiene en cuenta los atributos que evidenciaron tolerancia en ambos patógenos (NG, ICN y ERN), el genotipo BINTA3004 se mostró como tolerante en ambos patógenos y en los tres atributos.

Finalmente, y coincidiendo con los resultados observados en este estudio, Castro (2016) documentó que los cultivares de grupo de calidad 1 y 2 tendieron a sufrir menores fluctuaciones (aumentos o reducciones según el patógeno) en el %NG comparados a los genotipos del grupo de calidad 3 ante incrementos en la dosis de inóculo de los patógenos evaluados. En concordancia, autores como Dimmock & Gooding (2002b) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor aptitud panadera). Esto se debería a la mayor eficiencia para absorber y utilizar el N para generar rendimiento y calidad en los cultivares de buena aptitud panadera cuyo mejoramiento ha sido efectuado priorizando características relacionadas con la calidad. Teniendo en cuenta ésto, nuestros resultados indican que los genotipos del GC1 presentaron mayores niveles de NG y NPA respecto a los de GC2 y GC3.

Capítulo 3

Efecto de diferentes principios activos de fungicidas y fertilización nitrogenada sobre el área foliar verde, rendimiento y dinámica del N frente a mancha amarilla y roya de la hoja en cultivares de trigo

3.1. Introducción

3.1.1. Manejo de la fertilización nitrogenada de trigo y su impacto en el rendimiento y sobre la dinámica del N en la planta

El rendimiento y la calidad del grano de trigo dependen fuertemente de la disponibilidad y absorción de N. La obtención de altos rendimientos y buena calidad panadera sólo pueden lograrse con altas absorciones de N (Barraclough *et al.* 2010). Un reto continuo para la agricultura es mejorar la eficiencia de uso de N de manera de mantener o mejorar los rendimientos evitando los excesivos niveles de fertilización nitrogenada, lo que permite disminuir pérdidas de este nutriente por lavado y la contaminación de napas (Barraclough *et al.* 2014). Esto último puede lograrse mediante una mejor recuperación del N disponible en el suelo y aplicado como fertilizante por parte de la planta y por un mejor uso interno de N por la planta, por lo que resulta de vital importancia profundizar el estudio los efectos que pueden generar las enfermedades foliares sobre la dinámica del N dentro de la planta y su interacción ante distintas dosis de fertilizante, moléculas fungicidas y genotipos.

El rendimiento en N en granos (g.m^{-2}) deriva de 1) N acumulado en hojas, tallos y raíces antes de antesis y que es posteriormente removilizado al grano durante el llenado (NREM) y 2) el N absorbido durante el llenado del grano (NPA) y 3) rendimiento en grano. La removilización de N acumulado previo a antesis en la parte vegetativa explica la mayor parte del N final en los granos (Simpson *et al.* 1983; Palta & Fillery 1995; Kichey *et al.* 2007; Barneix 2007; Gaju *et al.* 2014) siendo las hojas y tallos los principales reservorios de N en la planta aportando entre 85-90% (Critchley 2001), en tanto que las raíces aportan entre el 10-15% (Dalling 1985). Según Bancal *et al.* (2008), la absorción post antesis de N representa generalmente 1/3 del N total a cosecha, en tanto que el N removilizado representa 2/3. En condiciones de alta fertilidad del suelo, la absorción post-antesis resulta importante y está positivamente correlacionada con la proteína del grano y con el índice de cosecha de N (Spiertz & Ellen 1978; Sarandón *et al.* 1997). En este sentido, usando tanto la variabilidad de genotipos como marcadores fisiológicos, Kichey *et al.* (2007) han demostrado que la absorción de N post-antesis y el %NG estaban altamente correlacionados con la actividad enzima nitrato reductasa, lo que sugiere el importante papel que la captación tardía de N puede jugar en el aumento de %NG.

El CPG o %NG de trigo, es uno de los principales determinantes de calidad del cultivo y es definido por factores genéticos, ambientales y edáficos, sumado a prácticas de manejo, principalmente la fertilización nitrogenada. En este sentido, autores como Darwich & Darwich (2004) y Cuniberti & Mir (2016) indican que el cultivo de trigo necesita acumular 30-33 kg de nitrógeno (N) en biomasa aérea por tonelada de grano a producir. De esto deriva que, a una disponibilidad de N constante en el suelo, exista una asociación negativa entre el rendimiento y el contenido de proteínas en grano (Abbate 2016), en este sentido han sido postuladas dos hipótesis que explicarían fisiológicamente esta correlación negativa: La competencia entre el Carbono y el N por energía (Munier-Jolain & Salon 2005) y la dilución del N ante incrementos en los compuestos carbonados (Acreche & Slafer 2009). Sin embargo, ésto no implica que no se puedan compatibilizar elevados rendimientos con adecuados niveles de proteínas, sino que simplemente, el aumento de productividad se asocia directamente con una mayor demanda del nutriente. Varios estudios han indicado que el N en grano se origina principalmente como resultado de la translocación de las partes vegetativas después de la antesis (Hötensteiner & Feller 2002; Haberle *et al.* 2008). Esta translocación está bajo control genético (Anbessa *et al.* 2009), pero también depende de las condiciones ambientales (Asseng & Milroy 2006) y puede verse afectada por la aplicación de fertilizante N (Perez *et al.* 1983). Incrementos en la fertilización nitrogenada ante bajas disponibilidades de N en el suelo (zona 1, Fig. 3.1) provocan que el rendimiento se incrementa asintóticamente, fundamentalmente porque todo el N absorbido es utilizado para la formación de destinos (NGE) y acumulación de carbohidratos, que luego se traducirán en mayores rendimientos. En contraposición, la cantidad de N disponible para la constitución de proteínas se diluye debido a la formación de un gran número de destinos, resultando en la frecuente y conocida asociación inversa entre el rendimiento y el contenido de proteínas en grano. Con disponibilidades intermedias del nutriente (zona 2, Fig. 3.1), la respuesta del rendimiento y el contenido de proteínas se modifica. Luego de una cierta cantidad de N absorbido y cubierta la demanda del nutriente para la formación de NGE y acumulación de almidón, el N excedente se destina para la formación y acumulación de proteínas. En estos niveles de disponibilidad de N, la tasa de incremento del rendimiento disminuye con respecto a una menor disponibilidad del nutriente, sin embargo, aún se mantiene positiva. Por el contrario, la tasa de acumulación de proteínas es más elevada. Finalmente, ante una elevada disponibilidad de N en el suelo (zona 3, Fig. 3.1), el rendimiento se estabiliza, pero el contenido de proteínas todavía se incrementa, aunque a tasas cada vez menores (Fleitas 2017).

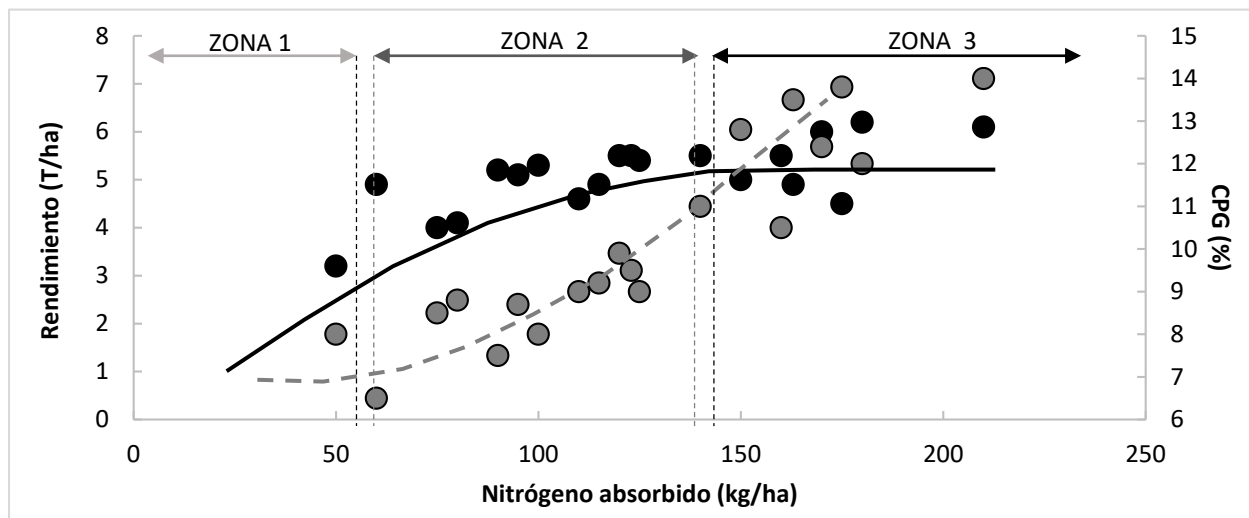


Figura 3.1. Respuesta del rendimiento (●) y contenido de proteínas en grano (CPG●) del cultivo de trigo al nitrógeno absorbido en función de la disponibilidad del nutriente en el suelo (Adaptado de Abbate, 2016 y Fleitas, 2017)

3.1.2. Impacto de la fertilización nitrogenada sobre la expresión de enfermedades foliares de trigo

La fertilización nitrogenada puede afectar la expresión de enfermedades foliares (Simón *et al.* 2002, 2003) y la efectividad de la aplicación de fungicidas (Simón *et al.* 2002, 2003; Varga *et al.* 2005). En este sentido, esta práctica de manejo puede tener efectos positivos, negativos o neutros en la severidad de enfermedades dependiendo del ambiente, cultivar y tipo de patógeno. La fertilización nitrogenada en general incrementa la severidad de enfermedades ocasionadas por organismos biotróficos, dado que el nutriente incrementa la biomasa del cultivo generando canopeos densos (pero con tejidos foliares más blandos) y con mayor humedad relativa (Lemmens *et al.* 2004). Por el contrario, la aplicación de N en general disminuye la severidad de enfermedades ocasionadas por organismos necrotróficos, dado que el nutriente vigoriza la planta disminuyendo la actividad del patógeno que colonizan mejor tejidos débiles y senescentes (Snouijers *et al.* 2000; Annone 2002). En un mismo sentido, otras evidencias de la literatura verificaron que el incremento de N retrasó el desarrollo de mancha amarilla (necrotrófico) (Krupinsky *et al.* 2007; Carignano *et al.* 2008; Simón *et al.* 2011; Gerard *et al.* 2015). Adicionalmente, Carretero *et al.* (2009) observaron que en los ensayos con infecciones naturales donde predominaron patógenos necrotróficos, la severidad fue mayor en los tratamientos no fertilizados. Por otro lado, Bockus & Davis (1993) hallaron que las aplicaciones de N no afectaron

directamente el desarrollo de la enfermedad, sino que redujeron el impacto de la misma a través de un retardo en la senescencia de la hoja bandera. Por otro lado, trabajos realizados por Ansar *et al.* (2010), Fleitas (2011), Gerard *et al.* (2015) y Castro (2016) documentaron que la severidad de mancha de la hoja, causada por el hongo hemibiotrófico *Mycosphaerella graminicola* se incrementó con la fertilización nitrogenada hasta una dosis óptima por encima de la cual decreció. Respecto a patógenos biotróficos como *Puccinia triticina* Eriks, agente causal de la roya de la hoja, la fertilización nitrogenada generalmente incrementa la severidad (Daniel & Parlevliet 1995; Mascagni *et al.* 1997; Devadas *et al.* 2014; Gerard *et al.* 2015; Germán *et al.* 2016). Esto concuerda con lo observado por Carretero *et al.* (2009) en aquellos ambientes donde se realizaron inoculaciones artificiales con el patógeno.

Tal como fue señalado en el Capítulo 1, los fungicidas son una importante herramienta de control de enfermedades foliares para la producción de trigos invernales en áreas templadas como Argentina, debido a que estas regiones combinan cultivares de elevado potencial de rendimiento con altas presiones de infección, ambas derivadas de temperaturas moderadas y adecuados niveles de humedad para el progreso de la enfermedad (Gooding 2006). Sumado a esto, los cultivares de trigo argentino carecen de un adecuado nivel de resistencia genética, por lo que la protección química es un método usual de control.

La principal función de los fungicidas foliares es controlar hongos patógenos y reducir el desarrollo de síntomas de la enfermedad en la planta. En este sentido, se ha demostrado que los fungicidas foliares son capaces de prevenir las pérdidas de rendimiento en presencia de enfermedades mediante el mantenimiento del área foliar verde de la hoja bandera en post-antesis (DAFVHB) (Bryson *et al.* 1997), lo que le permite al cultivo incrementar la radiación interceptada por tejido verde que se traduce en un aumento de producción de asimilados y la partición hacia la espiga durante el llenado del grano (Gooding *et al.* 2000; Dimmock & Gooding 2002a; Ruske *et al.* 2003; Robert *et al.* 2004). Sin embargo, dado que el progreso genético llevado a cabo en las últimas décadas ha sido en base a incrementar el NGE (número de destinos), existe un riesgo en la estabilidad del rendimiento si no se promueven también los aumentos en la fuente fotosintética (Abeledo *et al.* 2016).

3.1.3. Características de los principios activos más utilizados para el manejo químico de enfermedades foliares en cereales de invierno

En Argentina los triazoles, las estrobilurinas, las carboxamidas y sus mezclas son los principios activos más utilizados para controlar enfermedades foliares en trigo y en otros cereales

de invierno de importancia como cebada (*Hordeum vulgare* L). Particularmente las carboxamidas han venido incrementando su uso a partir del 2012 (2% del mercado) y se proyecta que llegará al 30% del mercado en 2022. Sin embargo y como se detallará más adelante, las estrobilurinas y las carboxamidas poseen mecanismos de acción similares (actúan inhibiendo los complejos enzimáticos de la membrana mitocondrial que participan del ciclo de Krebs y el transporte de electrones generando energía), por lo que es importante mezclar o alternar estos dos con un tercero con un sitio de acción diferente como por ejemplo los triazoles, para de esta manera disminuir el riesgo de generar resistencia (Kiehr *et al.* 2016). Mediante la triple mezcla de triazol + estrobilurina + carboxamida no sólo se logra aumentar el espectro de acción sino también el periodo de protección dado que se combinan el efecto preventivo de los dos últimos más el curativo del primero.

Por un lado, los triazoles son fungicidas que se caracterizan por poseer un principio activo inhibidor de la biosíntesis del ergosterol (internacionalmente conocidos como **DIMs** -*Sterol Dimethylation Inhibitors*-) y actúan afectando la permeabilidad de la membrana lipídica del hongo. Los triazoles son fungicidas sistémicos, curativos y erradicantes que penetran en tejidos jóvenes y se mueven por xilema en forma acrópeta (Arregui & Puricelli 2013). Sin embargo, no son tan efectivos para inhibir la germinación de esporas ya que este proceso depende fundamentalmente de sustancias de reservas (Reis & Carmona 2013). Recientemente, se han documentado en Europa casos de resistencia de patógenos foliares a estas moléculas tanto en trigo como en cebada (Campbell & Crous 2002; Hawkins *et al.* 2011; Cooke *et al.* 2014).

Por otro lado, las estrobilurinas son derivados sintéticos de compuestos que se producen naturalmente (*Strobilurus tenacellus*) con una actividad antifúngica de amplio espectro por ser un inhibidor de la respiración mitocondrial que afectan el transporte de electrones a nivel del complejo III (complejo citocromo-bc1). Se las conoce internacionalmente como **QoIs** -*Quinone Outside Inhibitors*- dado que su sitio de acción específico es el anillo de quinona del transportador de electrones denominado coenzima Q (Affourtit *et al.* 2000). Este principio activo posee un sitio de acción específico, de manera que posee un elevado riesgo de generar resistencia en el patógeno cuando es utilizado en bajas dosis o en forma individual. En este sentido, se ha documentado resistencia cruzada entre estrobilurinas, por lo que es esencial realizar un manejo químico adecuado para evitar problemas de resistencia (Semar *et al.* 2007; Marzani *et al.* 2013; Fountaine *et al.* 2014). En general las esporas del hongo son más sensibles a las estrobilurinas que el propio micelio y es por ello que se las considera como preventivas, dado que actúan inhibiendo la germinación de esporas (Kiehr *et al.* 2016). Además de su actividad antifúngica, las

estrobilurinas poseen la propiedad de inhibir la síntesis de etileno en la planta retrasando la senescencia e incrementando el rendimiento además de aumentar la asimilación de N en cereales de invierno (Arregui & Puricelli 2013). La mayoría de las estrobilurinas son lipofílicas con una fuerte afinidad por la cutícula cerosa. El principio activo se mueve ampliamente por la hoja y dependiendo del tipo de estrobilurina puede llegar al mesófilo y al envés de la hoja (movimiento mesostémico). En consecuencia, al cabo de unos días, el fungicida puede encontrarse en ambas superficies de la hoja, aún si sólo una es tratada (Bartlett *et al.* 2002; Arregui & Puricelli 2013); lo cual es especialmente importante en canopeos densos, como trigos con elevada disponibilidad de N en estados avanzados.

En los últimos años se ha incorporado la utilización de carboxamidas las cuales inhiben la fosforilación oxidativa a nivel de la succinato UQ dehidrogenasa (complejo II) lo que impide la respiración mitocondrial (Adock & Tasheva 2012) por lo que se las conoce internacionalmente como **SDHIs** -*Succinate Dehydrogenase Inhibitors*-. Las carboxamidas fueron los primeros fungicidas sistémicos descubiertos en 1964 y poseen una elevada especificidad contra Basidiomicetes (agentes causales de royas y carbones) además de generar efectos positivos en la fisiología del vegetal como un aumento en la eficiencia de uso de agua (Smith *et al.* 2013). La incorporación de carboxamidas en las mezclas dobles de triazol + estrobilurina han mostrado tener un mejor efecto de control sobre la roya de la hoja en trigo (Fleitas *et al.* 2015, 2018a) y sobre manchas foliares en cebada (Carmona & Sautua 2015). Sin embargo, al igual que las estrobilurinas, este principio activo es clasificado como de acción unisitio por lo que posee un elevado riesgo de generar resistencia y es por ello que la resistencia de algunos hongos ha sido señalada tanto en trigo como en cebada (Mueller & Bradley 2008; Stammler *et al.* 2014; Rehfus *et al.* 2016).

La bibliografía disponible (Dimmock & Gooding 2002a) ha documentado que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo se asoció a aumentos en el rendimiento en grano dado por un mayor PMG relacionados a una prolongación del periodo verde de la hoja bandera. En este sentido, Bayles (1999) verificó que las estrobilurinas ocasionaron incrementos del rendimiento del 10 al 20%, por encima de fungicidas tradicionales. Por otro lado, numerosos trabajos mencionan que las estrobilurinas generan efectos sobre la fisiología de la planta que exceden a las propiedades antifúngicas del producto (Grossmann & Retzlaff 1997; Grossmann *et al.* 1999; Bayles & Hilton 2000). Por otro lado, se ha mencionado que la carboxamida Fluxapyroxad proporciona un excelente control de los síntomas visibles de las enfermedades foliares de trigo, considerada como muy superior a otros fungicidas actuales

(Waterhouse & Semar 2012). Estudios recientes han demostrado que, de forma similar a las estrobilurinas, el aumento del rendimiento en un cultivo tratado con Fluxapyroxad supera al que puede explicarse simplemente a través de un buen control enfermedades foliares (Smith *et al.* 2013). En este sentido, la evidencia obtenida por Smith *et al.* (2013), a través de múltiples ensayos, sugiere que además de controlar los síntomas visibles de enfermedad foliares de trigo, esta carboxamida es capaz de ejercer efectos fisiológicos positivos sobre la planta como (i) aumentos de la duración del tejido verde, (ii) retraso en la senescencia, (iii) disminución del daño celular y de la conductancia estomática, (iv) incrementos en la tasa de fotosíntesis y (v) aumentos de la eficiencia del uso del agua. Algo similar fue observado por Berdugo *et al.* (2012) quien observó bajo condiciones controladas, que un inhibidor de la SDH (Bixafem) demoró la senescencia de espigas y hojas durante el llenado de grano, resultando en mayores rendimientos.

El momento de aplicación del fungicida es muy importante, siendo el período crítico de trigo 20-30 días antes de floración y los 10 días posteriores (Fisher 1985) donde el cultivo debe llegar con un área foliar máxima para una mejor intercepción de la radiación, maximizar la tasa de crecimiento del cultivo y así lograr una adecuada formación de flores y cuaje de granos. La existencia de un momento de aplicación correcto se debe a que los fungicidas fueron desarrollados para una determinada concentración de inóculo y nivel de enfermedad, por encima del cual pierden eficacia y poder residual, ambos dependientes de la energía química entendida como el esfuerzo o trabajo “químico” del fungicida para lograr un control eficaz, la cual disminuye a medida que progresa la enfermedad. De manera que, aplicaciones con niveles de enfermedad muy elevados, requerirá incrementos en la dosis o reaplicaciones más frecuentes (Carmona 2016). En este sentido, ante la presencia de agentes fitopatógenos con elevado potencial de daño, cuya infección no pudo ser atenuada por la resistencia genética, escape o tolerancia, no se puede esperar al periodo crítico, sino que se deben hacer aplicaciones de fungicidas previamente para no llegar a este punto con una elevada tasa de infección. Se deben respetar las dosis recomendadas por marbete ya que definir la misma es una labor compleja donde se debe asegurar una alta eficiencia de control, evitar la generación de resistencia en el patógeno, ser de bajo impacto ambiental y asegurar un retorno económico de la aplicación (Oliver & Hewitt 2014). De esta manera, la utilización de dosis recomendadas, aplicada de manera correcta y con el nivel de enfermedad adecuado, son las que garantizan el máximo control posible a campo y minimizan la probabilidad de generar resistencia al fungicida o mezcla comercial formulada.

Por otro lado, la variabilidad en la eficacia de control de diferentes fungicidas es natural y puede variar entre el 60 y el 90%, encontrándose influenciada por varios factores, entre ellos el

principio activo, la dosis y momento de aplicación, el volumen de agua, el tipo de patógeno controlado, la presión de inóculo presente y las condiciones ambientales (De Wolf 2012). En general, los triazoles poseen una actividad residual más corta (7 a 14 días) (Mueller & Bradley 2008; Arregui & Puricelli 2013), mientras que las estrobilurinas poseen una residualidad superior, aproximadamente entre 14 a 21 días (Mueller & Bradley 2008). Esto se relaciona con el hecho de que los triazoles, al ser fungicidas curativos y menos específicos, disminuyen de manera más rápida su energía química en comparación con las estrobilurinas o carboxamidas. Las condiciones climáticas también afectan la residualidad de los fungicidas, en este sentido, Pierce & Mills (2010) mencionaron que lluvias frecuentes pueden disminuir el efecto residual de aplicaciones tempranas de fungicidas, haciéndolos menos efectivos ante el desarrollo de enfermedades foliares de mitad y fin de ciclo. Por otro lado, la fertilización nitrogenada también podría afectar la efectividad de la aplicación de fungicidas dado que genera canopeos densos (mayores IAF) diluyendo la cantidad de fungicida aplicado por m² de hoja (Balardin *et al.* 2010) y evitando el contacto del producto con estratos foliares inferiores, pudiendo favorecer además el desarrollo de enfermedades foliares ocasionadas por patógenos biotróficos y provocando diferencias en la efectividad de la aplicación en los lotes (Jensen & Jorgensen 2016).

Organismos necrotróficos como *Py. tritici-repentis*, ejercen un daño directo sobre el área fotosintéticamente activa y disminuyen la fracción de radiación interceptada en áreas senescentes con tejido muerto, lo que genera un menor suministro y acumulación de carbohidratos provocando consecuentemente un incremento en el contenido de proteínas en grano o % NG por lo que el control por medio de fungicidas lo reduciría. Esto ocasiona que cuando se controlan este tipo de patógenos, el %NG disminuye (Dimmock & Gooding 2002b). En este sentido, Mc Kendry *et al.* (1995) y más recientemente Liaudat (2001) y Castro (2016) en Argentina, observaron incrementos en la proteína con aumentos en la severidad de mancha de la hoja y disminuciones cuando la enfermedad fue controlada por medio de fungicidas. Sin embargo, la información respecto al efecto de la mancha amarilla sobre el contenido de proteínas en grano es escasa (Fleitas *et al.* 2018b), aunque se esperaría que el efecto fuera más contundente que la mancha de la hoja ya que en tanto el primero es un patógeno necrotrófico, el segundo es un hemibiotrófico por lo que se presentarían mayores incrementos en el %NG ante incrementos en los niveles de enfermedad, tal como fue documentado en el Capítulo 2 de la presente tesis.

Contrariamente, organismos biotróficos como *P. triticina*, dado su condición de parásitos obligados, generan cambios más profundos en la fisiología de la planta. Así, el patógeno no sólo

reduce el área fotosintéticamente activa y disminuye la radiación interceptada, sino que además, afectan la EUR por incrementar la retención de azúcares y aminoácidos en los tejidos dañados y pústulas del hongo, lo que restringe la removilización de los mismos hacia los granos en desarrollo (Dimmock & Gooding 2002b). En este sentido, recientemente Schierenbeck *et al.* 2016 documentaron reducciones de hasta 23% en la EUR respecto a tratamientos sanos, ante infecciones de *P.triticina* en tanto que no se detectaron reducciones significativas ante *Py.tritici-repentis*. Es por esto que, la bibliografía disponible indica que cuando se controlan estos organismos, el %NG aumenta porque el patógeno provoca mayor daño sobre la acumulación y partición del N en el grano que el que provoca sobre la acumulación y partición de almidón (Dimmock & Gooding 2002b; Gooding 2006). Sin embargo, no sería ilógico observar que este efecto no fuera tan contundente ya que, por otro lado, la enfermedad también disminuye el área fotosintéticamente activa.

Asimismo, diferencias de rendimiento entre genotipos también conducen a variaciones inversas en el %NG. Existen cultivares que tienen un comportamiento más estable mientras que otros presentan un comportamiento más variable, en función de la eficiencia con que absorben y utilicen el N para generar rendimiento (Bogard *et al.* 2010; Simón 2010). En este sentido, Dimmock y Gooding (2002b) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletita (de menor aptitud panadera).

Por otra parte, la interacción entre el N y las enfermedades foliares sobre la dinámica del N en el cultivo es compleja y ha sido escasamente investigada. En este sentido, Dimmock & Gooding (2002b), han señalado que las disminuciones del contenido de proteínas en grano debidos al control de organismos hemibiotróficos y necrotróficos pueden ser atenuadas a través de la fertilización nitrogenada, ya que elevados niveles de N o aplicaciones tardías del nutriente incrementan la acumulación de proteínas en grano a partir de incrementos en el NREM y NPA (Ayoub *et al.* 1994; Bancal *et al.* 2008; Godfrey *et al.* 2010). Asimismo, en Argentina, Castro (2016) documentó que las reducciones del CPG debidas al incremento de la duración del área foliar verde del cultivo por aplicaciones de fungicidas para el control de mancha de la hoja fueron menores en los tratamientos fertilizados.

En la actualidad, los estudios sobre el efecto de distintos tipos de fungicidas, niveles de N y cultivares de diferente grupo de calidad sobre la absorción post-antesis, acumulación en granos y removilización de nitrógeno de trigo pan ante inoculaciones separadas de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* son inexistentes o la cuantificación del nivel de enfermedad se ha realizado sólo a

través de mediciones de severidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (Cox *et al.* 1989; Herrman *et al.* 1996; Simón *et al.* 2002; Garrido-Lestache *et al.* 2004; Ruske *et al.* 2003, 2004; Arabi *et al.* 2007; Mc Kendry *et al.* 2007; Bancal *et al.* 2008; Blandino & Reyneri 2009; Godfrey *et al.* 2010; Devadas *et al.* 2014). La mayoría de estas evidencias de la literatura no tienen en cuenta la dinámica del índice de área foliar verde durante el ciclo del cultivo, cuestión que como ya ha sido señalado en el Capítulo 1 y 2 de la presente tesis, es una mejor forma de cuantificar enfermedad ya toma en cuenta aspectos morfofisiológicos del canopeo y el genotipo.

En este sentido, si bien se han realizado numerosos trabajos sobre los efectos de infecciones naturales de enfermedades foliares sobre pérdidas de rendimiento y biomasa aérea (Bastiaans 1993; Shtienberg 1990; Robert *et al.* 2004), los efectos de éstas en el rendimiento de N y contenido de N en grano (%) han recibido poca atención, en tanto que no se ha documentado hasta el momento el efecto de patógenos foliares de distinto hábito nutricional (biótrofos vs. necrótrofos) sobre la dinámica del N en la planta. Diversos autores sugirieron que quizás parte de la discrepancia entre los experimentos podría deberse a los efectos variables de cada uno de los patógenos fúngicos del trigo tanto en la captura como en la utilización de reservas de carbono y N, es decir, fotosíntesis y reservas de carbohidratos o absorción y removilización de N (Savary *et al.* 2006; Bancal *et al.* 2008). Por lo tanto, el impacto respectivo de epidemias de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* separadamente y su interacción ante distintas dosis de N y diferentes fungicidas sobre el patrón de la removilización de N, la absorción de N post-antesis, %NG, acumulación de nitrógeno en grano y rendimiento no ha sido investigada hasta el momento, objetivo que se propone este Capítulo.

A. Hipótesis

En base a los antecedentes mencionados, se plantearon las siguientes **hipótesis**:

- VII. La fertilización nitrogenada causa incrementos en la severidad de la roya de la hoja y disminuciones en la mancha amarilla. Respuestas diferenciales en la severidad ante incrementos en la dosis de N, sumado al distinto hábito nutricional de los agentes causales, ocasionan un efecto diferencial de ambos patógenos sobre la removilización del N al grano, la absorción de N post-antesis, el %N en grano y su acumulación en los granos, siendo *P.triticina* el que provoca las mayores reducciones en estas variables.

- VIII. La triple mezcla fungicida de triazol-estrobilurina-carboxamida provoca incrementos superiores sobre el N removilizado, el absorbido en post-antesis y la acumulación de N en grano con respecto a la doble mezcla triazol-estrobilurinas explicado por un mayor efecto fungicida y por efectos positivos en la fisiología del cultivo
- IX. La fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas causa efectos contrastantes especialmente en los genotipos susceptibles a *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* lo que permite distinguir el efecto de estos patógenos sobre la removilización, absorción post antesis, % Nitrógeno y acumulación de N en grano.

B. Objetivos

Los objetivos específicos fueron:

- II. Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la severidad producida por *Py.tritici-repentis* (necrotrófico) y *P.triticina* (biotrófico) y su efecto sobre la removilización, absorción de N post-antesis y su acumulación en granos en cultivares de trigo
- III. Evaluar el efecto de diferentes principios activos de fungicidas (triazoles-estrobilurinas y triazoles-estrobilurinas-carboxamidas) sobre la severidad de estos patógenos foliares, caracteres morfofisiológicos del cultivo, rendimiento y en la removilización, absorción post-antesis y acumulación de N en granos en cultivares inoculados con los mencionados patógenos foliares

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Datos climáticos y de suelo

Los ensayos se llevaron a cabo durante 2014 y 2015 en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 52' LS; 57° 58' LO). Durante el ciclo del cultivo se registró diariamente la temperatura media, precipitaciones, humedad relativa y radiación incidente en la estación meteorológica situada a 200 m de los ensayos. El suelo fue un Argiudol típico (Serie Los Hornos) con los siguientes resultados de análisis (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Resultados del análisis de suelo en el sitio de los ensayos a dos profundidades

	Profundidad 0-20 cm	Profundidad 20-40 cm
<i>pH (1:2,5)</i>	5,80	6,00
<i>Carbono [%]</i>	2,11	
<i>Materia Orgánica [%]</i>	3,59	
<i>Nitrógeno total [%]</i>	0,20	
<i>N-Nitratos [ppm]</i>	10,4	5,06
<i>Fósforo [ppm]</i>	28,3	

Tabla 3.2. Breve descripción de los cultivares de diferente grupo de calidad (GC) utilizados en el ensayo (información brindada por los criaderos)

CULTIVAR	GC	DESCRIPCIÓN
ACA 315 (A315)	1	Ciclo largo a intermedio de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium
Nidera Baguette 11 (Bag11)	2	Ciclo intermedio a largo. De porte vegetativo semi-erecto. MS a roya de la hoja, MR a septoriosis, MS-MR a mancha amarilla y Fusarium
ACA 303 (A303)	3	Ciclo intermedio a largo de porte vegetativo semi-erecto. MR a roya de la hoja. MS a mancha amarilla y septoriosis. MR a Fusarium.

R: resistente; MR: moderadamente resistente; MS: moderadamente susceptible

3.2.2. Diseño del ensayo a campo

Se utilizó un diseño experimental en parcela dividida con tres repeticiones y testigos apareados. Las parcelas principales correspondieron a las inoculaciones con cada uno de los dos patógenos: 1- *Py. tritici-repentis* y 2- *P. triticina*. La sub-parcela fueron los tratamientos de fungicidas: 1- sin fungicida (SF); 2- con fungicida sistémico Opera®, una mezcla doble de triazol (epoxiconazole, 50 g/ha) + estrobilurina (piraclostrobin, 133 g/ha) en una dosis total de 1 l/ha (TE); 3- con fungicida sistémico Orquesta® Ultra, una mezcla triple de triazol (epoxiconazole, 60 g/ha) + estrobilurina (piraclostrobin, 97,2 g/ha) + carboxamida (fluxapyroxad 60 g/ha) en una dosis total de 1,2 l/ha (TEC). La sub-sub-parcela correspondió al tratamiento de fertilización nitrogenada en tres dosis: 0, 70 y 140 kg N/ha, aplicados bajo la formulación de urea granulada (46-0-0) en dos momentos: a la siembra y a fines de macollaje (EC24) (Zadoks *et al.* 1974). La fertilización fosforada se realizó a la siembra mediante fosfato tricálcico granulado (0-46-0) a razón de 50 kg/ha. En la sub-subparcela se sembraron tres cultivares de trigo de ciclo intermedio a largo, de buen comportamiento en la zona y de diferente grupo de calidad panadera. Los cultivares seleccionados fueron: ACA 315 (A315), Nidera Baguette 11 (Bag11) y ACA 303 (A303) (Tabla 3.2).

3.2.3. Preparación del suelo, aplicación de fungicidas e inoculaciones

La preparación del suelo consistió en un esquema de labranza convencional similar al abordado en materiales y métodos del Capítulo 2 de la presente tesis. La siembra se realizó el

28 de julio de 2014 y 16 de junio de 2015 con una sembradora experimental a 20 cm entre líneas con una densidad de 250 pl/m². Las parcelas experimentales tuvieron un largo de 5,50 m y un ancho de 1,40 m, siendo la superficie de cada una 7,7 m². Entre las sub-parcelas de fungicidas se realizó la intersemebra de avena (*Avena sativa* L) para disminuir el traspaso de inóculo entre parcelas y para evitar el “efecto bordura”. Las parcelas principales estuvieron distanciadas al menos 200 m para minimizar el riesgo de traspaso de inóculo.

Por otro lado, el ensayo fue inoculado separadamente (según si la parcela principal corresponde a uno u otro patógeno) con una suspensión de esporas de *Py. tritici-repentis* (3×10^3 esporas/ml; Jordahl & Francl 1992; Ali & Francl 2003) y con esporas de *P. triticina* utilizando talco como vehículo sobre una bordura con una mezcla de cultivares susceptibles a la enfermedad (Nidera Baguette 21 y Nidera Baguette 30) a razón de 0,5 mg por planta (Shatya 2015). Las inoculaciones se realizaron a fines de macollaje (EC24) y en hoja bandera desplegada (EC39). La multiplicación de inóculo y metodología de inoculación fueron similares a las desarrolladas en la sección de materiales y métodos del Capítulo 2 de la presente tesis. Para *Py. tritici-repentis* se utilizó una mezcla de aislados (G327; G375; H017 y 25M) obtenidos de diferentes regiones del país (Gualeduaychú, Provincia de Entre Ríos; La Plata, Provincia de Buenos Aires y 25 de mayo, Provincia de Buenos Aires), mientras que para *P. triticina* se utilizó una mezcla de razas de alta frecuencia en nuestra zona triguera y virulentas (MDP, MFP, TDT 10-20, TFT 10-20 y MDT 10-20) sobre los cultivares en estudio (provistas por el Ing. Pablo Campos del INTA Bordenave). Por otra parte, los fungicidas fueron aplicados en pleno macollaje (EC23) y en EC39, con una mochila de gas carbónico con pastillas de abanico plano.

3.2.4. Evaluaciones a campo

Las evaluaciones fueron similares a las desarrolladas en el Capítulo 2. Las mismas consistieron en la determinación de la severidad de cada enfermedad, mediante estimación visual, expresada como porcentaje de hoja cubierta por necrosis y clorosis de las enfermedades presentes en la hoja (predominando aquella cuyo agente causal fue inoculado). La severidad fue evaluada en siete a diez plantas tomadas al azar por cada parcela. Las evaluaciones se realizaron en los estadios EC39 (95 días después de emergencia) y antesis (EC60) (109 después de emergencia) con observaciones sobre todas las hojas con tejido verde. La tercera evaluación se realizó en grano pastoso (EC82) (130 días después de emergencia) y fue realizada sobre la hoja bandera. Con las medias de severidad de las tres evaluaciones se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) siguiendo la fórmula desarrollada por Shaner & Finney (1977).

Los protocolos utilizados para la determinación de IAFV y su duración, rendimiento, componentes del rendimiento y dinámica del N en el cultivo (NREM, NPA, %NG, NG, ERN e ICN) fueron idénticas a las desarrolladas en el Capítulo 2.

3.2.5. Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó mediante un ANVA para parcelas divididas mediante el programa GenStat 12th Edition (VSN, 2009). Las medias se compararon mediante el test LSD ($p=0,05$).

3.3. Resultados

3.3.1. Condiciones climáticas

Durante el año 2014 se registraron mayores precipitaciones totales durante el ciclo del cultivo (755 mm), por encima de la normal de la zona (519 mm, serie 1964-2009) y comparado con el año 2015 (543 mm) (Tabla 3.3). Comparado con la serie histórica, las precipitaciones en 2014 fueron un 56% superiores en el periodo de encañazón y antesis (octubre) y un 89% superiores en periodo de llenado de granos (noviembre) y fueron significativamente mayores al año 2015. Para el año 2015, el mes más lluvioso fue agosto donde se registraron un 165% más de precipitaciones a la media histórica (59,2 mm) a diferencia del mismo periodo en 2014 donde las precipitaciones no presentaron variaciones en relación a la serie 1964-2009 (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Temperatura media, máxima y mínima (°C); humedad relativa (%) y precipitaciones (mm) mensuales durante el periodo de cultivo en 2014 y 2015 en Los Hornos, Buenos Aires, Argentina. Se incluyen valores climáticos de referencia (temperatura media y precipitaciones periodo 1964-2009)

	Temperatura (°C)							Humedad relativa media (%)		Precipitación (mm)		
	2014			2015			Serie 1964-2009	2014	2015	2014	2015	Serie 1964-2009
	Media	Max	Min	Media	Max	Min						
Jun	10,2	15,8	5,90	11,3	16,9	5,6	10,6	82	69	59	41	54,3
Jul	10,5	15,2	5,60	10,3	15,6	4,8	10,2	78	77	134	61	62,1
Ago	12,7	18,4	7,30	13,0	17,6	8,3	11,5	68	81	62	157	59,2
Sep	14,1	19,0	9,00	12,0	17,4	6,8	13,5	74	66	94	48	67,9
Oct	18,1	23,3	12,7	13,7	18,7	8,8	16,5	71	72	162	68	96,1
Nov	18,9	24,6	12,7	18,0	23,4	12,3	19,2	65	52	193	130	98,6
Dic	21,5	27,3	15,3	22,1	28,0	15,8	22,3	64	69	41	39	80,6
Media	15,1	18,2	9,8	14,3	19,6	8,9	14,8	71,7	69,4	755	543	519

Con respecto a la temperatura, durante el periodo de encañazón y antesis (octubre) en 2014, la media registrada fue superior a la normal y alrededor de 4°C superior respecto al mismo periodo de 2015, que se presentó más fresco a los esperado con valores por debajo del promedio (serie 1964-2009, Tabla 3.3). Por otro lado, en los meses de septiembre (momento en que se iniciaron las inoculaciones) y noviembre de 2014 se presentaron valores comparativamente más elevados de humedad relativa en relación al mismo periodo de 2015, en tanto que para el mes de octubre y para ambos años considerados, prácticamente no existieron variaciones (Tabla 3.3).

3.3.2. Área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y dinámica del índice de área foliar verde del cultivo (DAFV) y de la hoja bandera (DAFVHB) ante infecciones de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

El ABCPE estuvo influenciada por la variación entre años, el tipo de patógeno, los tratamientos de fungicida, la fertilización nitrogenada y los cultivares (Tabla 3.4 y 3.5). Asimismo, existieron diferencias significativas para interacciones dobles y triples (Tabla 3.4). Considerando la interacción *Año* × *Patógeno* × *Fungicida* × *N*, los valores medios de ABCPE fueron un 40,2% superiores en 2014 (502) en relación a 2015 (358) y para el caso de mancha amarilla 11,3% superiores (453) con respecto a roya de la hoja (407) (Fig. 3.2a y b). El ABCPE de mancha amarilla fue menor ante incrementos de la dosis de N comparados con roya de la hoja, que presentó la tendencia inversa. En este sentido, inoculaciones con *Py. tritici-repentis* presentaron disminuciones en el ABCPE ante aumentos en la dosis de N independientemente del tratamiento de fungicidas utilizado, con reducciones de hasta 19,3% (tratamiento sin fungicida), 21,5% (TE), 17,2% (TEC) en 2014 y disminuciones del 19,4% (tratamiento sin fungicida), 21,2% (TE) y 17% (TEC) en 2015 cuando se compararon los tratamientos 0N y 140N . Por su parte, en el caso de roya de la hoja, el ABCPE se incrementó con la fertilización nitrogenada cuando no se aplicaron fungicidas en 2014 (+36%) y 2015 (+26,1%) y ante TE en 2015 (+13,7%) (Fig. 3.2). Además, los niveles de severidad de ambas enfermedades fueron menores en los tratamientos protegidos y con una clara tendencia a disminuir ante incremento de la dosis de N, observándose con el tratamiento TEC una reducción promedio del 42,7% de ABCPE y un -32,3% para TE en relación al testigo sin protección que presentó valores promedio de 573 (Fig. 3.3; Anexo III, Tablas 3.1-3.4).

Tabla 3.4. Valor *p* (ANVA) del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde (DAFV), tasa de caída del índice de área foliar verde (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82), duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) y tasa de caída del IAFV de la hoja bandera entre EC39 y EC82 en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	Gl	ABCPE	DAFV	Tasa de caída del IAFV	DAFVHB	Tasa de caída del IAFVHB
Año (A)	1	0,001	0,003	<,001	0,003	<,001
Patógeno (Pa)	1	0,005	0,061	0,260	<,001	0,029
<i>A x Pa</i>	1	0,043	0,948	0,818	0,900	0,287
Fungicida (Fu)	2	<,001	<,001	<,001	<,001	0,533
<i>A x Fu</i>	2	0,011	0,989	0,136	0,698	0,227
<i>Pa x Fu</i>	2	0,394	0,547	0,786	0,926	0,266
<i>A x Pa x Fu</i>	2	0,576	1,000	0,970	0,912	0,631
Nitrógeno (N)	2	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
<i>A x N</i>	2	0,019	0,555	<,001	0,883	0,007
<i>Pa x N</i>	2	<,001	<,001	0,181	<,001	0,010
<i>Fu x N</i>	4	0,002	<,001	0,015	<,001	0,010
<i>A x Pa x N</i>	2	0,932	0,875	0,739	0,407	0,008
<i>A x Fu x N</i>	4	0,074	0,986	0,937	0,228	0,564
<i>Pa x Fu x N</i>	4	<,001	0,003	0,330	<,001	<,001
<i>A x Pa x Fu x N</i>	4	0,022	0,986	0,989	0,316	0,385
Cultivar (Cu)	2	<,001	<,001	<,001	0,003	<,001
<i>A x Cu</i>	2	<,001	0,980	0,381	0,998	0,980
<i>Pa x Cu</i>	2	<,001	0,004	<,001	<,001	<,001
<i>Fu x Cu</i>	4	<,001	<,001	<,001	<,001	0,018
<i>N x Cu</i>	4	0,576	0,016	0,017	<,001	0,422
<i>A x Pa x Cu</i>	2	<,001	0,995	0,894	0,985	0,759
<i>A x Fu x Cu</i>	4	0,001	0,994	0,813	0,998	0,998
<i>Pa x Fu x Cu</i>	4	0,164	0,309	0,691	0,254	0,303
<i>A x N x Cu</i>	4	0,982	0,974	0,974	0,956	0,810
<i>Pa x N x Cu</i>	4	0,040	0,067	0,173	0,156	0,244
<i>Fu x N x Cu</i>	8	0,037	0,035	0,039	0,008	0,544
<i>A x Pa x Fu x Cu</i>	4	0,144	0,997	0,999	0,997	0,958
<i>A x Pa x N x Cu</i>	4	0,793	0,978	0,998	0,950	0,976
<i>A x Fu x N x Cu</i>	8	0,916	0,999	1,000	1,000	0,999
<i>Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,094	0,023	0,194	0,011	0,031
<i>A x Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,903	0,998	1,000	1,000	0,847
Total	359					

Tabla 3.5. Medias de factores principales del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), duración del área foliar verde (DAFV), tasa de caída del índice de área foliar verde (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82), duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) y tasa de caída del IAFV de la hoja bandera entre EC39 y EC82 en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	ABCPE	DAFV (días)	Tasa de caída del IAFV (IAFV/día)	DAFVHB (días)	Tasa de caída del IAFVHB (IAFV/día)
Año					
2014	502	106	-0,214	31,8	-0,042
2015	358	102	-0,146	29,7	-0,027
Patógeno					
<i>Py. tritici-repentis</i>	453	107	-0,183	34,4	-0,038

<i>P. triticina</i>	407	101	-0,177	27,1	-0,031
Fungicida					
Sin fungicida	573	84,2	-0,155	25,7	-0,034
TE	389	110	-0,187	31,4	-0,035
TEC	329	118	-0,197	35,1	-0,035
Nitrógeno					
0N	444	78,5	-0,137	22,8	-0,027
70N	436	105	-0,181	31,4	-0,035
140N	411	129	-0,223	38,0	-0,042
Cultivar					
ACA 315 (GC1)	377	99,5	-0,164	30,2	-0,032
Baguette 11 (GC2)	544	103	-0,192	31,5	-0,039
ACA 303 (GC3)	370	109	-0,185	30,6	-0,032

TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha, GC: grupo de calidad

Por otro lado, el ABCPE estuvo afectado por la interacción *Patógeno* × *N* × *Cultivar* (Tabla 3.4; Anexo III, Tabla 3.4) observándose una tendencia decreciente del ABCPE de mancha amarilla en los tres cultivares con el incremento de la dosis de N, con reducciones de hasta 14,4% (A315), 22,6% (Bag11) y 20,2% (A303) en esta variable cuando se contrastaron los tratamientos 0N y 140N. Por su parte, se detectó una tendencia creciente para el ABCPE ante roya de la hoja que sólo fue significativa en el cultivar más susceptible (Bag11) con aumentos de hasta 10,9% en el ABCPE ante 70N y 140N (Fig. 3.4), en tanto que los cultivares A315 y A303 no mostraron diferencias significativas de ABCPE ante incrementos de las dosis de N (Fig. 3.4). Cabe remarcar que, para ambos patógenos, el cultivar Bag11 fue el que presentó los mayores niveles de ABCPE y las mayores respuestas en el ABCPE ante incrementos en la dosis de N.

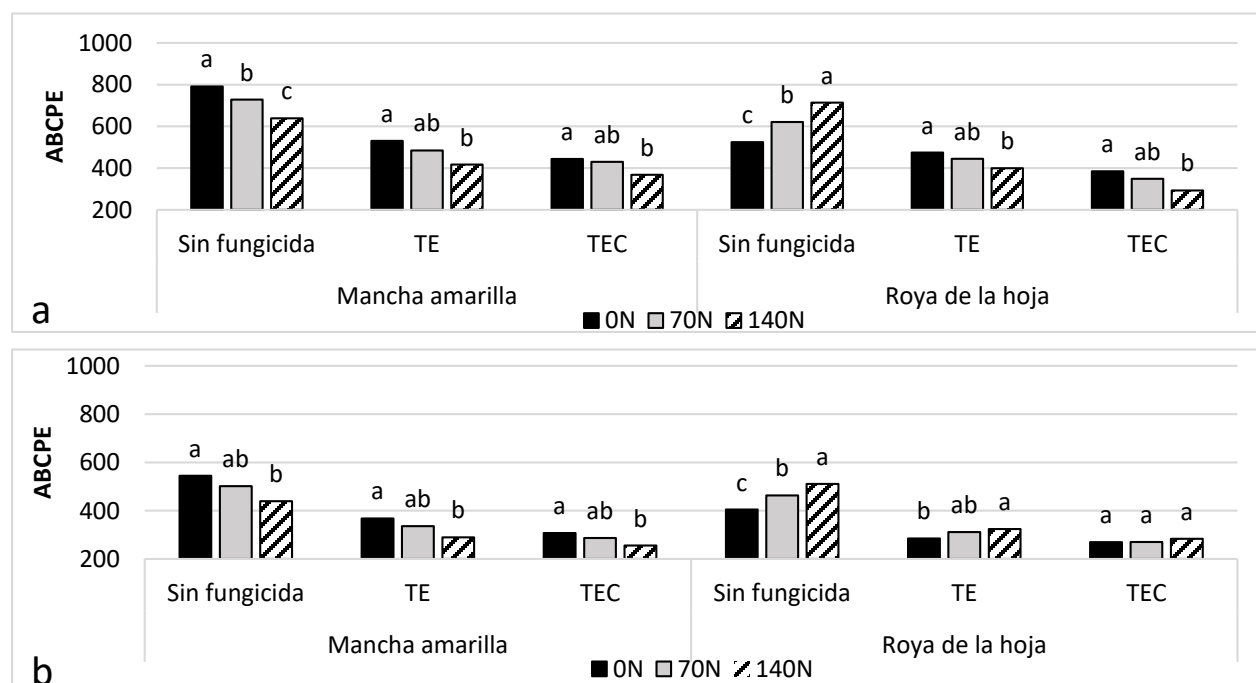


Figura 3.2. Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en la interacción *Año* × *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis N en tres cultivares de trigo durante 2014 (a) y 2015 (b) (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año, cada enfermedad y tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

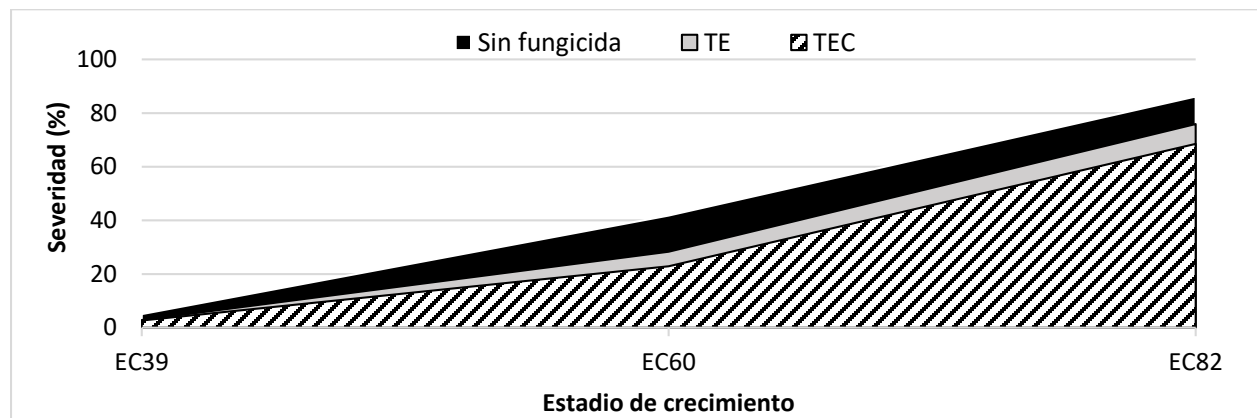


Figura 3.3. Medias de severidad en los estadios de hoja bandera (EC39), antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) y para los tres tratamientos de fungicidas (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida) donde se observa el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015

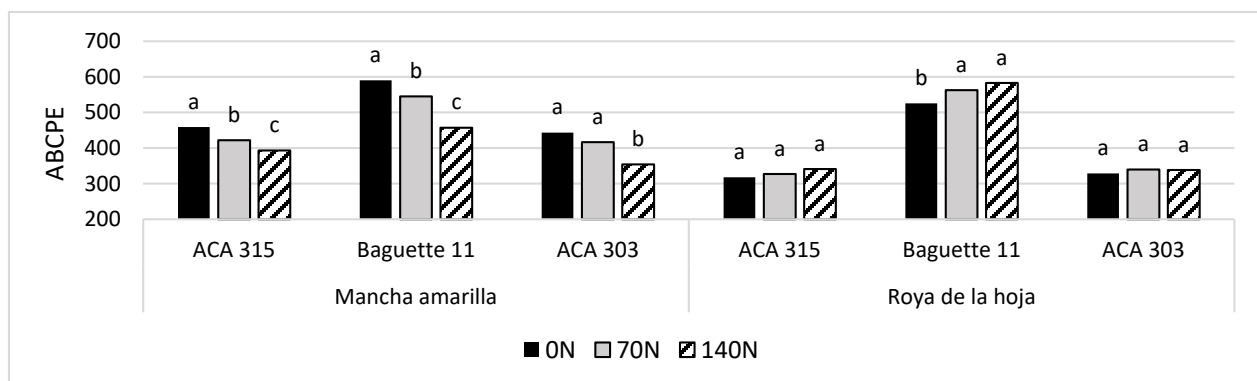


Figura 3.4. Medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en la interacción *Patógeno* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis N en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La DAFV estuvo influenciada por el año, los tratamientos de fungicidas, la dosis de N aplicada, los cultivares y por la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* (Tabla 3.4). Esta variable fue un +3,92% mayor en 2014 (106 días) comparada con el mismo periodo de 2015 (102 días) (Tabla 3.5). Por su parte, la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* (Tabla 3.4; Anexo III, Tabla 3.8) estuvo explicada fundamentalmente por los menores incrementos de DAFV ante aumentos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida de *P. triticina* para el cultivar Bag11

y en menor magnitud en A315 y A303 comparado con los mismos tratamientos ante *Py.tritici-repentis* (Figura 3.5). Para Bag11, si bien la DAFV se incrementó de manera significativa con la dosis de 140N (82,9 días) respecto a las parcelas con 0N (65,8 días), no se observaron diferencias significativas entre la DAFV de los tratamientos 0N y 70N (64,7 días) (Figura 3.5). La DAFV se incrementó en todos los tratamientos de fungicidas y para ambas enfermedades ante incrementos de la dosis de N; sin embargo, para el testigo sin proteger y enfermo con roya de la hoja, la magnitud del incremento de esta variable fue de menor magnitud (Figura 3.5). Por otro lado, los fungicidas incrementaron en promedio la DAFV en un 30,5% (TE) y un 40,0% (TEC), comparado al testigo sin fungicida que presentó valores medios de 84,2 días (Tabla 3.5; Figura 3.6). Asimismo, la DAFV se incrementó de manera más acentuada con mancha amarilla ante incrementos de la dosis de N superando en promedio un +42,9% para la dosis 70N y en un +83,5% para la dosis 140N respecto al testigo sin fertilizar (75,2 días) (Figura 3.5). Por su parte, la magnitud del incremento de la DAFV con roya de la hoja fue menor involucrando valores promedio de +24,9% para 70N y un 46,8% para la dosis de 140N respecto al testigo sin fertilizar que presentó valores promedio de 81,9 días (Figura 3.5).

Con respecto a la tasa de caída del IAFV (IAFV/día), se detectaron diferencias significativas entre los años, tratamientos de fungicidas, dosis de N y cultivares, así como para la interacción *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* (Tabla 3.4). En ese sentido, si bien las tasas de caída de IAFV presentaron mayores valores promedio en los tratamientos con fungicidas de TEC (-0,197 de IAFV/día) y TE (-0,187 de IAFV/día) en relación al tratamiento sin fungicida (-0,115 de IAFV/día) (Tabla 3.5, Figura 3.7 y 3.9), esto se debió a que los valores de IAFV en los tres estadios evaluados y para los tratamientos protegidos, fueron significativamente superiores al tratamiento sin proteger (Figura 3.6, 3.7, 3.9; Anexo III, Tablas 3.5, 3.6 y 3.7). Asimismo, los tratamientos 70N y 140N presentaron los mayores niveles promedio de IAFV en los tres estadios evaluados (Figura 3.8a y 3.9), lo que implicó tasas de caídas superiores (-0,181 IAFV/día y -0,223 IAFV/día, respectivamente) en relación a dosis de 0N (-0,137 IAFV/día). Con respecto a la variación genotípica para esta variable, en promedio se detectó que el cultivar Bag11 (promedio -0,192 IAFV/día) presentó mayores tasas de caída del IAFV seguido por A303 (promedio -0,185 IAFV/día) y A315 (promedio -0,164 IAFV/día) (Figura 3.8b y 3.9).

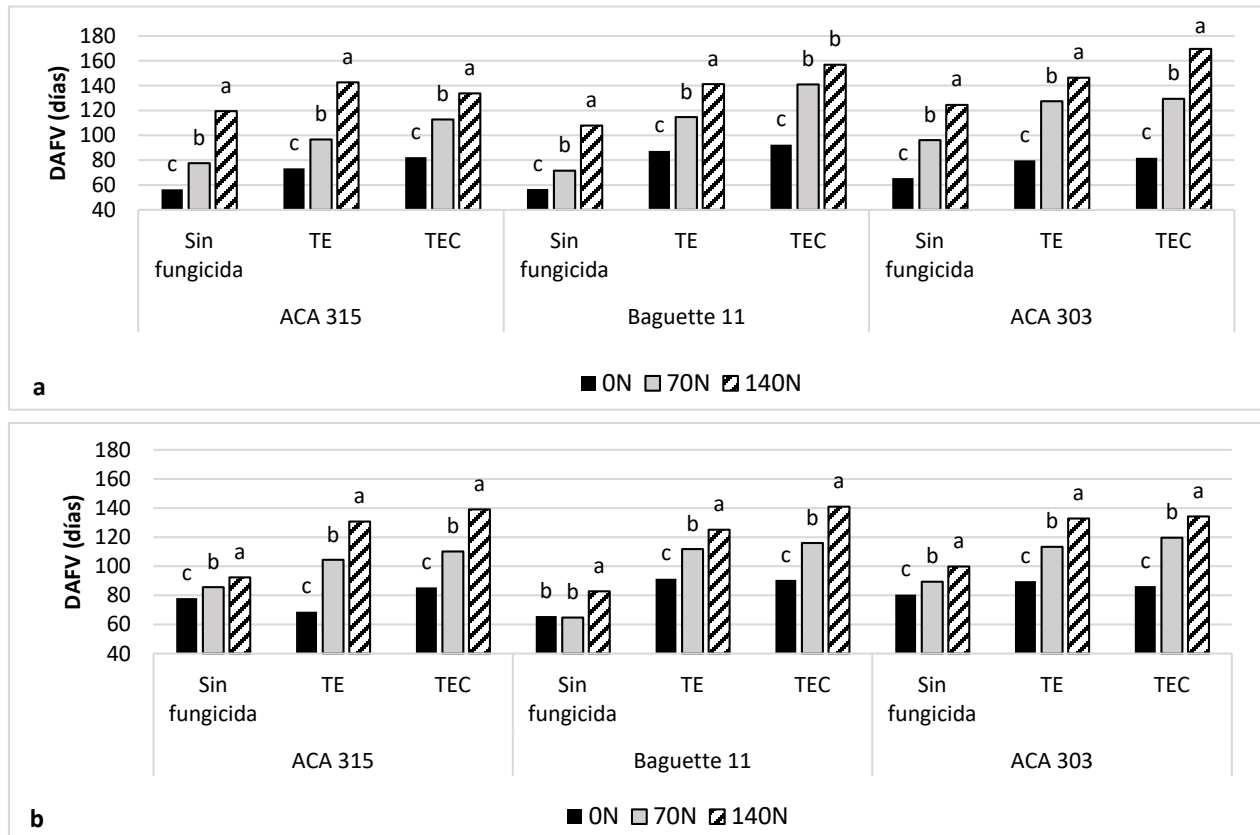


Figura 3.5. Medias la duración del índice de área foliar del cultivo (DAFV) de la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* (a) y *P. triticina* (b) con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno, dentro de cada cultivar y tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

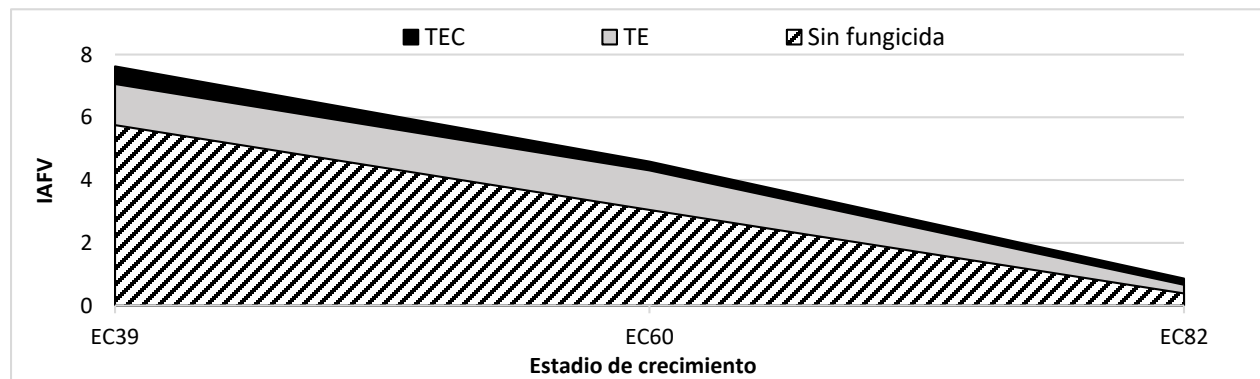


Figura 3.6. Medias del índice de área foliar verde del cultivo (IAFV) en los estadios de hoja bandera (EC39), antesis (EC60) y grano pastoso (EC82) para los tres tratamientos de fungicidas donde se observa la duración del área foliar verde del cultivo (DAFV) en un ensayo inoculado con y *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida)

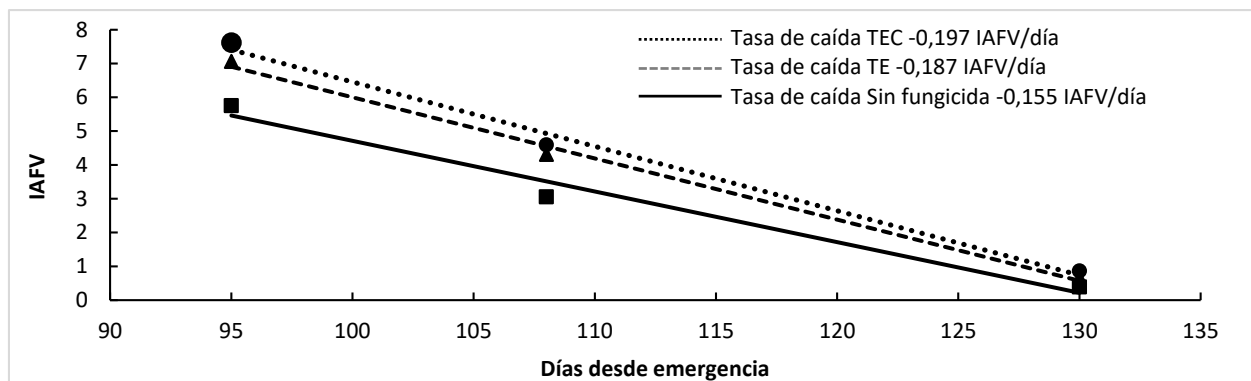


Figura 3.7. Medias del índice de área foliar verde del cultivo (IAFV) a los 95, 109 y 130 días desde emergencia (hoja bandera, antesis y grano pastoso, respectivamente) con tres tratamientos de fungicidas donde se observa la tasa de caída del IAFV/día de cada tratamiento en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida)

En la Figura 3.10a se indica la dinámica del IAFVHB a partir de la emergencia de la misma (con el correspondiente ajuste para cada tratamiento de fungicida) donde puede observarse que la aplicación de fungicidas TE y TEC prolongaron la DAFVHB en 1,10 días promedio y 3,2 días promedio respecto al testigo sin fungicida donde la hoja bandera duró 40,5 días verde.

Las tasas de caída del IAFVHB, fueron en promedio superiores en los tratamientos inoculados con *Py. tritici-repentis* (-0,042 IAFV/día) en relación a *P. triticina* (-0,027 IAFV/día) (Tabla 3.5, Figura 3.10b). Asimismo, los tratamientos fertilizados con 70N y 140N presentaron los mayores niveles promedio de IAFVHB en los estadios evaluados (Figura 3.11a), lo que implicó tasas de caídas superiores (-0,035 IAFV/día y -0,042 IAFV/día, respectivamente) en relación a dosis mínima de 0N (-0,027 IAFV/día). Por su parte, las tasas de caída del IAFVHB fueron en promedio mayores en el cultivar Bag11 (-0,039 IAFV/día), seguido por los cultivares A303 (-0,032 IAFV/día) y A315 (-0,032 IAFV/día) (Figura 3.11b).

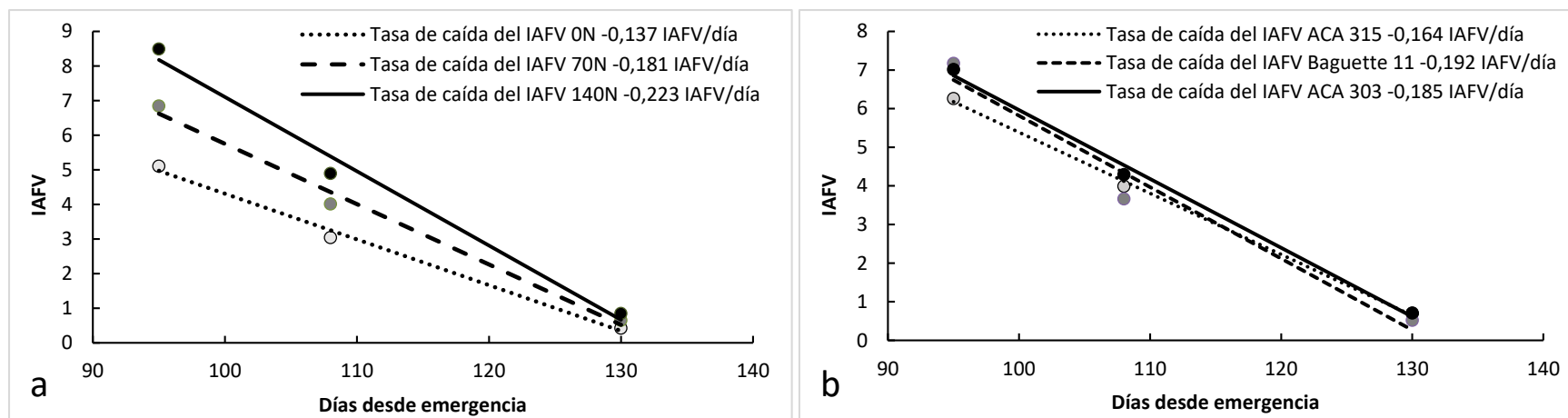


Figura 3.8. Medias del índice de área foliar verde del cultivo (IAFV) a los 95, 109 y 130 días desde emergencia (hoja bandera, antesis y grano pastoso respectivamente) con las tres dosis de N (a) y en los tres cultivares (b) donde se observa la tasa de caída del IAFV/día de cada tratamiento en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha).

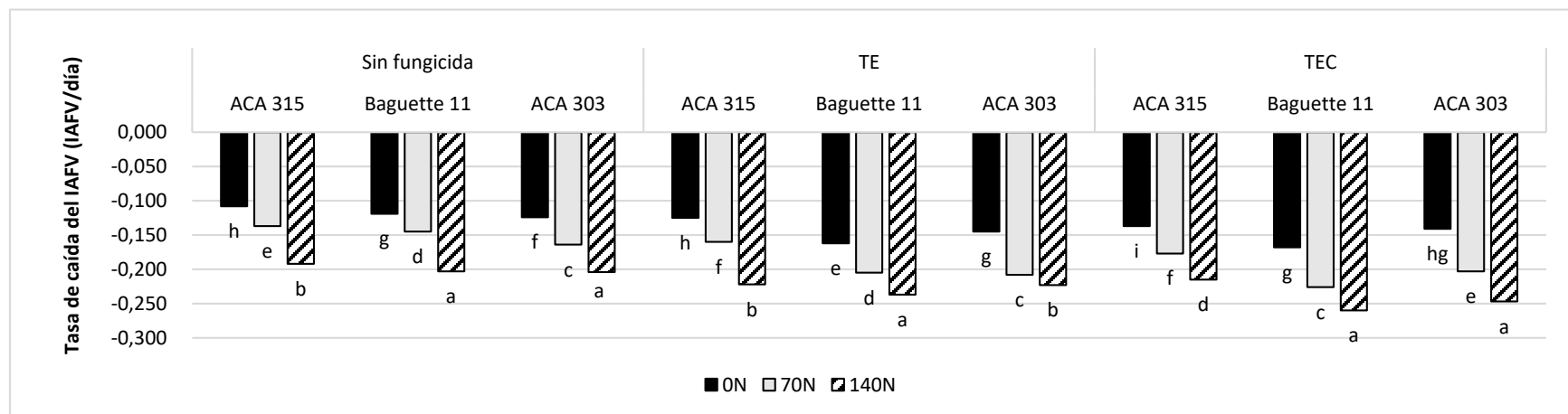


Figura 3.9. Medias de la tasa de caída del índice de área foliar (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) de la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

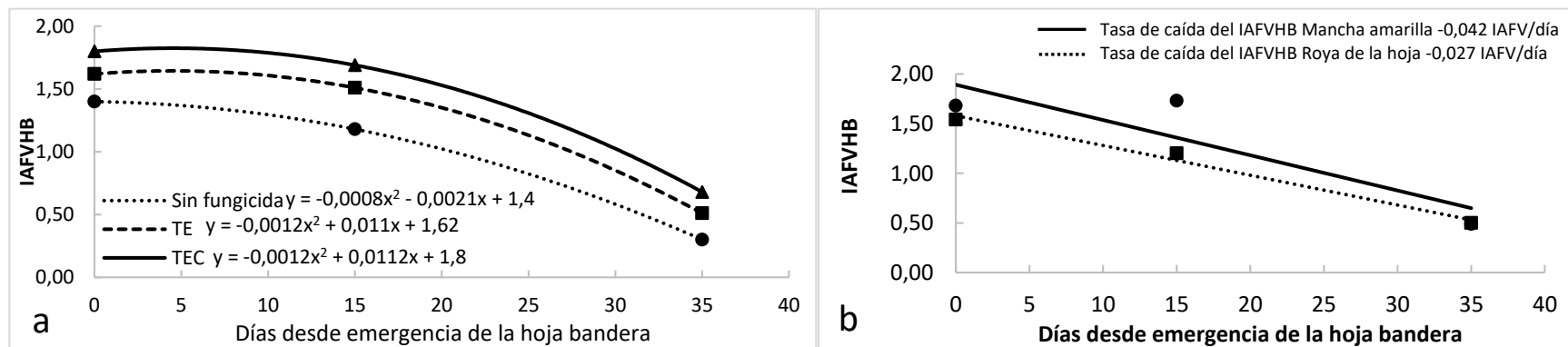


Figura 3.10. (a) Medias del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) a los 0, 15 y 35 días desde emergencia de la misma (hoja bandera desplegada, anthesis y grano pastoso, respectivamente), donde se observa la duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) con tres tratamientos de fungicidas. (b) Medias del IAFVHB a los 0, 15 y 35 días donde se observa la tasa de caída del IAFV/día para las dos enfermedades en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida)

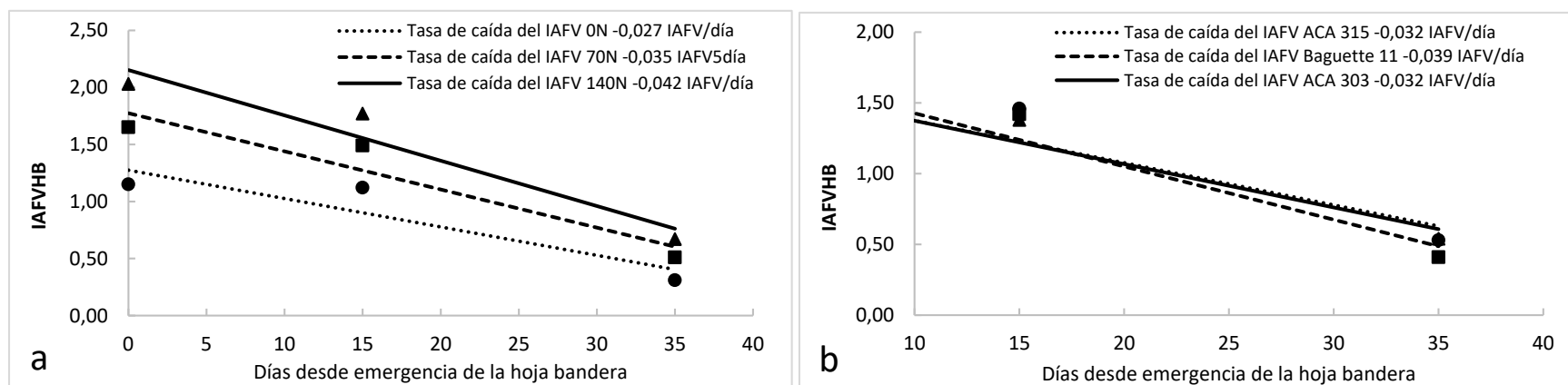


Figura 3.11. Medias del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) a los 0, 15 y 35 días desde emergencia de la misma (hoja bandera, anthesis y grano pastoso respectivamente) con las tres dosis de N (a) y en los tres cultivares (b) donde se observa la tasa de caída del IAFV/día de cada tratamiento en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha)

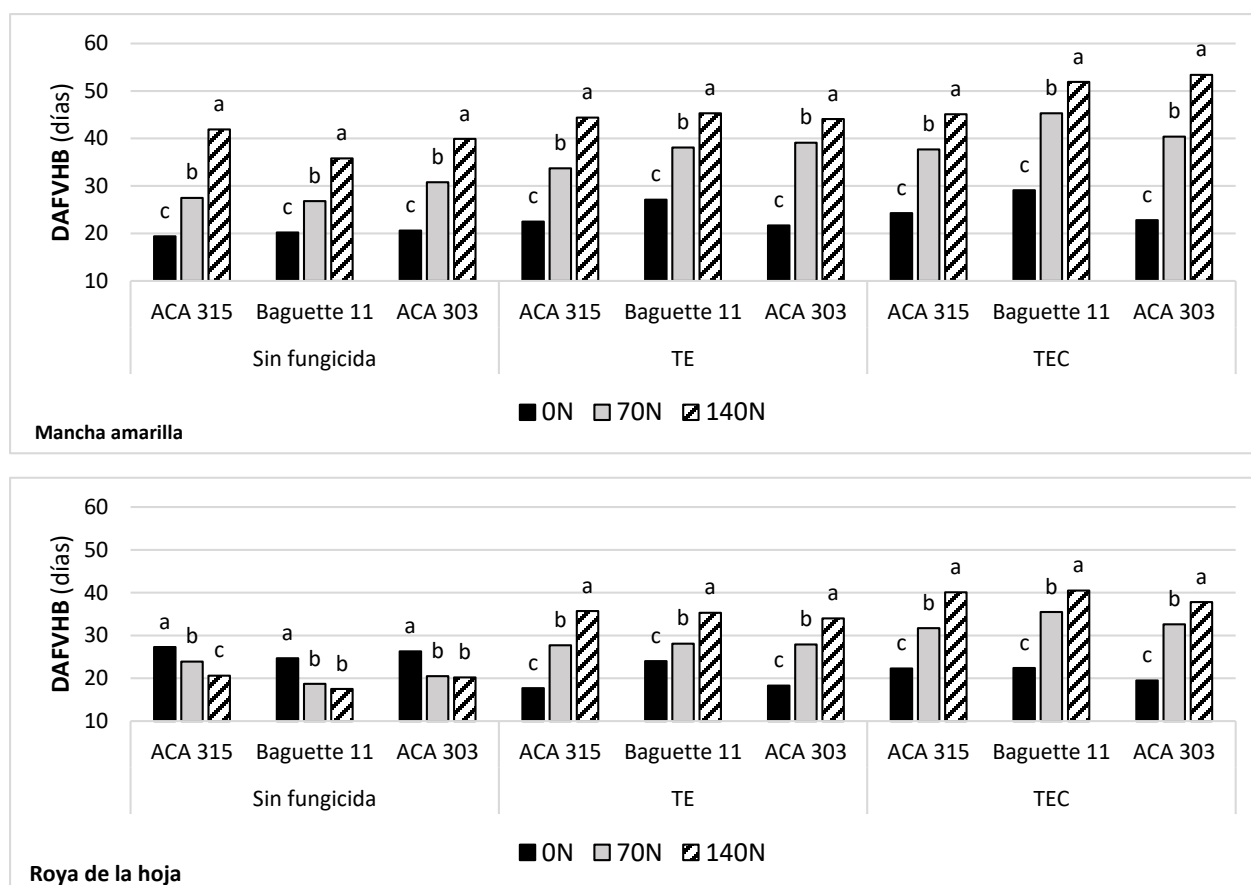


Figura 3.12. Medias de la duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) en la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* (a) y *P. triticina* (b) con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno y dentro de cada tratamiento de fungicida y dentro de cada cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

El año influyó significativamente los valores de IAFVHB (Tabla 3.4 y 3.5) detectándose niveles superiores en 2014 (promedio 31,8 días) respecto a 2015 (29,7 días), lo que implicó una disminución del 6,60% en el año con menos precipitaciones. Por su parte, se observaron diferencias significativas para la DAFVHB en la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* (Tabla 3.4; Anexo III, Tabla 3.13). Esta variable se incrementó en forma significativa en los tres cultivares, ante dosis crecientes de N, en todos los tratamientos de fungicidas con *Py. tritici-repentis* (Figura 3.12a), pero sólo en los tratamientos protegidos con TE y TEC e inoculados con *P. triticina* (Figura 3.12b). En este sentido, tanto Bag11 como A303 no evidenciaron diferencias significativas en la DAFVHB entre 70N y 140N en relación al tratamiento 0N de *P.triticina*, patógeno que evidenció en términos generales menores valores de DAFVHB que *Py.tritici-repentis* (Tabla 3.5; Figura 3.12a y b). Los tratamientos de fungicidas incrementaron la DAFVHB

en un +22,2% promedio con el tratamiento de TE y en un +36,6% para el tratamiento de TEC respecto al testigo sin fungicida (Tabla 3.5).

Por otro lado, se evidenciaron diferencias significativas de la tasa de caída del IAFVHB en la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* (Tabla 3.4) que estuvo fundamentalmente explicada por las mayores tasas de caída en los tratamientos inoculados con *Py. tritici-repentis* (Figura 3.13a) respecto a *P. triticina* (Figura 3.13b). Además, existieron mayores tasas de caída en los tratamientos fertilizados y estas diferencias fueron mayores en los inoculados con *Py. tritici-repentis* con distinta magnitud entre cultivares (Figura 3.13a).

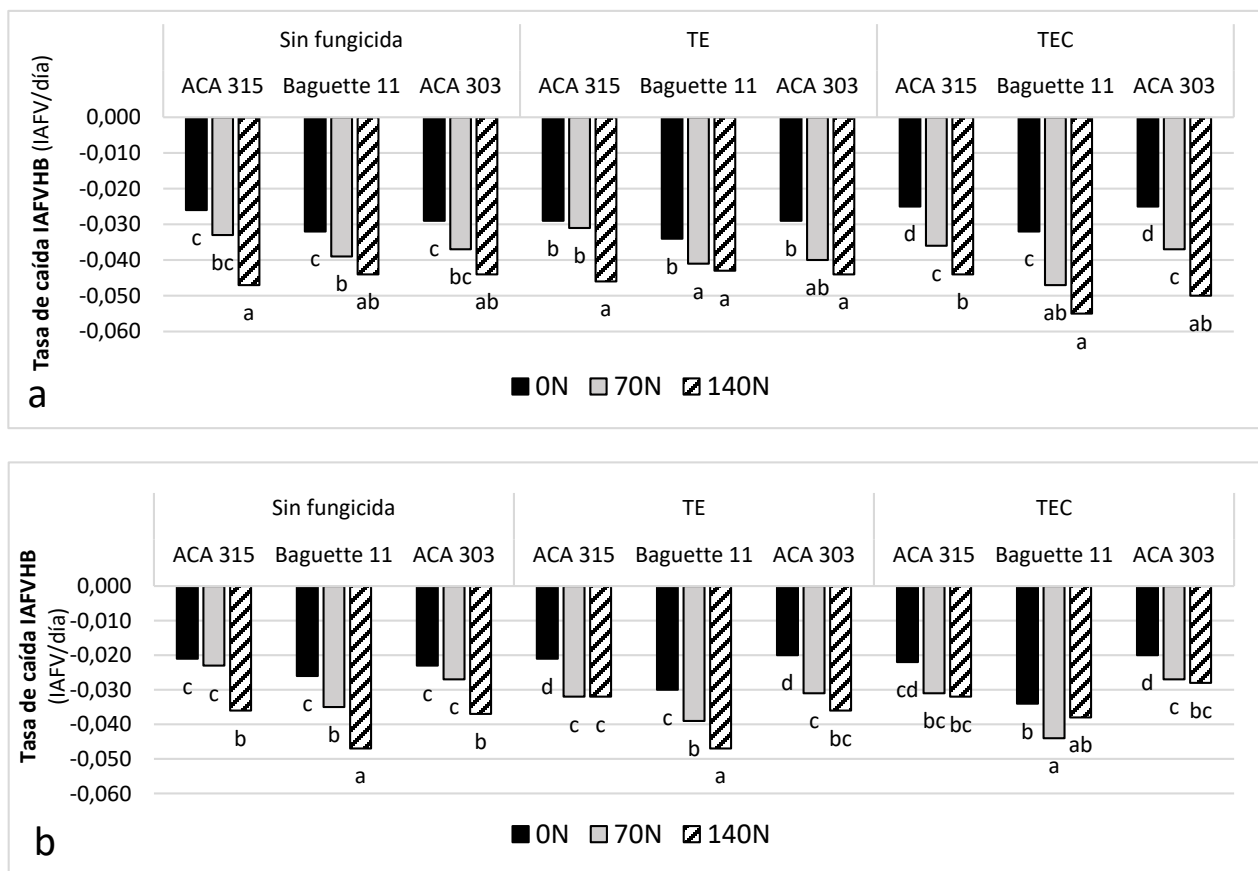


Figura 3.13. Medias de la tasa de caída del índice de área foliar de la hoja bandera (IAFVHB) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) de la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* (a) y *P. triticina* (b) con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno, dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

3.3.3. Rendimiento y componentes de rendimiento

Los tratamientos de fungicidas, las dosis de N y los cultivares influenciaron en forma significativa el rendimiento y sus componentes (Tabla 3.6). El NGT presentó variaciones entre años con valores significativamente inferiores en 2015 (-12,1%) comparado a 2014 (19623 granos/m²) (Tabla 3.7). Cuando se comparó el tratamiento 0N (15652 granos/m²) con la dosis de 70N, el NGT se incrementó en un 17,1%, en tanto que la aplicación de 140N implicó un aumento del 36,2% (Tabla 3.7). En promedio, el tratamiento de TEC presentó los mayores valores de NGT (+25,5%), seguido por TE (+16,7%) en relación al testigo sin fungicida que presentó valores promedio de 16173 granos/m² (Tabla 3.7). Por su parte, la interacción *Patógeno* × *Fungicida* estuvo explicada por el hecho de que no se observaron diferencias significativas en el NGT entre los tratamientos de TE y TEC en las parcelas inoculadas con *Py. tritici-repentis* y los incrementos fueron de hasta 27,5% (TEC) con respecto al tratamiento sin inóculo, en tanto que para *P. triticina* los aumentos fueron de hasta 23% cuando los mismos tratamientos fueron contrastados (Figura 3.14a; Anexo III, Tabla 3.17). Cabe destacar que los incrementos del NGT con la aplicación de fungicidas estuvieron explicados fundamentalmente por incrementos en el NGE ($R^2=0,679$; $p<0,001$).

Tabla 3.6. Valor *p* (ANVA) del número de espigas/m² (NESP), número de granos/espiga (NGE), número de granos totales (NGT), peso de mil granos (PMG) y rendimiento en grano en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	Gl	NESP	NGT	NGE	PMG	Rendimiento
Año (A)	1	0,005	<,001	0,302	0,838	0,934
Patógeno (Pa)	1	0,357	0,216	0,883	0,953	0,080
A x Pa	1	0,561	0,465	0,785	0,912	0,857
Fungicida (Fu)	2	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
A x Fu	2	0,344	0,496	0,463	0,003	0,254
Pa x Fu	2	0,567	0,035	0,166	0,115	0,769
A x Pa x Fu	2	0,919	0,553	0,401	0,067	0,247
Nitrógeno (N)	2	<,001	<,001	<,001	0,020	<,001
A x N	2	<,001	0,527	<,001	<,001	<,001
Pa x N	2	0,611	0,473	0,386	0,966	0,218
Fu x N	4	0,005	0,322	0,175	<,001	<,001
A x Pa x N	2	0,032	0,145	0,386	0,966	0,877
A x Fu x N	4	0,040	0,182	0,175	<,001	0,182
Pa x Fu x N	4	0,086	0,890	0,723	0,018	<,001
A x Pa x Fu x N	4	0,566	0,848	0,723	0,018	0,565
Cultivar (Cu)	2	0,104	<,001	<,001	0,864	<,001
A x Cu	2	0,425	<,001	0,002	0,598	0,870
Pa x Cu	2	0,756	0,064	<,001	0,558	0,941
Fu x Cu	4	0,006	0,005	0,002	<,001	<,001
N x Cu	4	0,687	0,769	0,282	0,853	0,595
A x Pa x Cu	2	0,219	0,297	0,503	0,953	0,984
A x Fu x Cu	4	0,719	0,981	0,834	0,037	0,590
Pa x Fu x Cu	4	0,232	0,152	0,147	0,651	0,129

$A \times N \times Cu$	4	0,966	0,123	0,282	0,853	0,993
$Pa \times N \times Cu$	4	0,696	0,383	0,238	0,982	0,980
$Fu \times N \times Cu$	8	0,241	0,991	0,996	0,684	0,022
$A \times Pa \times Fu \times Cu$	4	0,210	0,348	0,679	0,989	0,906
$A \times Pa \times N \times Cu$	4	0,357	0,578	0,238	0,982	1,000
$A \times Fu \times N \times Cu$	8	0,171	0,998	0,996	0,684	0,991
$Pa \times Fu \times N \times Cu$	8	0,286	0,977	0,976	0,987	0,314
$A \times Pa \times Fu \times N \times Cu$	8	0,677	0,841	0,976	0,987	0,999
Total	359					

Tabla 3.7. Medias del número de espigas/m² (NESP), número de granos/espiga (NGE), número de granos totales (NGT), peso de mil granos (PMG) y rendimiento en grano un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	NESP	NGE	NGT (granos/m ²)	PMG (g)	Rendimiento (kg/ha)
Año					
2014	544	34,4	19623	38,2	6343
2015	611	33,7	17247	38,1	6332
Patógeno					
<i>Py. tritici-repentis</i>	582	40,0	18985	38,1	6628
<i>P. triticina</i>	573	34,1	17885	38,1	6047
Fungicida					
Sin fungicida	543	31,5	16173	35,8	5160
TE	588	34,3	18873	38,6	6711
TEC	602	36,4	20258	39,9	7142
Nitrógeno					
0N	520	32,1	15652	38,2	5506
70N	584	33,9	18332	38,3	6352
140N	629	36,2	21320	37,7	7155
Cultivar					
ACA 315 (GC1)	576	31,3	16594	38,2	5949
Baguette 11 (GC2)	574	37,0	20439	38,1	6613
ACA 303 (GC3)	582	34,0	18271	38,0	6450

TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha, GC: grupo de calidad

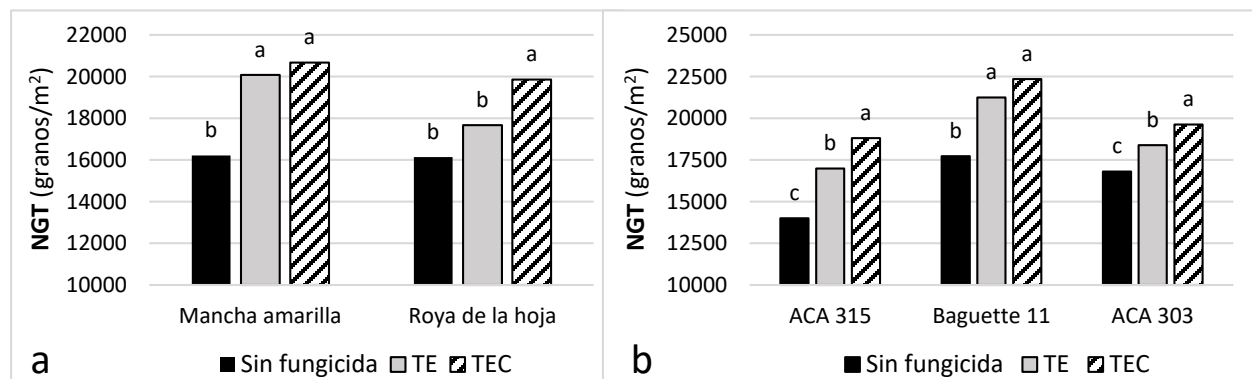


Figura 3.14. Medias del número de granos totales (NGT) de la interacción *Patógeno* × *Fungicida*¹ (a) y *Fungicida* × *Cultivar*² (b) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos

de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada ¹enfermedad o ²cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Por otro lado, la interacción *Fungicida* × *Cultivar* estuvo fundamentalmente explicada por las menores diferencias en el NGT en el cultivar A303 frente a los tratamientos de fungicidas de TE y TEC y por la ausencia de diferencias entre los tratamientos TE y TEC en el cultivar Bag11 (Fig. 3.14b). Asimismo, el cultivar Bag11 presentó en promedio los valores de NGT más elevados (20439 granos/m²) seguido por A303 (18271 granos/m²) y A315 (16594 granos/m²) (Tabla 3.7). Con respecto a los porcentajes de incremento entre los dos tratamientos extremos (Sin fungicida vs. TEC), los mayores incrementos se detectaron en A315 (+34,4%), seguido por Bag11 (+26,1%) y A303 (+16,8%) (Figura 3.14b).

Por otro lado, el NGE estuvo afectado por la interacción *Patógeno* × *Cultivar* (Tabla 3.6) debido fundamentalmente a que no detectaron diferencias significativas en el NGE en el cultivar A315 cuando se compararon los dos patógenos (Anexo III, Tabla 3.18). Contrariamente, los cultivares Bag11 y A303 presentaron menor NGE cuando fueron afectados por roya de la hoja comparado con mancha amarilla (Anexo III, Tabla 3.18). Al igual que el NGT, los valores de NGE fueron más elevados en el cultivar Bag11 (promedio 37,0 granos/espiga) seguido por A303 (promedio 33,9 granos/espiga) y luego A315 (promedio 31,3 granos/espiga) (Tabla 3.7). Por su parte, la interacción *Fungicida* × *Cultivar* se debió a la magnitud del incremento del NGE con el tratamiento de TEC en relación al testigo sin fungicida siendo mayor en A315 (+21,5%), seguido por Bag11 (16,0%) y finalmente A303 (9,34%) (Anexo III, Tabla 3.18). El incremento promedio del tratamiento de TE fue de un 8,84% cuando se comparó el tratamiento sin fungicida (31,5 granos/espiga), en tanto que el tratamiento de TEC implicó un aumento del 15,4% (Tabla 3.7). Asimismo, cuando se comparó el tratamiento sin fertilizar (32,1 granos/espiga) con la dosis de 70N, el NGE se incrementó en un 5,34% promedio, en tanto que la aplicación de 140N generó un aumento del 11,2% (Tabla 3.7).

Por su parte, el PMG estuvo afectado por la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* (Tabla 3.6) que estuvo explicada fundamentalmente por las disminuciones en el PMG ante incrementos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida frente a roya de la hoja que llegaron al -4,61% (70N) y -9,28% (140N) respecto al tratamiento 0N (Figura 3.15; Anexo III, Tabla 3.19). En términos generales, cuando se compararon el tratamiento sin fungicida (35,8 g) con el de TE, el PMG se incrementó en promedio un 7,78% en tanto que el tratamiento de TEC implicó un aumento del 11,3%. Además, se detectó que la dosis de 140N generó disminuciones en el PMG del 1,60%

con respecto al tratamiento 0N y 70N que no presentaron diferencias significativas entre si (Tabla 3.7).

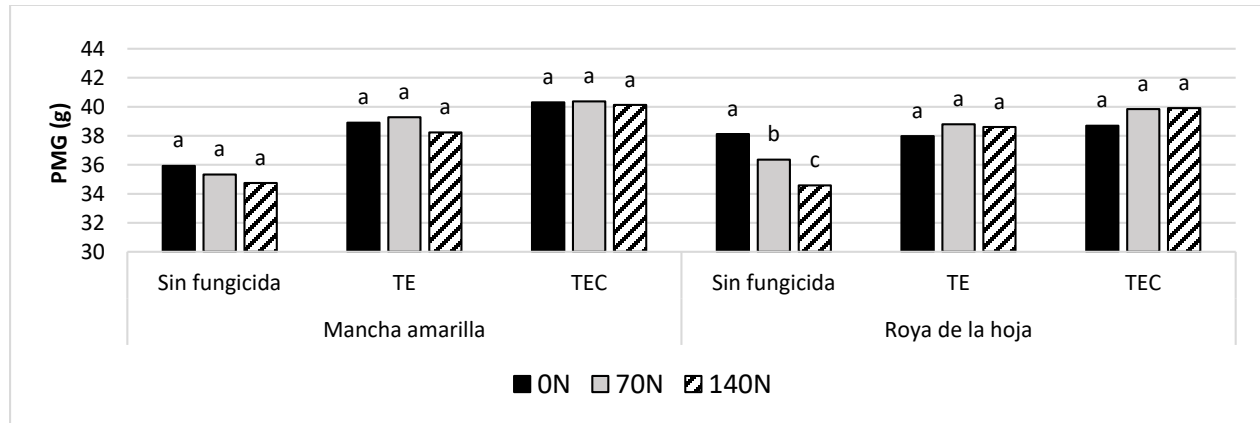


Figura 3.15. Medias de peso de mil granos (PMG) en la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Al igual que el PMG, el rendimiento estuvo afectado por la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* (Tabla 3.6) dado que el mismo se incrementó con dosis crecientes de N con ambos patógenos excepto en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja (Figura 3.16; Anexo III, Tabla 3.20). En este sentido, cuando se contrastaron los tratamientos 0N y 140N ante mancha amarilla el rendimiento se incrementó hasta 24,7% (sin fungicida), +19,4% (tratamiento TE) y +34,3% (TEC). En tanto que cuando los mismos tratamientos fueron comparados en roya de la hoja, no se detectaron aumentos en el tratamiento sin fungicida, en tanto que ante el tratamiento TE detectaron incrementos de 49,5% (0N vs. 140N) y +45,5% para el tratamiento TEC, valores considerablemente superiores que en mancha amarilla (Figura 3.16).

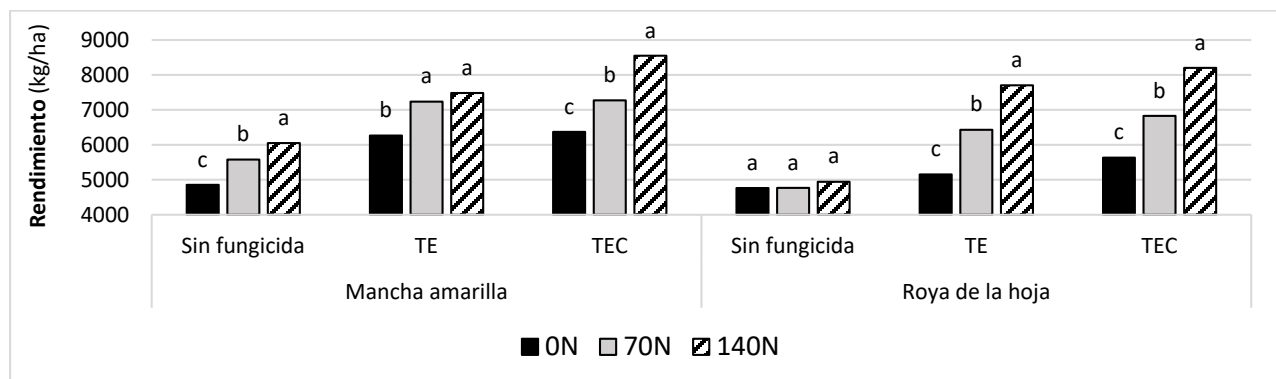


Figura 3.16. Medias de rendimiento en la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Asimismo, el rendimiento estuvo afectado por la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* (Tabla 3.6) dado que el mismo se incrementó con el aumento de la dosis de N en los tratamientos con y sin fungicida, excepto para el cultivar Bag11 en ausencia de fungicidas (Figura 3.17). Dentro de cada tratamiento de fungicida testeado, la aplicación de N generó incrementos en el rendimiento (0N vs. 140N) de hasta 30,2% (A315) y 11,2% (A303) para el tratamiento sin fungicida; de hasta +30,5% (A315), +29,1% (Bag11) y +40,1% (A303) para el fungicida TE y de hasta +40,5% (A315), +42,2% (Bag11) y +36,2% (A303) para el fungicida TEC (Figura 3.17).

El rendimiento en grano presentó importantes incrementos con la aplicación de fungicidas (Tabla 3.7), explicado principalmente por incrementos en el NGT ($R^2=0,581$; $p<0,001$) comparados al PMG ($R^2=0,344$; $p<0,001$). Cuando se comparó el tratamiento sin fungicida (5159 kg/ha) con el de TE, el rendimiento se incrementó en promedio un +19,7% (6711 kg/ha) en tanto que el tratamiento de TEC implicó un aumento del +38,4% (7142 kg/ha) (Tabla 3.7). Si bien el cultivar Bag11 presentó en promedio los mayores niveles de rendimiento (6613 kg/ha) no presentó diferencias significativas con respecto al cultivar A303 (6450 kg/ha), aunque ambos presentaron valores promedio superiores a los observados en A315 (5949 kg/ha) (Tabla 3.7).

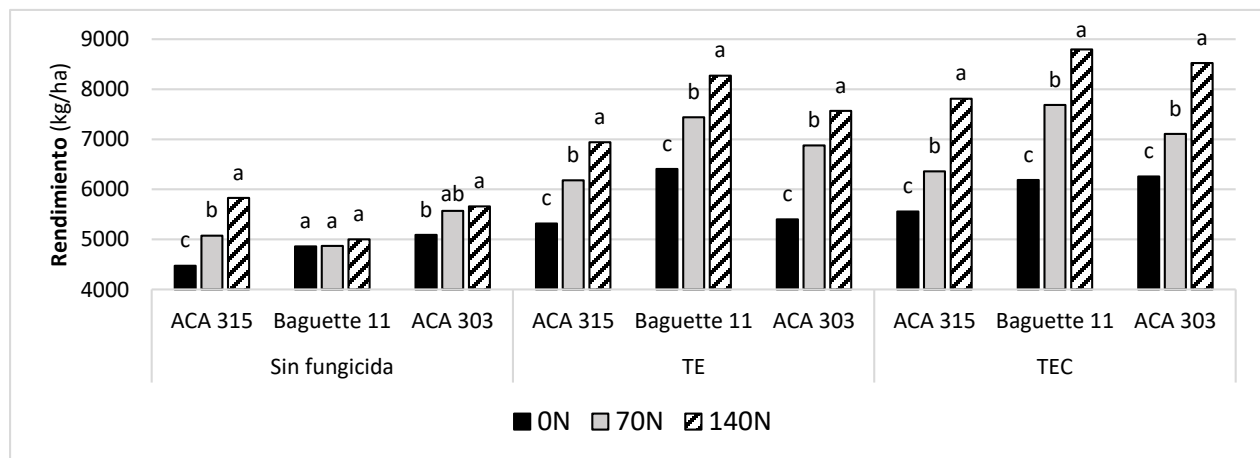


Figura 3.17. Medias de rendimiento en la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de fungicida y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

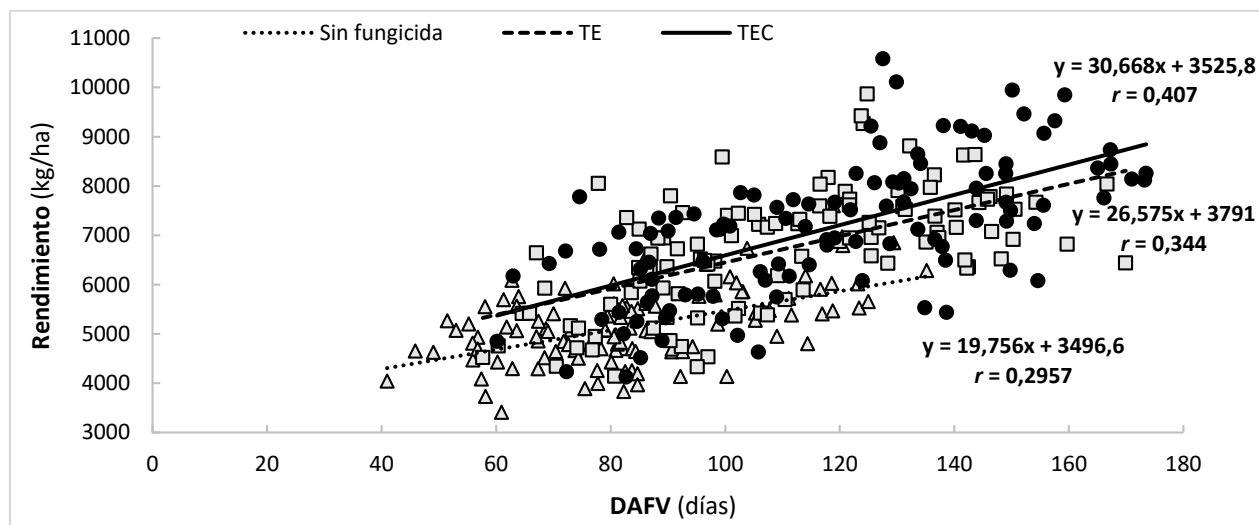


Figura 3.18. Correlación de la duración del área foliar verde del cultivo (DAFV) con el rendimiento de los tres tratamientos de fungicidas en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida)

Por otro lado, existieron asociaciones positivas y significativas entre la DAFV y el rendimiento para los tres tratamientos de fungicidas a través de ambos patógenos. Las mayores tasas de incrementos de rendimiento se lograron con la aplicación de la triple mezcla TEC ($p < 0,05$) con 30,7 kg/ha/día de DAFV del cultivo, seguido por el tratamiento de TE ($p < 0,05$) con 26,6 kg/ha/día de DAFV y luego el testigo sin fungicida con 19,7 kg/ha/día de DAFV (Figura 3.18).

3.3.4. Removilización, absorción post-antesis y acumulación de nitrógeno en granos

La producción de biomasa en EC39, EC60 y EC95 fue influenciada por la variación entre años con valores superiores en 2015 que en 2014; por los tratamientos de fungicida, explicado por incrementos en la generación de biomasa en los tratamientos TE y TEC y por la dosis de N, debido a que los incrementos en la dosis de fertilizante nitrogenado provocaron aumentos en la producción de biomasa en los tres estadios (Tabla 3.8 y 3.9, Anexo III Tablas 3.21, 3.22 y 3.23). Asimismo, existieron diferencias significativas para interacciones dobles, triples y una cuádruple para el caso de BA95 (Tabla 3.8).

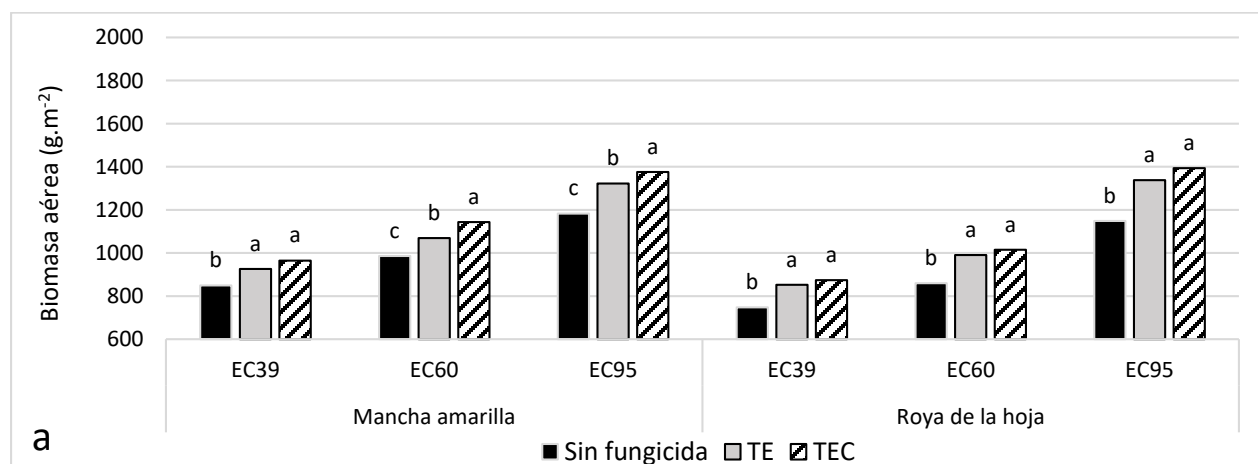
Tabla 3.8. Valor *p* (ANVA) de la biomasa acumulada en EC39 (BA39), EC60 (BA60), EC95 (BA95), %N en antesis (%Nant), %N en planta entera a cosecha (%Ncos), N acumulado en antesis (Nant), N acumulado a cosecha en planta entera (Ncos) y N vegetativo a cosecha (NCveg) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	Gl	BA39	BA60	BA95	%Nant	%Ncos	Nant	Ncos	NCveg
Año (A)	1	<,001	0,004	0,006	0,007	0,008	0,040	0,019	0,047
Patógeno (Pa)	1	0,100	0,184	0,785	<,001	<,001	0,030	0,031	0,264
<i>A x Pa</i>	1	0,612	0,430	0,790	0,033	0,043	0,967	0,936	0,989
Fungicida (Fu)	2	<,001	<,001	<,001	0,032	<,001	<,001	<,001	0,793
<i>A x Fu</i>	2	0,585	0,163	0,342	0,003	<,001	<,001	0,001	0,152
<i>Pa x Fu</i>	2	0,094	0,010	0,134	0,076	0,044	<,001	0,001	<,001
<i>A x Pa x Fu</i>	2	0,015	0,004	<,001	0,084	0,009	0,001	0,003	0,011
Nitrógeno (N)	2	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
<i>A x N</i>	2	<,001	0,019	0,002	0,061	0,018	0,005	0,184	<,001
<i>Pa x N</i>	2	0,796	0,003	<,001	0,004	0,242	0,008	0,027	0,377
<i>Fu x N</i>	4	0,689	0,008	<,001	0,195	0,158	<,001	<,001	<,001
<i>A x Pa x N</i>	2	0,004	0,467	<,001	0,011	0,001	0,045	0,061	0,313
<i>A x Fu x N</i>	4	0,154	0,170	0,262	0,852	0,012	0,717	0,875	0,153
<i>Pa x Fu x N</i>	4	0,616	0,296	0,276	0,036	0,002	0,042	0,076	<,001
<i>A x Pa x Fu x N</i>	4	0,954	0,508	0,319	0,003	<,001	0,023	0,010	0,066
Cultivar (Cu)	2	<,001	0,659	0,527	0,154	<,001	0,009	0,005	0,040
<i>A x Cu</i>	2	<,001	0,024	0,100	0,061	0,008	0,390	0,243	0,157
<i>Pa x Cu</i>	2	0,272	0,167	0,911	0,183	0,219	0,618	0,587	<,001
<i>Fu x Cu</i>	4	0,965	0,265	0,929	0,157	0,036	0,050	0,065	<,001
<i>N x Cu</i>	4	0,125	0,123	0,427	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
<i>A x Pa x Cu</i>	2	0,067	0,140	0,566	0,261	0,430	0,617	0,782	0,913
<i>A x Fu x Cu</i>	4	0,823	0,618	0,855	0,396	0,067	0,438	0,220	0,047
<i>Pa x Fu x Cu</i>	4	0,737	0,232	0,203	0,017	0,003	0,010	0,004	0,018
<i>A x N x Cu</i>	4	0,409	0,459	0,288	0,038	0,007	0,049	0,006	0,175
<i>Pa x N x Cu</i>	4	0,383	0,822	0,037	0,560	0,404	0,047	0,003	0,212
<i>Fu x N x Cu</i>	8	0,928	0,901	0,966	0,463	0,077	0,559	0,269	0,701
<i>A x Pa x Fu x Cu</i>	4	0,516	0,739	0,009	0,754	0,169	0,106	0,132	0,603
<i>A x Pa x N x Cu</i>	4	0,621	0,839	0,984	<,001	<,001	<,001	<,001	0,004
<i>A x Fu x N x Cu</i>	8	0,913	0,860	0,899	1	0,599	0,980	0,975	0,777
<i>Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,997	0,980	0,559	0,018	<,001	0,083	0,013	0,219
<i>A x Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,977	0,889	0,706	0,363	0,230	0,103	0,055	0,836
Total	359								

La biomasa aérea en los tres estadios evaluados mostró diferencias significativas para la interacción *Año x Patógeno x Fungicida*. Si bien hubo una tendencia al incremento con la aplicación de fungicidas para ambos patógenos y años, la interacción se explica principalmente por los mayores valores de biomasa obtenidos en 2015 con respecto a 2014 y por diferencias de magnitud en las respuestas en cada año y patógeno evaluado (Figura 3.19 a y b). En 2014 y ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis* se detectaron diferencias significativas entre los tres tratamientos de fungicidas evaluados en EC60 y EC95, en tanto que en EC39 no se detectaron diferencias entre TE y TEC. En este estadio, se detectaron aumentos de hasta 13,5% en la

generación de biomasa en el tratamiento TEC con respecto al tratamiento sin fungicida (849 g.m⁻²). En EC60 los aumentos en la generación de biomasa ante la aplicación de fungicidas fueron de +8,50% (TE) y +16% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida (986 g.m⁻²), en tanto que en EC95 la acumulación de biomasa se incrementó 11,8% en TE y 16,3% en TEC con respecto a SF (1183 g.m⁻²). Para el mismo año y ante *P.triticina* se detectaron menores valores de biomasa aérea en EC39 y EC60 con respecto a *Py.tritici-repentis*, en tanto que no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos TE y TEC, que si se diferenciaron del tratamiento sin fungicida con incrementos de hasta 16,9% en EC39, 18% en EC60 y de hasta 21,3% en EC95 con respecto al testigo desprotegido (748 g.m⁻², 860 g.m⁻² y 1148 g.m⁻² en EC39, EC60 y EC95, respectivamente) (Figura 3.19a).

Para el segundo año de evaluación se detectaron diferencias significativas entre los tres tratamientos de fungicida en ambos patógenos (a excepción de BA39 ante *P.triticina*) (Figura 3.19b). Cuando *Py.tritici-repentis* fue evaluado, se detectaron aumentos en la generación de biomasa de 12,9% (fungicida TE) a 18,5% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida (1013 g.m⁻²) en EC39; de entre +11,5% (TE) y +15,8% (TEC) con respecto al tratamiento SF (1322 g.m⁻²) en EC60 e incrementos de 13% en TE y 19,6% en TEC con respecto a SF (1569 g.m⁻²) en EC95. Para *P.triticina* y el mismo año de evaluación, los incrementos en la biomasa aérea fueron de 9,4% (TEC) comparado con SF (925 g.m⁻²); de entre 8,10% (TE) y 10,6% (TEC) respecto al tratamiento sin fungicida en EC60 (1328 g.m⁻²) e incrementos en la BA95 con respecto al testigo SF (1605 g.m⁻²) de entre 8% (fungicida TE) a 11,2% (TEC) (Figura 3.19b).



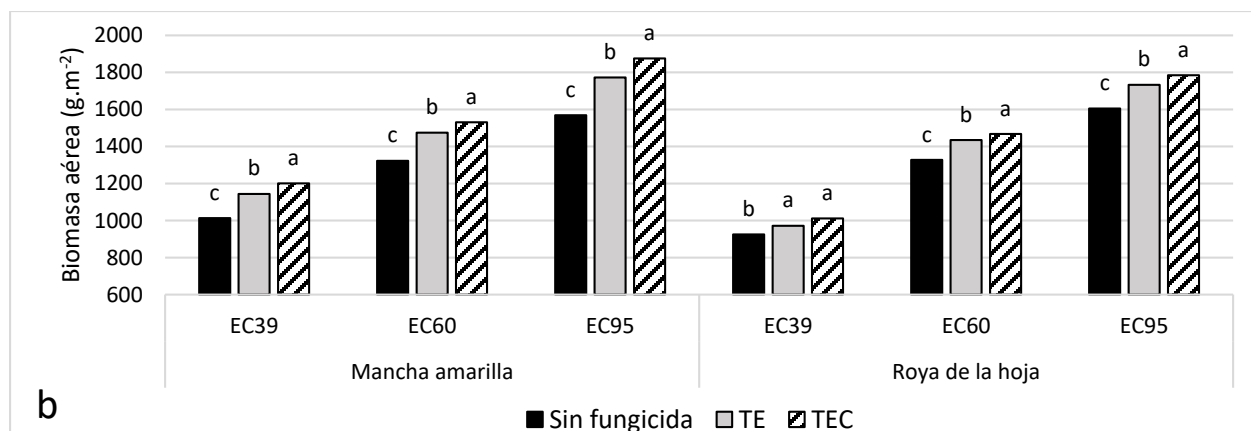


Figura 3.19 Medias de biomasa aérea en EC39 (BA39), EC60 (BA60) y EC95 (BA95) de la interacción Año \times Patógeno \times Fungicida en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante a)2014 y b)2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida. Medias seguidas por la misma letra dentro de cada año, patógeno y estadio son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

El incremento en la dosis de N provocó aumentos en la BA60 y BA95 en ambos patógenos, con diferencias significativas entre las tres dosis evaluadas y mayores incrementos porcentuales ante *P.triticina* (Figura 3.20). En ese sentido, ante inoculaciones de *Py.tritici-repentis* la BA60 se incrementó un 14,7% (70N) y 30% (140N) con respecto al tratamiento 0N (1092 g.m⁻²) en tanto que se detectaron aumentos de 13,9% (70N) y 27,6% (140N) con respecto 0N en EC95 (1332 g.m⁻²). Por su parte, para *P.triticina* la producción de biomasa se incrementó un 21,1% (70N) y 36,9% (140N) con respecto al tratamiento 0N (991 g.m⁻²) y entre 20,6% (70N) a 36,6% (140N) con respecto al tratamiento 0N en EC95 (1260 g.m⁻²) (Figura 3.20).

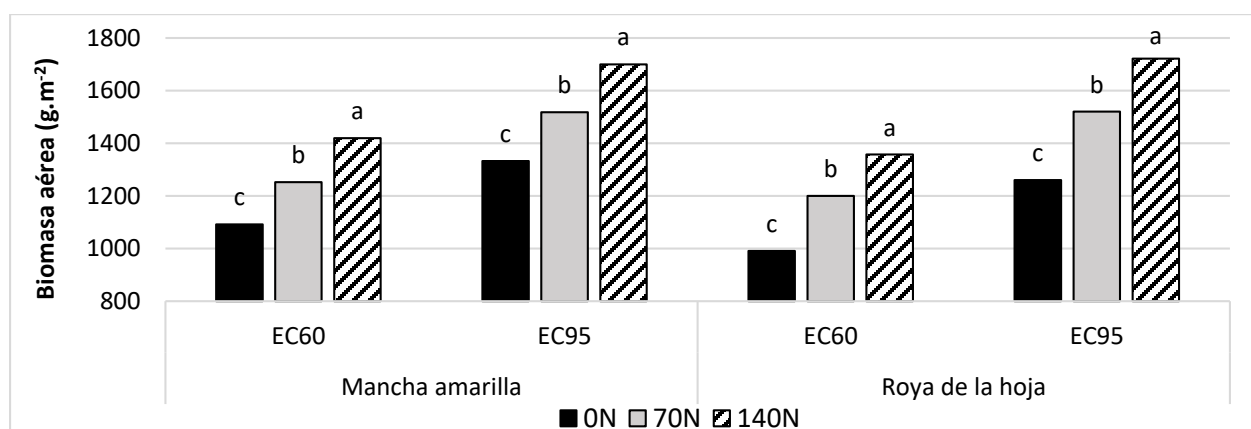


Figura 3.20. Medias de biomasa aérea en EC60 (BA60) y EC95 (BA95) para la interacción Patógeno \times N en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140

kgN/ha). ¹Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno y estadio son estadísticamente iguales (LSD p=0,05)

La interacción *Patógeno* \times *N* \times *Cultivar* para BA95 evidenció que los tres genotipos evaluados mostraron incrementos ante los tratamientos 70N y 140N con respecto a la dosis 0N en ambos patógenos, aunque no se detectaron diferencias entre patógenos cuando se compararon los mismo genotipos y dosis de fertilización (Figura 3.21). Cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, A315 presentó incrementos de 12,3% (70N) y 25,9% (140N) con respecto a 0N (1349 g.m⁻²) en tanto que para Bag11 los aumentos en la producción de biomasa fueron de 15,9% ante 70N y 29,3% para 140N con respecto a 0N (1319 g.m⁻²) e incrementos de 13,4% (70N) y 27,4% (140N) con respecto a 0N en fueron detectados en A303 (1328 g.m⁻²). Para *P.triticina*, el aumento en la dosis de fertilizante nitrogenado provocó aumentos que fluctuaron entre 21,9% (70N) a 41,7% (140N) con respecto a 0N en A315 (1242 g.m⁻²); incrementos de 18,9% (70N) a 33,5% (140N) respecto a la dosis de 0N de Bag11 (1275 g.m⁻²) y de 21,2% (70N) a 34,9% (140N) respecto a 0N de A303 (1261 g.m⁻²) (Figura 3.21).

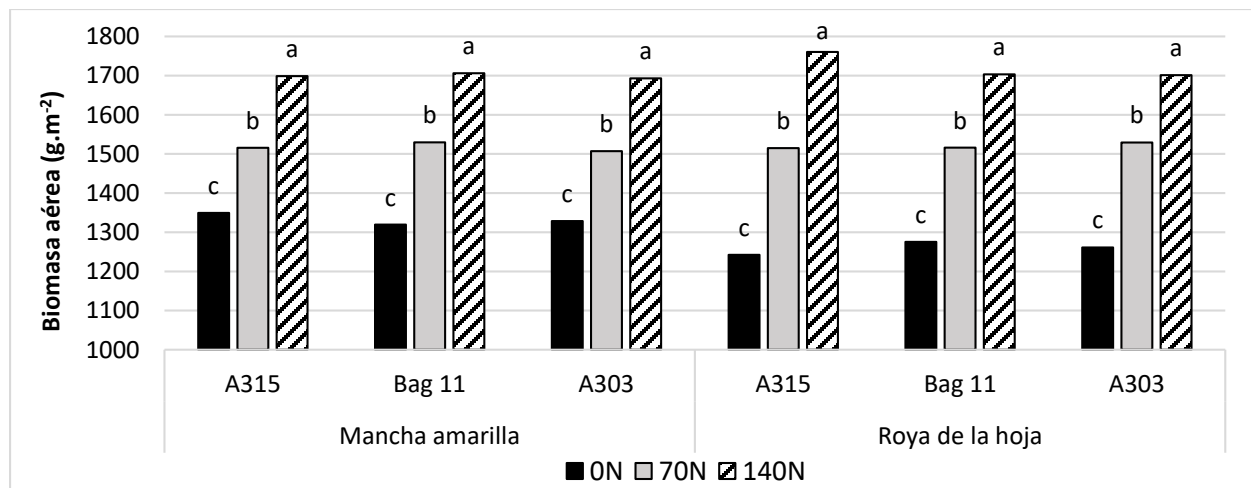


Figura 3.21. Medias de biomasa aérea en EC95 (BA95) para la interacción *Patógeno* \times *N* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). ¹Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno y cultivar son estadísticamente iguales (LSD p=0,05)

Tanto el %Nant como el %Ncos mostraron diferencias significativas entre años, patógenos, tratamientos de fungicidas, dosis de N y cultivares (Tabla 3.8 y 3.9; Anexo III Tablas 3.24 y 3.25). Asimismo, existieron diferencias significativas para varias de las interacciones dobles, triples y cuádruples en ambas variables (Tabla 3.8).

El año influyó significativamente los valores de %Nant observándose niveles superiores en 2014 (promedio 1,53%) respecto a 2015 (1,25%), en tanto que también se detectaron incrementos

en el %Nant ante la aplicación del fungicida TEC con respecto al tratamiento sin fungicida y ante incrementos en la fertilización nitrogenada donde se hallaron diferencias entre las tres dosis evaluadas (Tabla 3.9, Anexo III Tabla 3.24). Por su parte, se observaron diferencias significativas de %Nant en la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* evidenciando en términos generales menores valores ante *P.triticina* (Tabla 3.8; Figura 3.22 a y b). Esta variable no mostró diferencias significativas en los genotipos Bag11 y A303 ante dosis crecientes de N en el tratamiento sin fungicida e inoculado con *Py. tritici-repentis* (Figura 3.22a), en tanto que los tres genotipos mostraron incrementos significativos en el %Nant ante 140N ante *P.triticina* (tratamiento sin fungicida) (Figura 3.22b). En ambos patógenos y los tres genotipos testeados, la combinación de altas dosis de N y los fungicidas TE/TEC mostraron los mayores niveles de %Nant con respecto a la dosis de 0N (Figura 3.22 a y b).

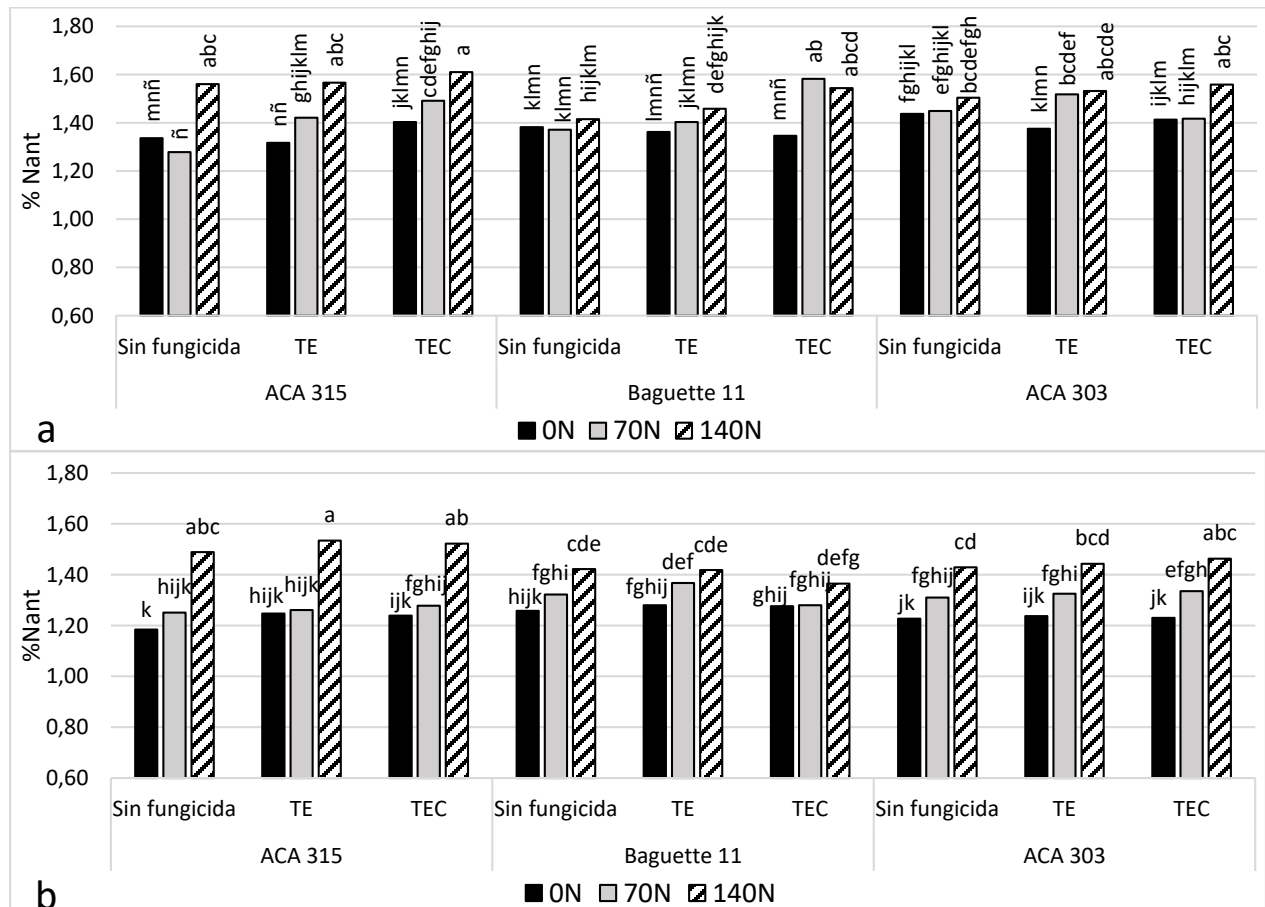


Figura 3.22. Medias del %N en antesis (%Nant) de la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con (a) *Py. tritici-repentis* y (b) *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

El %Ncos estuvo influenciado por los años observándose niveles superiores en 2014 (promedio 1,35%) respecto a 2015 (1,16%), por otro lado, también se detectaron incrementos en esta variable ante la aplicación de los fungicidas TE y TEC con respecto al tratamiento sin fungicida como así también ante incrementos en la fertilización nitrogenada donde se detectaron diferencias entre las tres dosis evaluadas (Tabla 3.9). Para la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* se evidenciaron en términos generales menores valores ante *P.triticina* con respecto a *Py.tritici-repentis* (Tabla 3.8; Figura 3.23 a y b). Ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis*, el genotipo Bag11 no manifestó incrementos significativos de esta variable ante incremento en la dosis de N y tratamientos sin fungicida, en tanto que si mostró incrementos cuando el mismo genotipo fue evaluado ante los mismo tratamientos e inoculaciones con *P.triticina*. La combinación de altas dosis de N y la utilización de fungicidas TE/TEC mostraron los mayores niveles de %Ncos en ambos patógenos y los tres genotipos testeados (Figura 3.23 a y b).

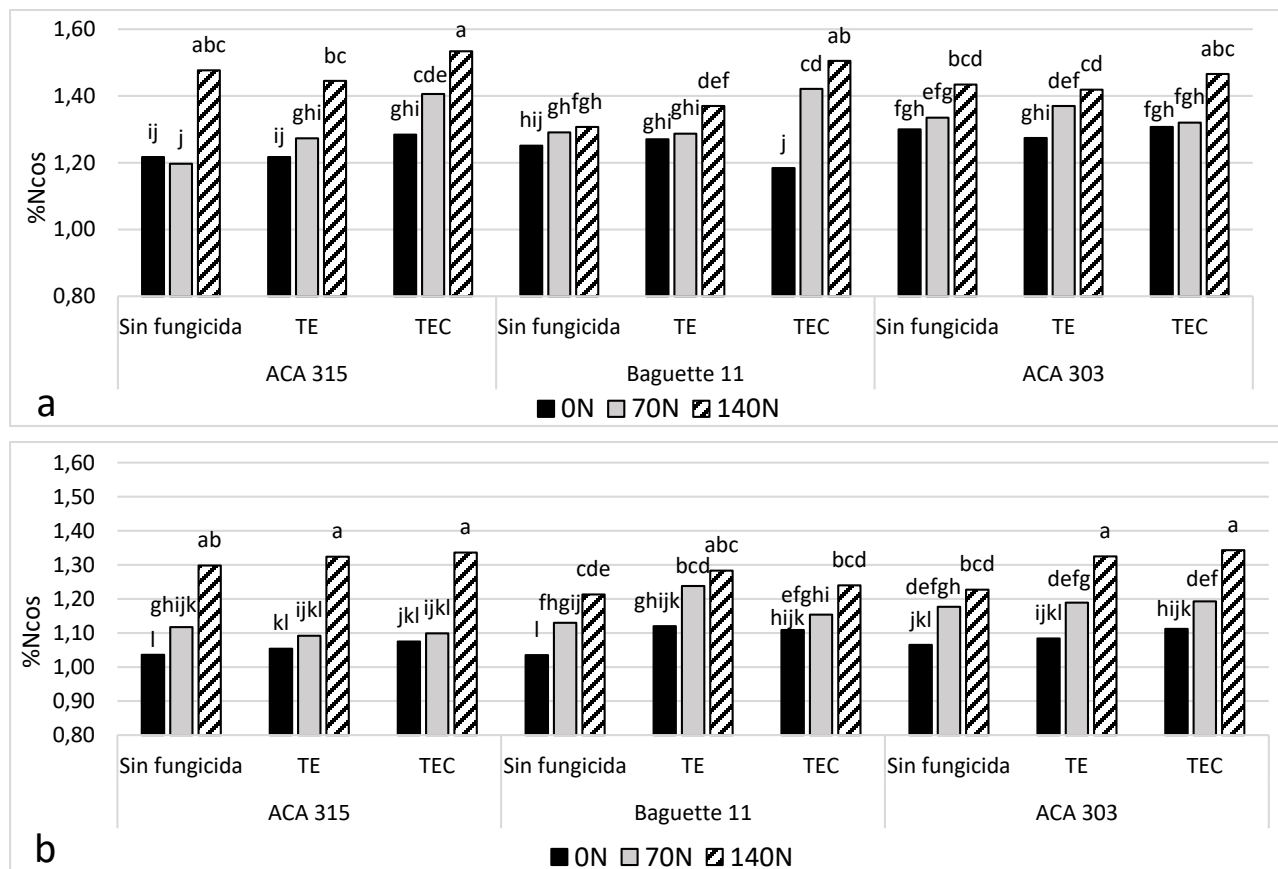
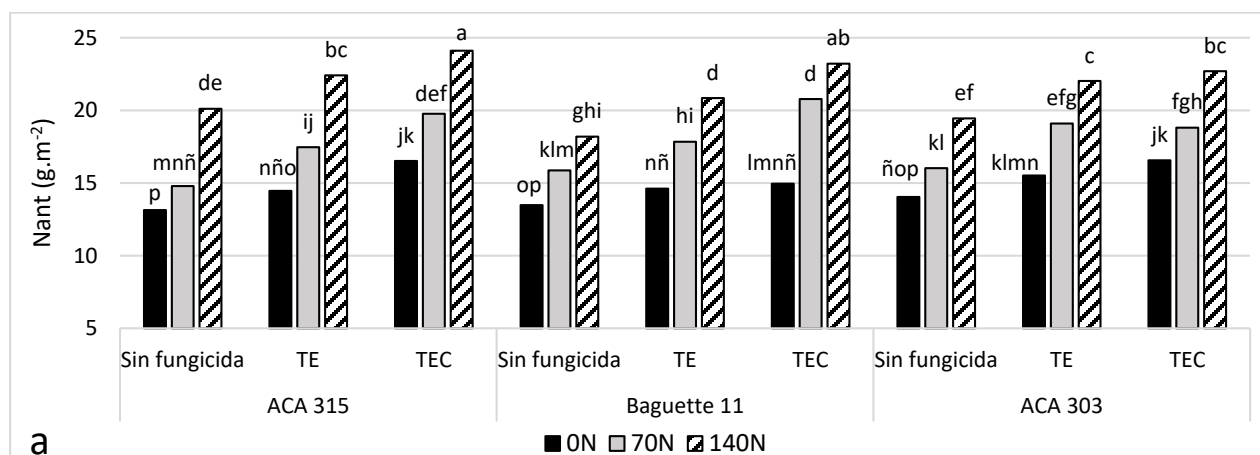


Figura 3.23 Medias del %N a cosecha (%Ncos) de la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con (a) *Py. tritici-repentis* y (b) *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La acumulación de nitrógeno en antesis (Nant) y a cosecha (Ncos) estuvo influenciada por los años de evaluación, los patógenos, tratamientos de fungicidas, dosis de N y cultivares (Tabla 3.8 y 3.9). Por su parte se detectaron numerosas interacciones dobles, triples y cuádruples que mostraron diferencias significativas en ambas variables (Tabla 3.8, Anexo III Tablas 3.26 y 3.27).

La acumulación de N en antesis (Nant) estuvo influenciado por los años observándose niveles superiores en 2015 (promedio 17,9 g.m⁻²) respecto a 2014 (15,6 g.m⁻²), por otro lado también se detectaron incrementos significativos en el Nant ante la aplicación de los fungicidas TE (+13,5%) y TEC (+19%) con respecto al tratamiento sin fungicida (15,1 g.m⁻²) como así también ante incrementos en la fertilización nitrogenada donde se detectaron diferencias entre la dosis 70N (+24,3%) y 140N (+52,8%) con respecto al tratamiento 0N (13,3 g.m⁻²) (Tabla 3.9). La interacción *Patógeno × Fungicida × N × Cultivar* evidenció en términos generales menores valores ante *P.triticina* con respecto a *Py.tritici-repentis* para todos los fungicidas y dosis de N evaluadas (Figura 3.24 a y b). Para ambos patógenos, se detectaron diferencias significativas ante las tres dosis de N evaluadas en los tres tratamientos de fungicidas, sin embargo se detectaron incrementos porcentuales más importantes ante inoculaciones con *P.triticina*. Para ambos patógenos y los tres cultivares evaluados, la combinación de 140N y los fungicidas TE/TEC mostraron los mayores valores de acumulación de Nant. En este sentido, los máximos valores Nant cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal llegaron a 24,1 g.m⁻² (A315), 23,2 g.m⁻² (Bag11) y 22,7 g.m⁻² (A303), en tanto que fueron de 21,8 g.m⁻² (A315), 19,2 g.m⁻² (Bag11) y 20,6 g.m⁻² (A303) ante *P.triticina* (Figura 3.24 a y b).



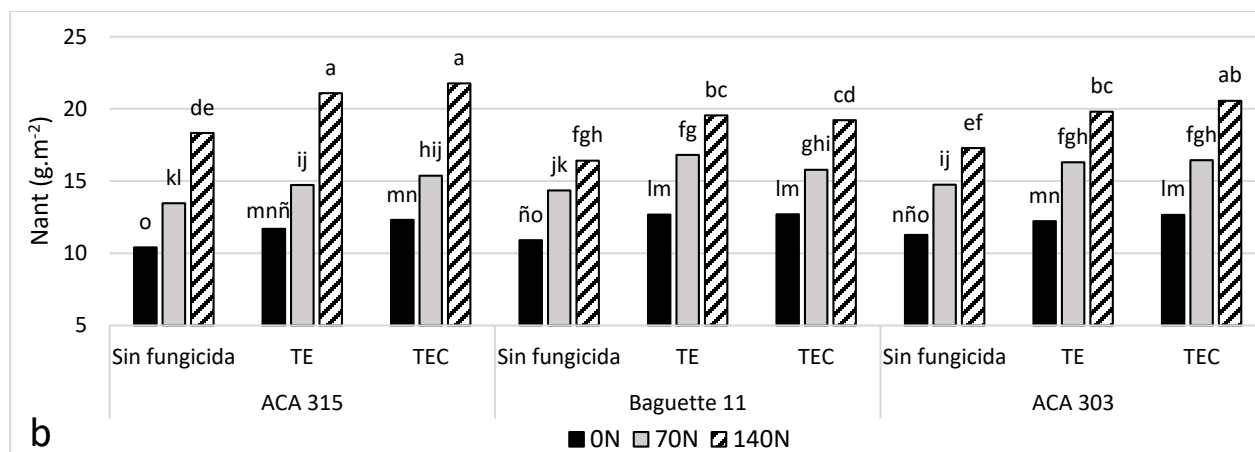


Figura 3.24 Medias del Nitrógeno acumulado en antesis (Nant) de la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con (a) *Py. tritici-repentis* y (b) *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Al igual que el Nant, el N acumulado en planta entera a cosecha (Ncos) fue influenciado por los años observándose niveles superiores en 2015 (promedio 20,2 g.m⁻²) respecto a 2014 (17,6 g.m⁻²); mostró además incrementos significativos ante la aplicación de los fungicidas TE (+15,8%) y TEC (+22,8%) en promedio con respecto al tratamiento sin fungicida (16,8 g.m⁻²) como así también ante aumentos en la fertilización nitrogenada con incrementos promedio de 25% (70N) y 56,7% (140N) con respecto al tratamiento 0N (16,8 g.m⁻²) (Tabla 3.9). Se detectaron diferencias significativas para la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* debido a que se detectaron menores valores de Ncos ante *P.triticina* con respecto a *Py.tritici-repentis* para todos los fungicidas y dosis de N evaluadas (Figura 3.25 a y b). Para ambos patógenos, se detectaron diferencias significativas ante las tres dosis de N evaluadas en los tres tratamientos de fungicidas, aunque se detectaron incrementos porcentuales más importantes ante inoculaciones con *P.triticina*. Para ambos patógenos y los tres cultivares evaluados, la dosis de 140N y los fungicidas TEC mostraron los mayores valores de acumulación de Ncos con valores de hasta 27,5 g.m⁻² (A315), 27,2 g.m⁻² (Bag11) y 26,2 g.m⁻² (A303) ante *Py.tritici-repentis*, y 25,1 g.m⁻² (A315), 22,5 g.m⁻² (Bag11) y 24 g.m⁻² (A303) ante *P.triticina* (Figura 3.25 a y b).

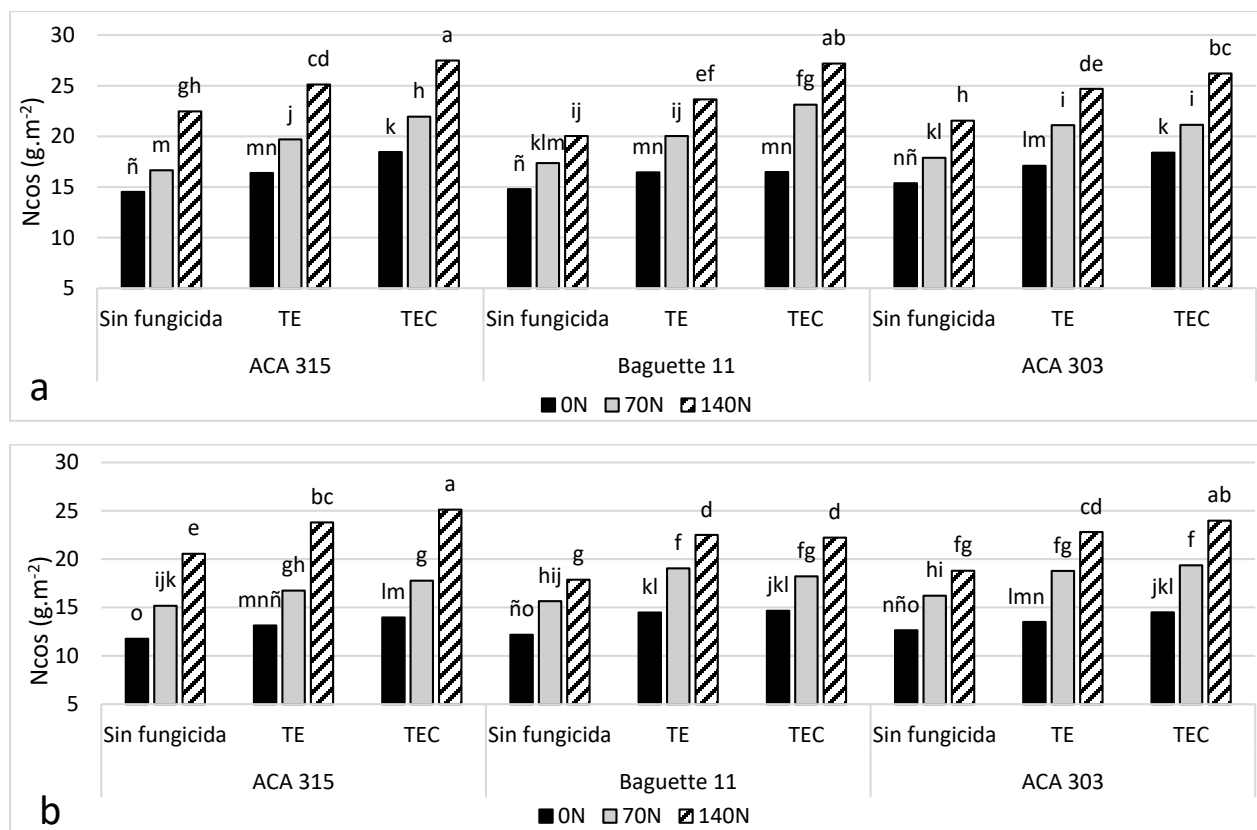


Figura 3.25 Medias del N acumulado a cosecha (Ncos) de la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con (a) *Py. tritici-repentis* y (b) *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Tabla 3.9. Medias de factores principales de la biomasa acumulada en EC60 (BA60), EC95 (BA95), %N en antesis (%Nant), %N a cosecha (%Ncos), N acumulado en antesis (Nant), N acumulado a cosecha en planta entera (Ncos) y N vegetativo a cosecha (NCveg) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	BA60 (g.m ⁻²)	BA95 (g.m ⁻²)	%Nant	%Ncos	Nant (g.m ⁻²)	Ncos (g.m ⁻²)	Ncveg (g.m ⁻²)
Año							
2014	1011	1294	1,53	1,35	15,6	17,6	5,24
2015	1426	1723	1,25	1,16	17,9	20,2	7,91
Patógeno							
<i>Py. tritici-repentis</i>	1254	1516	1,45	1,34	18,0	20,2	7,17
<i>P. triticina</i>	1183	1500	1,33	1,17	15,5	17,6	5,97
Fungicida							
Sin fungicida	1124	1376	1,37	1,23	15,1	16,8	6,68
TE	1242	1542	1,39	1,26	17,2	19,4	6,50
TEC	1289	1608	1,41	1,28	18,0	20,6	6,54
Nitrógeno							
0N	1041	1296	1,31	1,17	13,3	14,9	5,01
70N	1226	1519	1,37	1,24	16,6	18,7	6,58
140N	1289	1710	1,49	1,36	20,4	23,4	8,13
Cultivar							
ACA 315 (GC1)	1215	1514	1,39	1,25	16,8	18,9	6,46

<i>Baguette 11</i> (GC2)	1218	1508	1,38	1,24	16,6	18,7	6,38
ACA 303 (GC3)	1222	1503	1,40	1,27	17,0	19,1	6,87

TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha, GC: grupo de calidad.

El % de nitrógeno en grano (%NG) fue influenciado en forma significativa por los patógenos mostrando en promedio de todos los tratamientos mayores valores ante *Py.tritici-repentis*. Por su parte, las dosis de N presentaron diferencias significativas debido a incrementos en esta variable ante aumentos en la fertilización con N, en tanto que los cultivares las evidenciaron debido a mayores valores en el genotipo A315. En un mismo sentido fueron detectadas varias interacciones dobles y triples que mostraron diferencias significativas para esta variable (Tablas 3.10 y 3.11; Anexo III Tabla 3.28).

Tabla 3.10. Valor *p* (ANVA) del %N en grano (%NG), N acumulado en granos (NG), N absorbido en post-antesis (NPA) y N removilizado (NREM) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. tritici*

Fuente de Variación	Gl	%NG	NG	NPA	NREM
Año (A)	1	0,078	0,817	0,109	0,099
Patógeno (Pa)	1	0,026	0,028	0,569	0,013
<i>A x Pa</i>	1	0,591	0,900	0,454	0,885
Fungicida (Fu)	2	0,085	<,001	<,001	<,001
<i>A x Fu</i>	2	0,594	0,103	0,825	0,052
<i>Pa x Fu</i>	2	<,001	<,001	0,413	0,001
<i>A x Pa x Fu</i>	2	0,965	0,271	0,665	0,400
Nitrógeno (N)	2	<,001	<,001	<,001	<,001
<i>A x N</i>	2	0,809	<,001	0,103	<,001
<i>Pa x N</i>	2	0,074	0,144	0,354	0,032
<i>Fu x N</i>	4	<,001	<,001	<,001	<,001
<i>A x Pa x N</i>	2	0,851	0,982	0,201	0,812
<i>A x Fu x N</i>	4	0,932	0,275	0,989	0,342
<i>Pa x Fu x N</i>	4	0,957	<,001	0,119	<,001
<i>A x Pa x Fu x N</i>	4	0,734	0,345	0,548	0,615
Cultivar (Cu)	2	<,001	0,429	0,760	0,501
<i>A x Cu</i>	2	0,016	0,523	0,537	0,476
<i>Pa x Cu</i>	2	<,001	<,001	0,682	<,001
<i>Fu x Cu</i>	4	0,191	<,001	0,087	<,001
<i>N x Cu</i>	4	0,018	0,236	0,728	0,331
<i>A x Pa x Cu</i>	2	0,243	0,639	0,871	0,494
<i>A x Fu x Cu</i>	4	0,326	0,542	0,871	0,251
<i>Pa x Fu x Cu</i>	4	0,011	0,025	0,523	0,073
<i>A x N x Cu</i>	4	0,411	0,959	0,537	0,954
<i>Pa x N x Cu</i>	4	0,107	0,539	0,442	0,699
<i>Fu x N x Cu</i>	8	0,642	0,026	0,815	0,104
<i>A x Pa x Fu x Cu</i>	4	0,084	0,954	0,972	0,990
<i>A x Pa x N x Cu</i>	4	0,970	0,991	0,840	0,994
<i>A x Fu x N x Cu</i>	8	0,897	0,944	0,995	0,915
<i>Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,718	0,100	0,836	0,252
<i>A x Pa x Fu x N x Cu</i>	8	0,570	0,992	0,986	0,999
Total	359				

El incremento en la dosis de N provocó incrementos en el %NG en ambos patógenos y con diferencias significativas entre las tres dosis evaluadas (Figura 3.26a). En ese sentido, ante inoculaciones de *Py.tritici-repentis* el %NG fluctuó entre 1,86% (0N) a 1,94% (70N) y 2,10% (140N). Por su parte, para *P.triticina* los incrementos en esta variable variaron de 1,76% (0N) a 1,87% (70N) y 2,07% (140N) (Figura 3.26a).

La interacción *Patógeno x Fungicida x Cultivar* estuvo principalmente explicada por el efecto diferencial que ejercieron los fungicidas ante los distintos patógenos evaluados y la magnitud de la respuesta en los cultivares. En este sentido, la interacción *Patógeno x Fungicida* indicó que en términos generales, el tratamiento sin fungicida inoculado con *Py.tritici-repentis* mostró mayores %NG (2,05) con respecto al tratamiento TE (1,92%) y TEC (1,93%), en tanto que la respuesta fue inversa ante inoculaciones con *P.triticina* donde los tratamientos TE (1,89%) y TEC (1,98%) mostraron incrementos en esta variable con respecto al tratamiento inoculado (1,83%), detectándose además diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados (Figura 3.26b). Cuando se analizó la interacción *Patógeno x Fungicida x Cultivar* se vislumbra que los tres genotipos evaluados evidenciaron disminuciones en el %NG con TE y TEC respecto al tratamiento sin fungicida ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis*, en tanto que esta variable mostró aumentos en los tratamientos TE y TEC con respecto al tratamiento sin fungicida inoculado con *P.triticina* (Figura 3.27). Sin embargo, A315 mostró mayores valores de %NG y menores fluctuaciones ante tratamientos fungicidas en ambos patógenos, en tanto que Bag11 presentó las mayores respuestas (incrementos o disminuciones según el patógeno) con respecto al tratamiento sin fungicida. En términos mas específicos, se encontró que ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis*, el cultivar Bag11 fue el que mostró las mayores diferencias entre tratamientos de fungicidas con valores de 2,13% (Sin fungicida), 1,90% (TE) y 1,76% (TEC), en tanto que A315 fue el que presentó las menores diferencias con 2,20% (Sin fungicida), 2,13% (TE) y 2,11% (TEC). Por su parte, ante inoculaciones de *P.triticina*, Bag11 fue el que presentó las mayores diferencias entre tratamientos de inoculación con valores de de 1,69% (Sin fungicida), 1,74% (TE) y 1,87% (TEC), en tanto que A315 fue nuevamente el que presentó las menores diferencias: 1,96% (Sin fungicida), 2,02% (TE) y 2,05% (TEC) (Figura 3.27).

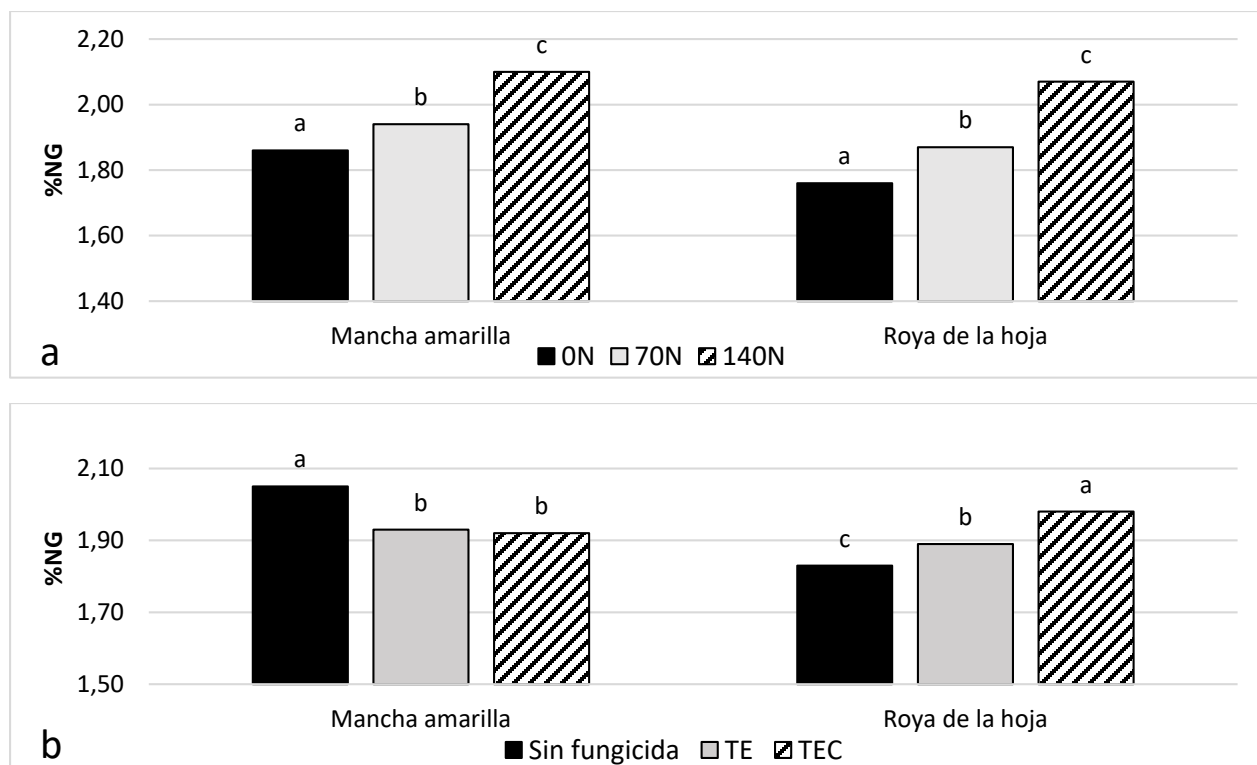


Figura 3.26. Medias del % Nitrógeno en grano (a) la interacción *Patógeno* \times *N* y (b) *Patógeno* \times *Fungicida*, en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). ¹Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

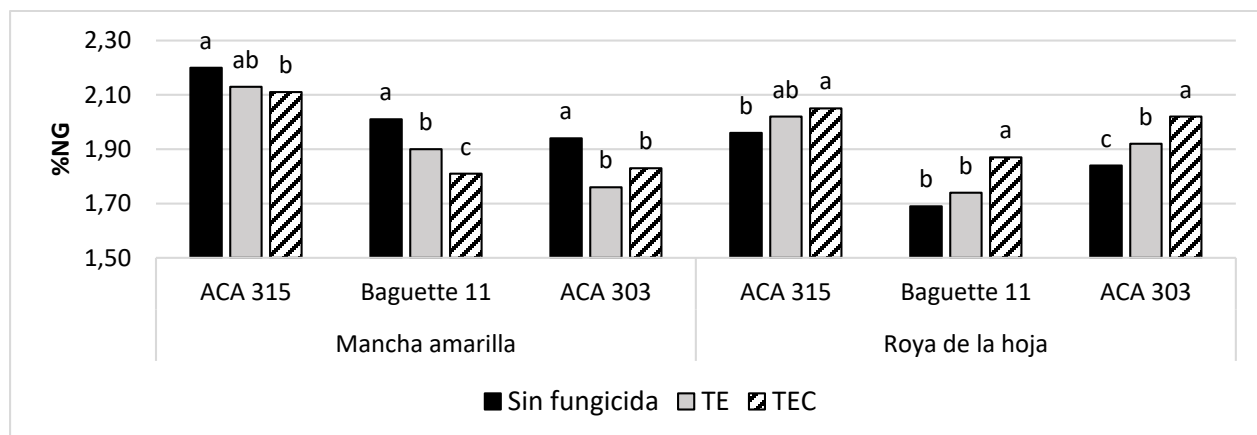


Figura 3.27. Medias del % Nitrógeno en grano para la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *Cultivar*, en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida). ¹Medias seguidas por la misma letra dentro de cada patógeno y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La acumulación de N en los granos (NG) mostró diferencias significativas entre los patógenos evaluados detectándose en términos generales mayores valores ante *Py.tritici-repentis* (13,0 g.m⁻² vs 11,6 g.m⁻² para *P.triticina*); diferencias significativas entre tratamientos de fungicida debido a que en promedio hubo una mayor acumulación de NG ante TE (+28%) y TEC (+39,2%) con respecto al tratamiento SF (10,1 g.m⁻²) y diferencias significativas entre las dosis de N con incrementos promedio de 21,7% (70N) y 51,1% (140N) con respecto a la dosis 0N (9,92 g.m⁻²). Se detectaron además diferencias significativas en varias de las interacciones dobles, triples y cuádruples evaluadas (Tabla 3.10 y Tabla 3.11; Anexo III Tabla 3.29)

La NG estuvo afectada por la interacción *Patógeno x Fungicida x N* debido fundamentalmente a la menor acumulación y escasas fluctuaciones (+12,6%) en el NG ante incrementos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja (8,41 g.m⁻²) que no llegaron a mostrar diferencias significativas (Figura 3.27). Cuando se comparó el tratamiento sin fungicida y sin adición de N de mancha amarilla (9,74 g.m⁻²) con el de 70N, el NG se incrementó en promedio un +16,5% en tanto que el tratamiento de 140N mostró un aumento del +30,7%, haciéndose evidente la diferencia entre patógenos en términos porcentuales y absolutos (Figura 3.27). La combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NG en ambos patógenos con incrementos de hasta 64,1% (combinación 140N-TEC) con respecto a 0N-TEC para mancha amarilla (11,1 g.m⁻²) e incrementos de hasta 82,2% (140N-TEC) con respecto a 0N-TEC en roya de la hoja (9,95 g.m⁻²) (Figura 3.27).

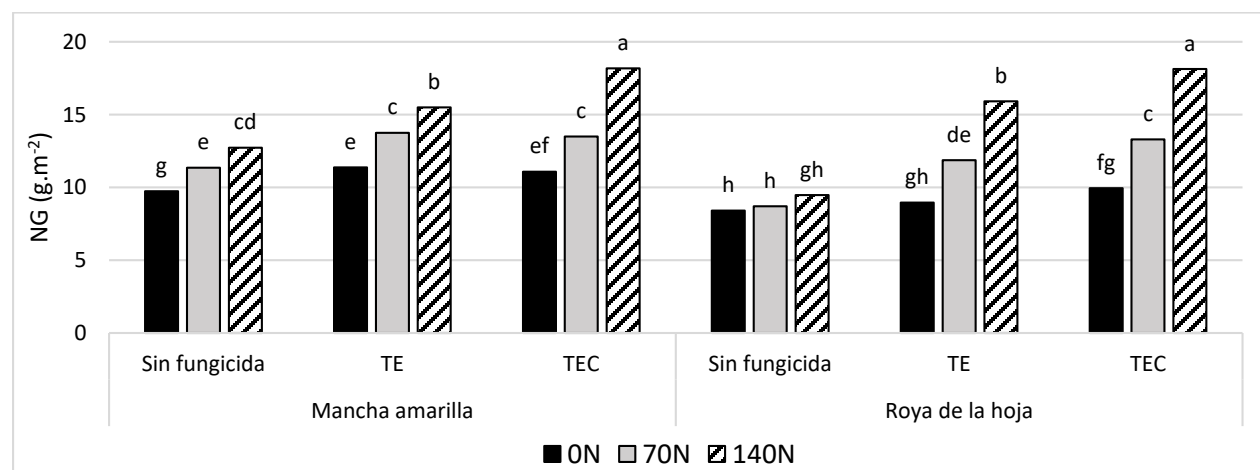


Figura 3.28. Medias de Nitrógeno acumulado en granos (NG) para la interacción *Patógeno x Fungicida x N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). ¹Medias seguidas por la misma letra a través de todos los tratamientos son estadísticamente iguales (LSD p=0,05)

En la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *Cultivar* para NG se encontró que los tres genotipos evaluados evidenciaron incrementos con respecto al tratamiento sin fungicida ante los tratamientos TE y TEC en ambos patógenos, sin embargo, sólo en A303 y A315 (ante roya de la hoja) y en Bag11 (ante mancha amarilla) se detectaron diferencias significativas entre los tres fungicidas evaluados, observándose además mayores incrementos porcentuales ante roya de la hoja con respecto mancha amarilla. Con respecto al comportamiento de los genotipos, Bag11 evidenció los menores valores de NG en los tratamientos sin fungicida en ambos patógenos y los mayores incrementos porcentuales ante la aplicación de fungicidas (Figura 3.29). Ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis*, A303 mostró las menores fluctuaciones cuando los tratamientos TEC (+20,3%) y sin fungicida (11,4 g.m⁻²) fueron contrastados en tanto que Bag11 mostró incrementos del +35,1% (TEC) con respecto a tratamiento testigo sin fungicida (10,7 g.m⁻²). Se encontró que ante inoculaciones de *P.triticina* el cultivar Bag11 fue el que mostró las mayores diferencias entre tratamientos de fungicida con +67% (TE) y +80,7% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida (7,61 g.m⁻²), en tanto que A315 fue el que presentó las menores diferencias con +20,4% (TE) y +34,5% (TEC) con respecto al tratamiento testigo (9,75 g.m⁻²) (Figura 3.29).

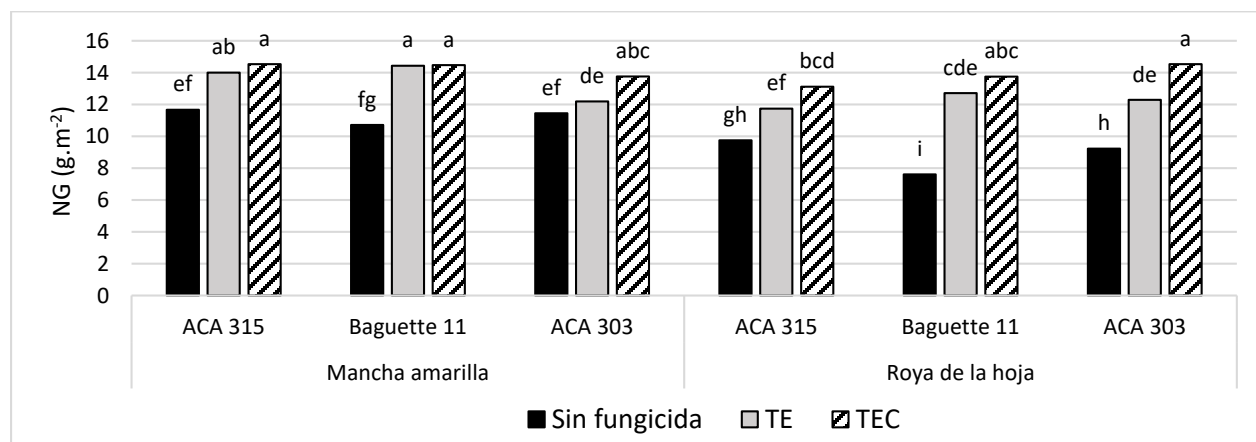


Figura 3.29. Medias de Nitrógeno acumulado en granos (NG) para la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *Cultivar*, en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida. Medias seguidas por la misma letra a través de todos los tratamientos son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La interacción *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* para NG estuvo explicada por el comportamiento diferencial que mostraron los genotipos ante incrementos en la dosis N ante los diferentes fungicidas testeados (Figura 3.30). En este sentido, Bag11 no mostró incrementos significativos en el NG ante aumentos en la dosis de N en el tratamiento sin fungicida, diferenciándose

notoriamente con A315 (aumentos de 15,1% para 70N y 37,9% ante 140N) y A303 que mostró aumentos de hasta 18,9% ante la dosis de 140N. En los tres genotipos testeados, la combinación de altas dosis de N y el fungicida TEC (140N-TEC) mostraron los mayores niveles de NG con respecto a la combinación 0N-TEC siendo la magnitud de los incrementos de hasta 68,9% (A315), 92,9% (Bag11) y 62,3% (A303). Ante incrementos en la dosis de N y la aplicación de los fungicidas TE y TEC, Baguette 11 mostró los mayores niveles de acumulación de NG y los mayores incrementos porcentuales con respecto al tratamiento 0N (Figura 3.30).

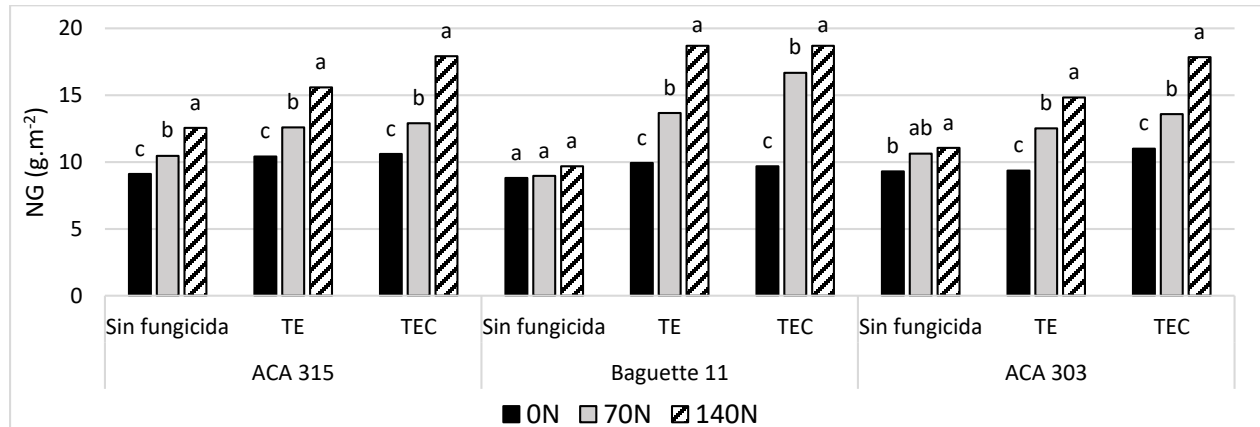


Figura 3.30. Medias de Nitrógeno acumulado en granos (NG) para la interacción *Fungicida* × *N* × *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de fungicida y cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La absorción de nitrógeno en post-antesis (NPA) mostró en promedio incrementos ante tratamientos de fungicida TE (+37%) y TEC (+58%) con respecto al testigo sin fungicida (1,62 g.m⁻²) y ante aumentos en la dosis de N con incrementos promedio de 30,8% (70N) y 71% (140N) respecto a 0N (1,59 g.m⁻²), detectándose para ambos factores diferencias entre los tres tratamientos evaluados. Asimismo, existieron diferencias significativas o tendencias ($P<0,10$) para varias de las interacciones dobles y triples evaluadas (Tabla 3.10; Tabla 3.11; Anexo III Tabla 3.30).

La interacción *Fungicida* × *Cultivar* indicó que los tratamientos TE y TEC incrementaron el NPA con respecto al tratamiento sin fungicida, aunque se detectaron diferencias en la magnitud de estos aumentos entre los tres genotipos evaluados. En este sentido, el cultivar Bag11 fue el que presentó el menor valor de NPA en el tratamiento sin fungicida (1,44 g.m⁻²) y los mayores incrementos porcentuales ante los tratamientos de TE (+60,4%) y TEC (+76,4%). Por su parte se detectaron incrementos de hasta 19,9% (TE) y 37,5% (TEC) en el NPA con respecto al

tratamiento sin fungicida de A315 ($1,81 \text{ g.m}^{-2}$) y de +34,8% (TE) y +63,9% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida de A303 ($1,61 \text{ g.m}^{-2}$) (Figura 3.31).

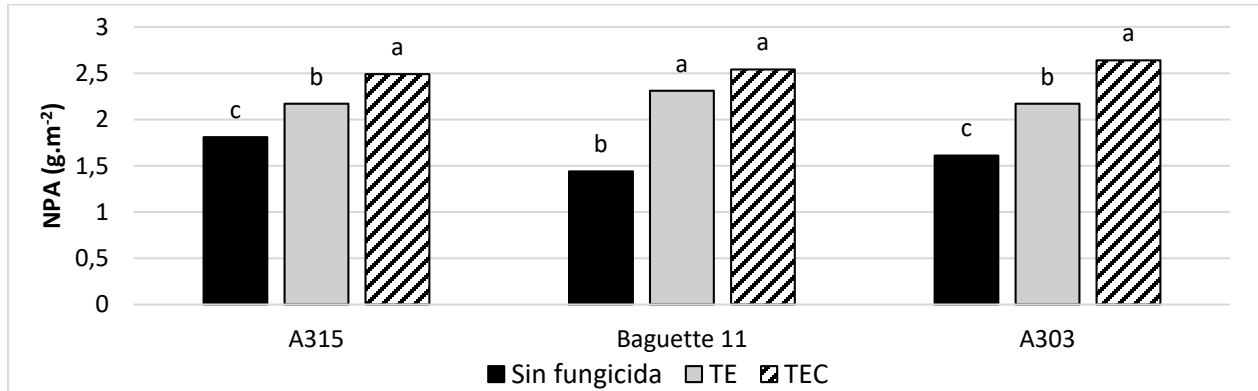


Figura 3.31. Medias de nitrógeno absorbido en post-antesis (NPA) para la interacción *Fungicida* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida. ¹Medias seguidas por la misma letra dentro de cada cultivar son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Por su parte, el NPA estuvo afectado por la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *N* que estuvo explicada fundamentalmente por los menores valores de NPA ante incrementos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja con respecto a mancha amarilla (Figura 3.32). Cuando se comparó el tratamiento sin fungicida y 0N de roya de la hoja ($1,33 \text{ g.m}^{-2}$) con el de 70N, el NPA se incrementó en promedio un +12,8% en tanto que el tratamiento de 140N implicó un aumento del +30,1% aunque estas diferencias no llegaron a ser significativas, en tanto que para mancha amarilla los incrementos fueron de 29,1% (70N) y 56,7% (140N) con respecto al tratamiento 0N y sin fungicida ($1,34 \text{ g.m}^{-2}$). Para ambos patógenos la combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NPA con incrementos de hasta 106% (combinación 140N-TEC) con respecto a 0N-TEC para mancha amarilla ($1,76 \text{ g.m}^{-2}$) e incrementos de hasta 79,1% cuando los mismos tratamientos fueron comparados en roya de la hoja (Figura 3.32).

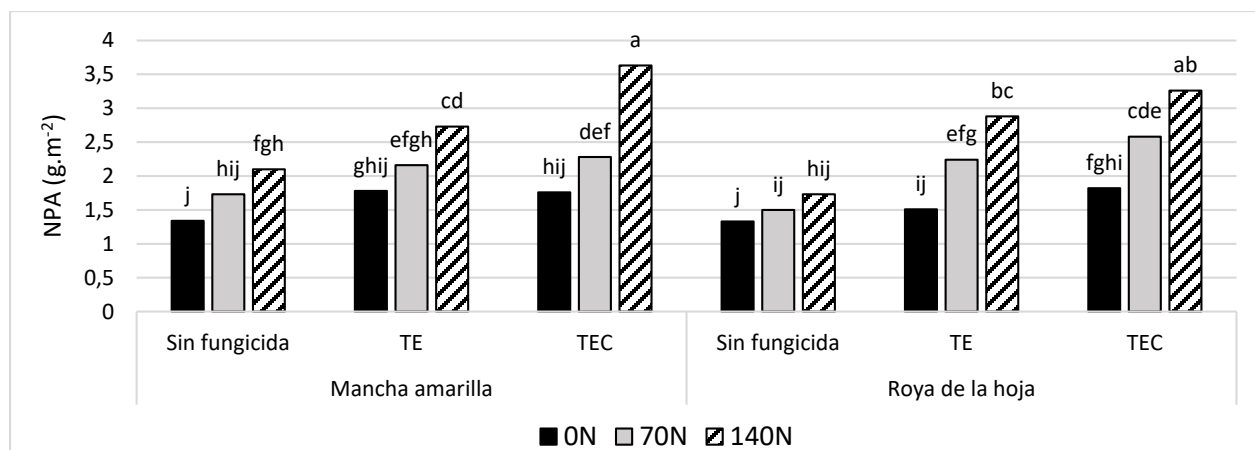


Figura 3.32. Medias de nitrógeno absorbido en post-antesis (NPA) para la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra a través de todos los tratamientos son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La removilización de nitrógeno (NREM) estuvo influenciada por los patógenos evaluados mostrando en promedio de todos los tratamientos mayores valores ante *Py.tritici-repentis* (10,9 g.m⁻²) respecto a *P.triticina* (9,54 g.m⁻²); diferencias entre los fungicidas donde los tratamientos TE (+26,4%) y TEC (+35,7%) incrementaron el NREM con respecto al testigo sin fungicida (8,45 g.m⁻²). También fueron detectados incrementos significativos ante aumentos en la dosis de N que en promedio fueron de 20% (70N) y 47,2% (140N) con respecto a 0N (8,33 g.m⁻²). Asimismo, existieron diferencias significativas o tendencias ($P<0.10$) para varias de las interacciones dobles y triples evaluadas (Tabla 3.10; Tabla 3.11; Anexo III Tabla 3.31).

El NREM mostró diferencias significativas para la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* debido principalmente a que no se detectaron incrementos en el NREM a mayores dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja con respecto a mancha amarilla, que mostró aumentos de hasta 26,7% (140N) con respecto a la combinación 0N-sin fungicida (8,4 g.m⁻²) (Figura 3.33). Para ambos patógenos la combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NREM con incrementos de hasta 56% (combinación 140N-TEC) con respecto a 0N-TEC para mancha amarilla (9,32 g.m⁻²) e incrementos de hasta 82,7% cuando el mismo tratamiento fue comparado en roya de la hoja ante 0N-TEC (8,14 g.m⁻²) (Figura 3.33). Cuando se comparó entre patógenos la misma combinación de fungicidas y fertilizantes, se detectó que tanto la combinación de tratamientos sin fertilizar y las tres dosis de fungicida y los tratamientos 0N y 70N-TE, 0N-TECy las tres dosis de N en el tratamiento sin

fungicida presentaron mayores niveles de NREM ante mancha amarilla que frente a roya de la hoja.

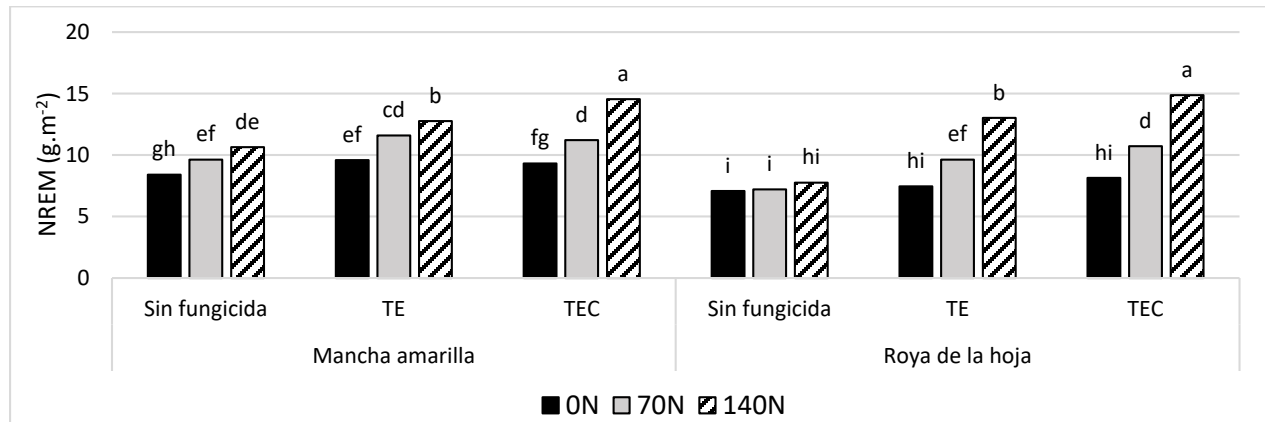


Figura 3.33. Medias de Nitrógeno removilizado (NREM) para la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra a través de todos los tratamientos dentro son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *Cultivar* mostró que en ambos patógenos, los tres genotipos evaluados evidenciaron incrementos en el NREM con respecto al tratamiento sin fungicida ante los tratamientos TE y TEC. Con respecto a la respuesta de los genotipos, Bag11 evidenció los menores valores de NREM en los tratamientos sin fungicida en ambos patógenos y los mayores incrementos porcentuales ante la aplicación de fungicidas y en mayor medida ante roya de la hoja (Figura 3.34). Ante *Py.tritici-repentis*, A303 mostró las menores fluctuaciones cuando los tratamientos TEC (+15,8%) y sin fungicida (9,68 g.m⁻²) fueron contrastados en tanto que Bag11 mostró incrementos de +32,5% (TE) y +29,2% (TEC) con respecto a tratamiento sin fungicida (9,17 g.m⁻²). Se encontró que ante *P.triticina* el cultivar Bag11 fue el que mostró las mayores diferencias entre tratamientos de fungicida con +65,6% (TE) y +80,1% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida (6,27 g.m⁻²), en tanto que A315 fue el que presentó las menores diferencias con +21,3% (TE) y +33% (TEC) con respecto al tratamiento testigo (7,99 g.m⁻²). Cuando se comparó entre patógenos la misma combinación de genotipos y fungicidas, se detectó el genotipo A315 frente a los tres tratamientos fungicidas, Bag11 en los tratamientos sin fungicida y TE, y el cultivar A303 sin fungicida presentaron mayores niveles de NREM ante mancha amarilla que frente a roya de la hoja (Figura 3.34).

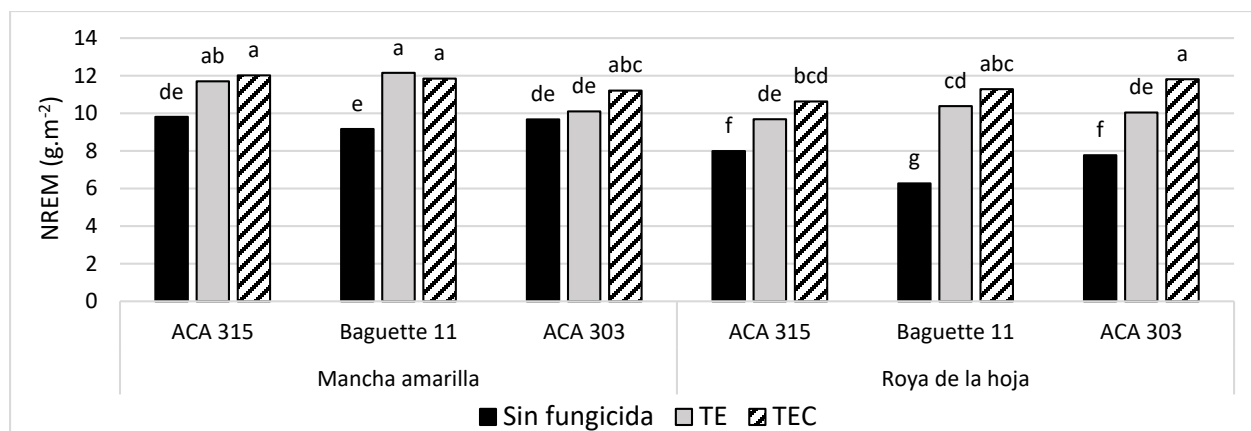


Figura 3.34. Medias de Nitrógeno removilizado (NREM) para la interacción *Patógeno* \times *Fungicida* \times *Cultivar*, en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida. Medias seguidas por la misma letra a través de todos los tratamientos son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

La interacción *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* para el NREM estuvo explicada por la respuesta diferencial que mostraron los genotipos ante incrementos en la dosis N en los diferentes fungicidas testeados (Figura 3.35). En este sentido, el genotipo Bag11 no mostró incrementos en el NREM ante aumentos en la dosis de N en el tratamiento sin fungicida, manifestando diferencias notorias con A315 y A303 que evidenciaron aumentos significativos en esta variable ante la dosis de 140N. En los tres genotipos testeados, la combinación de altas dosis de N y el fungicida TEC (140N-TEC) mostraron los mayores niveles de NREM con respecto a la combinación 0N-TEC siendo la magnitud de los incrementos de hasta 56,8% (A303), 64,9% (A315) y 85,5% (Bag11) (Figura 3.35).

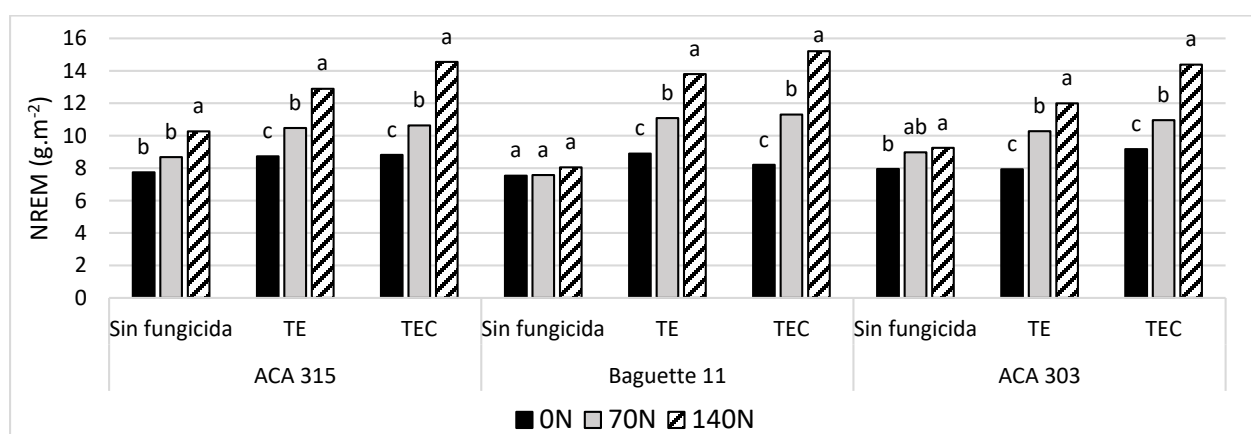


Figura 3.35. Medias de de Nitrógeno removilizado (NREM) para la interacción *Fungicida* \times *N* \times *Cultivar* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada tratamiento de fungicida y cultivar son significativamente iguales (LSD $p=0,05$)

La interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* para el ICN y la ERN se indican en la figura 3.36 y estuvieron principalmente explicadas debido a que en ambas variables con mancha amarilla los valores decrecieron o se mantuvieron constantes con el incremento en la dosis de N, en tanto que con roya de la hoja, incrementos en la dosis de N para el tratamiento sin fungicida provocó reducciones significativas del ICN y ERN, en tanto que ante el mismo patógeno, incrementos en la dosis de N ante el fungicida TEC provocaron incrementos de esta variables.

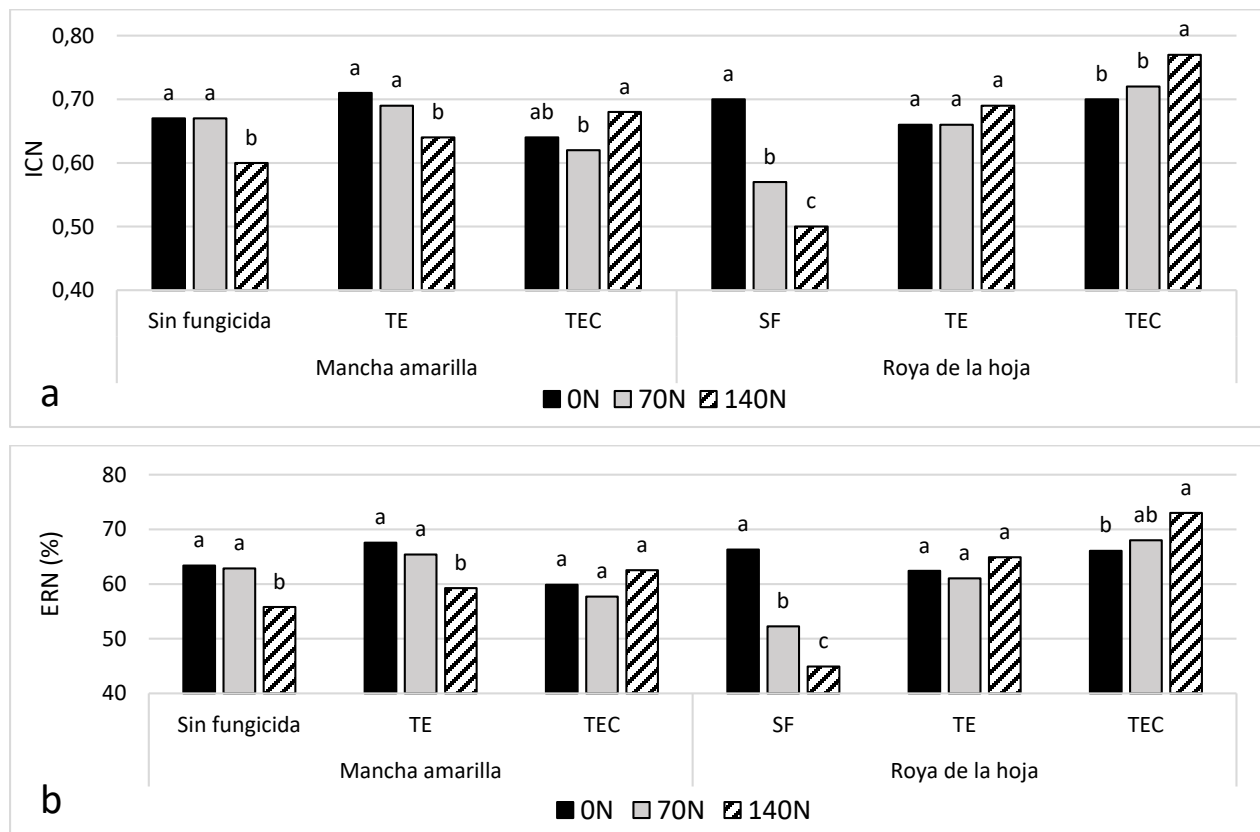


Figura 3.36. Medias de (a) Índice de Cosecha de Nitrógeno (ICN) y (b) Eficiencia en la removilización de Nitrógeno (ERN) para la interacción *Patógeno* × *Fungicida* × *N* en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* con tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de nitrógeno en tres cultivares de trigo durante 2014 y 2015 (TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha). Medias seguidas por la misma letra dentro de cada enfermedad y dentro de cada tratamiento de fungicida son estadísticamente iguales (LSD $p=0,05$)

Tabla 3.11. Medias de factores principales para %N en grano (%NG), N acumulado en granos (NG), N absorbido en post-antesis (NPA) y N removilizado (NREM) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*

Fuente de Variación	%NG	NG (g.m⁻²)	NPA (g.m⁻²)	NREM (g.m⁻²)
Año				
2014	1,94	12,4	1,98	10,4
2015	1,92	12,3	2,28	10,0
Patógeno				
<i>Py. tritici-repentis</i>	1,97	13,0	2,17	10,8
<i>P. triticina</i>	1,90	11,6	2,09	9,50
Fungicida				
<i>Sin fungicida</i>	1,94	10,1	1,62	8,45
TE	1,91	12,9	2,22	10,7
TEC	1,95	14,0	2,56	11,5
Nitrógeno				
0N	1,81	9,92	1,59	8,33
70N	1,91	12,1	2,08	10,0
140N	2,08	15,0	2,72	12,3
Cultivar				
ACA 315 (GC1)	2,08	12,5	2,16	10,3
Baguette 11 (GC2)	1,84	12,3	2,10	10,2
ACA 303 (GC3)	1,89	12,2	2,14	10,1

TE: triazol + estrobilurina, TEC: triazol + estrobilurina + carboxamida, 0N: 0 kgN/ha, 70N: 70 kgN/ha, 140N: 140 kgN/ha, GC: grupo de calidad.

En la Tabla 3.12 se indican los coeficientes de correlación entre la mayoría de los parámetros analizados en la presente tesis. Con respecto a NG se detectó una estrecha correlación con NREM ($r=0,978$; $p<0,001$), el NPA ($r=0,755$; $p<0,001$), la DAFV ($r=0,722$; $p<0,001$), la DAFVhb ($r=0,733$; $p<0,001$) y una correlación negativa con el ABCPE ($r=-0,333$; $p<0,001$). Por su parte la absorción de N en post-antesis (NPA) se correlacionó fuertemente con la biomasa aérea a cosecha (BA95) ($r=0,597$; $p<0,001$), la acumulación de N a cosecha en planta entera (Ncos) ($r=0,693$; $p<0,001$), la DAFV ($r=0,596$; $p<0,001$), la DAFVhb ($r=0,571$; $p<0,001$) y una correlación negativa con el ABCPE ($r=-0,389$; $p<0,001$). Con respecto a la removilización del N acumulado previo a antesis hacia los granos (NREM) se hallaron correlaciones positivas con el N acumulado en antesis (Nant; $r=0,637$; $p<0,001$), la eficiencia en la removilización de N (ERN; $r=0,499$; $p<0,001$), el índice de cosecha de N (ICN; $r=0,505$; $p<0,001$), la DAFV ($r=0,690$; $p<0,001$), la DAFVhb ($r=0,711$; $p<0,001$) y una correlación negativa con el ABCPE ($r=-0,281$; $p<0,001$). Por su parte, el %N en grano (%NG) mostró correlaciones positivas con Nant, Ncos, NPA ($r=0,409$; $p<0,001$), NREM ($r=0,593$; $p<0,001$), NG ($r=0,594$; $p<0,001$), la DAFV ($r=0,322$; $p<0,001$), la DAFVhb ($r=0,384$; $p<0,001$) y una correlación negativa con el ABCPE ($r=-0,127$; $p<0,001$). El incremento en la severidad de las enfermedades ABCPE mostró correlaciones negativas con la

generación de biomasa en EC39, EC60 y EC95 y la acumulación de N en estos estadios (Nant, Ncos), con el rendimiento y en varias de los parámetros asociados a la dinámica del N en el cultivo, como fue previamente mencionado. Otras asociaciones pueden visualizarse en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Coeficientes de correlación (r) entre parámetros de severidad, generación de biomasa, rendimiento, dinámica del área foliar y dinámica del N.

	BA39	BA60	BA95	%Nant	%Ncos	Nant	Ncos	NPA	NREM	REND	%NG	NG	Ncveg	ICN	NRE	ABCPE	DAFV	DAFVhb
BA39	1,000																	
BA60	0,824***	1,000																
BA95	0,811***	0,952***	1,000															
%Nant	0,050**	-0,297***	-0,229***	1,000														
%Ncos	0,253***	-0,032**	-0,087***	0,861***	1,000													
Nant	0,846***	0,797***	0,792***	0,334***	0,513***	1,000												
Ncos	0,845***	0,798***	0,810***	0,312***	0,507***	0,987***	1,000											
NPA	0,533***	0,507***	0,597***	0,103***	0,295***	0,567***	0,693***	1,000										
NREM	0,525***	0,406***	0,441***	0,377***	0,494***	0,637***	0,676***	0,601***	1,000									
REND	0,527***	0,431***	0,479***	0,296***	0,432***	0,608***	0,670***	0,703***	0,890***	1,000								
%NG	0,321***	0,240***	0,266***	0,256***	0,342***	0,403***	0,433***	0,409***	0,593***	0,227***	1,000							
NG	0,570***	0,466***	0,518***	0,336***	0,483***	0,671***	0,736***	0,755***	0,978***	0,914***	0,594***	1,000						
Ncveg	0,617***	0,661***	0,623***	0,089***	0,214***	0,714***	0,662***	0,187***	-0,085***	-0,022**	-0,018	-0,021**	1,000					
ICN	-0,303***	-0,403***	-0,347***	0,124***	0,070***	-0,320***	-0,250***	0,155***	0,505***	0,426***	0,278***	0,455***	-0,873***	1,000				
NRE	-0,319***	-0,420***	-0,373***	0,140***	0,074***	-0,328***	-0,271***	0,082***	0,499***	0,403***	0,265***	0,431***	-0,877***	0,995***	1,000			
ABCPE	-0,398***	-0,481***	-0,519***	0,259***	0,176***	-0,331***	-0,366***	-0,389***	-0,281***	-0,333***	-0,127***	-0,332***	-0,173***	0,001	0,030**	1,000		
DAFV	0,621***	0,459***	0,499***	0,403***	0,503***	0,711***	0,739***	0,596***	0,690***	0,713***	0,322***	0,722***	0,292***	0,069***	0,049**	-0,406***	1,000	
DAFVhb	0,601***	0,406***	0,421***	0,455***	0,588***	0,696***	0,722***	0,571***	0,711***	0,701***	0,384***	0,733***	0,254***	0,124***	0,107***	-0,281***	0,889***	1

LSD de factores significativos ($p < 0,05$) **, ($p < 0,001$) ***

3.4. Discusión

Al igual que lo observado en los resultados del Capítulo 2 de la presente tesis, y coincidiendo con Campbell & Madden (1990), Wegulo *et al.* (2012), Fleitas (2011), Schierenbeck (2015) y Castro (2016), las variaciones climáticas entre años influenciaron fuertemente el desarrollo epidemiológico de las enfermedades evaluadas, a partir del rol preponderante que la temperatura media, humedad relativa ambiente y precipitaciones juegan en la reproducción y sobrevivencia de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*. En este sentido, el año 2014 presentó condiciones más favorables para el desarrollo de enfermedades en post-antesis debido a la mayor acumulación de precipitaciones, humedad relativa y temperaturas medias más elevadas que en 2015, que provocaron mayores niveles de ABCPE y mayores tasas de caída del IAFV y IAFVHB del cultivo.

La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo habitual para asegurar adecuados niveles de proteína con elevados rendimientos (Abbate 2016) en tanto que se ha establecido que el estado de nutrición nitrogenada de las plantas de trigo produce efectos sobre la severidad ante distintas enfermedades foliares (Olensen *et al.* 2000). La bibliografía disponible presenta resultados contrastantes, por ejemplo, Von Tiedemann (1996) y Leitch & Jenkins (1995) observaron que una alta concentración de N foliar aumentó la severidad tanto de hongos biotróficos como necrotróficos. En contraste, otros autores (Talbot *et al.* 1999; Snoeijers *et al.* 2000; Annone 2002) mencionan que la susceptibilidad a hongos necrotróficos a veces aumenta en el caso de baja disponibilidad de N, ya que esto genera plantas más débiles con una menor capacidad de defensa. Ante infecciones de *Py. tritici-repentis*, bajas disponibilidades de N han sido asociadas con mayor inóculo potencial de este patógeno, mayor avance de la severidad y senescencia anticipada del cultivo, tal como fue encontrado en este trabajo y previamente documentado (Bockuz & Davis 1992; Verret 1995). Para el caso de un patógeno hemibiotrófico como *M. graminicola*, la bibliografía disponible sugiere que existiría un umbral de N óptimo para el desarrollo de la mancha de hoja por encima del cual, la enfermedad decrece, dado que el vigor de la planta prevalece sobre el desarrollo de la enfermedad (Ishikawa *et al.* 2012). Una respuesta similar fue documentada recientemente en Argentina por Gerard *et al.* (2015) y Castro (2016) quienes observaron que la severidad de mancha de la hoja se incrementó hasta las dosis intermedias de N ensayadas, por encima de la cual, la severidad disminuyó.

Por otro lado, cuando se trata de patógenos biotróficos, la fertilización nitrogenada generalmente incrementa la severidad (Daniel & Parlevliet 1995; Mascagni *et al.* 1997; Devadas *et al.* 2014; Gerard *et al.* 2015; Germán *et al.* 2016) dado que el nutriente incrementa la biomasa del cultivo generando canopeos densos (pero con tejidos foliares más blandos) y creando un ambiente con mayor humedad relativa que favorece la reproducción del patógeno. Sin embargo, algunos autores sugieren que el efecto del N sobre la severidad de enfermedades ocasionadas por patógenos biotróficos depende del momento de aplicación del fertilizante (Walters & Bingham 2007). En este sentido, aplicaciones tempranas de N, modifican tanto la concentración del N foliar como la estructura del cultivo (a través macollaje), mientras que una tardía generalmente aumentan la concentración de N en hojas (Bancal *et al.* 2008). Autores como Neumann *et al.* (2004) verificaron que aplicaciones tardías de N no incrementaron la biomasa (tamaño del canopeo) pero sí aumentaron la severidad de *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. Se ha sugerido que para el patosistema roya de la hoja-trigo, existiría un umbral óptimo de concentración de N en hoja para la producción de esporas por encima del cual, hay poco efecto, pero por debajo del cual, la producción de esporas y tamaño de lesión disminuye (Robert *et al.* 2004). Por otro lado, también se ha documentado que, a bajas disponibilidades de N en el suelo, la producción de esporas de *P. triticina* se reduce, aunque el contenido de N dentro de la espora permanece estable (Robert *et al.* 2002, 2005). Sin embargo, para la mayoría de las interacciones planta-patógeno, se sabe muy poco sobre el contenido y la composición de N durante la infección y posterior colonización, y es una temática que requiere mayor investigación.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, en el presente trabajo donde se realizaron inoculaciones separadas con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, incrementos de la dosis de N disminuyeron en forma significativa el ABCPE de mancha amarilla en los tratamientos sin protección en aproximadamente 19% en ambos años. Esto coincide con lo verificado por Krupinsky *et al.* (2007), Carignano *et al.* (2008), Pastore (2009) y Simón *et al.* (2011), quienes encontraron que el incremento en la dosis de N retrasó el desarrollo de mancha amarilla. Adicionalmente, Carretero *et al.* (2009) observaron que en los ensayos con infecciones naturales donde predominaron patógenos necrotróficos, la severidad fue mayor en los tratamientos no fertilizados. Contrariamente, en las parcelas inoculadas con *P. triticina* y sin protección, donde predominó la roya de la hoja, dosis crecientes de N ocasionaron incrementos del ABCPE del 36% (2014) y 26% (2015). Esto concuerda con lo observado por Carretero *et al.* (2009) en aquellos ambientes donde se realizaron inoculaciones artificiales con el patógeno. Asimismo, Daniel & Parlevliet (1995), Mascagni *et al.* (1997), Pastore (2009), Devadas *et al.* (2014) y Germán *et al.*

(2016) mencionan que la fertilización nitrogenada generalmente incrementa la severidad de la roya de la hoja.

Independientemente del tipo de enfermedad evaluada, la triple mezcla TEC presentó los menores niveles de ABCPE ocasionando prolongaciones de la DAFV y DAFVHB respecto a la doble mezcla de TE. Recientemente en Argentina, Carmona & Sautua (2015) también verificaron una menor severidad de mancha amarilla y roya de la hoja con la triple mezcla de TEC (0,3%) respecto la mezcla doble de TE (7,7%) y en relación al testigo sin protección (24%) a 36 días de la aplicación (en EC41, inicio de vaina engrosada) sobre la hoja bandera del cultivar Nidera Baguette 601. Asimismo, ensayos de residualidad de fungicidas realizados por Fleitas *et al.* (2015) documentaron que la triple mezcla de TEC proporcionó un mejor control de roya de la hoja diferenciándose de manera significativa de varias mezclas dobles de TE (en diferentes proporciones) y observaron que dicha triple mezcla mantuvo un porcentaje de control cercano al 60% aún a los 41 días posteriores a la aplicación en un genotipo susceptible a la enfermedad como Nidera Baguette 13. Probablemente esto se deba no sólo a un control más eficiente de la triple mezcla sino también más prolongado en el tiempo asociado a una menor posibilidad de reinfección a lo largo del ciclo y a los efectos fisiológicos positivos asociados a la adición de una carboxamida a la mezcla TE, que ha sido previamente documentado por Smith *et al.* 2013 y Ajigboye *et al.* 2014

Por otro lado, los cultivares empleados respondieron de manera diferencial según el patógeno inoculado y la dosis de N. En este sentido, el cultivar Bag11 presentó elevados niveles de ABCPE de mancha amarilla y roya probablemente por su elevada susceptibilidad a las enfermedades según lo informado por el criadero (Tabla 3.1). Precisamente con este cultivar altamente susceptible, se pudo observar claramente el efecto diferencial que puede generar la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de ambas enfermedades (y consecuentemente sobre el rendimiento y la dinámica del N en el cultivo), donde dosis crecientes de N disminuyeron el ABCPE de mancha amarilla en hasta 22,6%, pero incrementaron la de roya de la hoja en 10,9%. Por su parte, los cultivares A315 y A303 presentaron mayores niveles de ABCPE con mancha amarilla comparado con roya de la hoja, acorde a lo informado por el criadero (Tabla 3.1). Si bien en ambos cultivares, la mancha amarilla siguió la misma tendencia que con Bag11 mostrando reducciones en el ABCPE del 14% en A315 y 20% en A303 ante aumentos en la dosis de N, no se observaron incrementos de la severidad de roya de la hoja ante dosis crecientes de N, probablemente debido a un mejor comportamiento sanitario frente a la enfermedad de estos genotipos. De manera que, cuando la enfermedad no es severa debido a un buen comportamiento

sanitario de un determinado cultivar, no es posible observar el efecto del N sobre el patógeno, fundamentalmente porque la enfermedad no progresa. En este sentido, nuestros resultados concuerdan con Shanner & Finney (1977) que indican que los genotipos mas susceptibles a enfermedades son los que muestran mayores respuestas en la severidad ante cambios en la fertilización nitrogenada.

En este trabajo, donde se realizaron inoculaciones artificiales y en forma separada de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*, la aplicación de fungicidas provocó incrementos promedio respecto al testigo de 30,5% (TE) y un 40,0% (TEC) en la DAFV; 22,2% (TE) y +36,6% (TEC) en la DAFVHB y prolongaciones en el IAFVHB de 1,1 días (TE) y 3,2 días (TEC), debido a la disminución de síntomas y posibilidad de reinfección de los patógenos (Dimmock & Gooding 2002a; Parker *et al.* 2004) sumado a efectos fisiológicos positivos asociados a la aplicación de fungicidas (Ajigboye *et al.* 2014). En este sentido, Schierenbeck *et al.* (2016) documentaron incrementos en la DAFV del cultivo y de la hoja bandera cuando se aplicaron fungicidas conteniendo la triple mezcla TEC ante infecciones artificiales de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina*. En un mismo sentido Peltonen & Karjalainen (1992), concluyeron que el control de *M. graminicola* y *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* extendió la duración del periodo verde del cultivo durante el periodo de llenado lo que resultó en mayores rendimientos y %NG. Por su parte, Castro (2016) verificó que la aplicación de fungicidas TE en un cultivo afectado por mancha de la hoja, incrementó la DAFV y DAFVHB comparados al testigo sin fungicida asociado al retraso en la senescencia foliar. Los efectos benéficos de la aplicación de fungicidas se asocian a que reducen en forma significativa el avance de la enfermedad, la que ocasiona aumentos en la clorosis, senescencia anticipada de las hojas (Bancal *et al.* 2007). En este sentido, la aplicación de fungicidas ha sido asociada con aumentos del IAFV, en la DAFV y disminuciones en la severidad y ABCPE (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck 2015; Schierenbeck *et al.* 2016).

Dentro de los fungicidas evaluados, la aplicación de la triple mezcla TEC generó los mayores incrementos de DAFV en relación al tratamiento de TE explicados por los menores niveles de severidad observados. Por otro lado, la DAFV tendió a incrementarse ante dosis crecientes de N independientemente del tipo de patógeno inoculado. Sin embargo, la magnitud del incremento fue mucho más pronunciada en aquellas parcelas donde predominó la mancha amarilla superando en promedio 42,9% para la dosis 70N y 83,5% para la dosis 140N respecto al testigo sin fertilizar, respuesta que podría estar explicada porque en las parcelas inoculadas con *Py. tritici-repentis*, la DAFV no sólo se incrementó con dosis crecientes de N sino también porque presentó una menor severidad (ABCPE) de este patógeno debido al efecto supresor de la

fertilización nitrogenada sobre ésta. En este sentido trabajos realizados por Johnston *et al.* (1979), Huber *et al.* (1987), Fernández *et al.* (1997), Simón *et al.* (2004), Annone & García (2004) y Pastore (2009) coinciden en el efecto supresivo que tiene el nitrógeno sobre esta enfermedad, a partir de incrementos en la duración del área foliar verde (DAFV) ante una mayor disponibilidad de N. Otros autores indican que el retraso de la senescencia de las hojas contribuye en forma indirecta en una menor dispersión del inóculo secundario debido a que el canopeo presenta un follaje más denso (Pastore 2009). Sumado a esto se ha señalado que un incremento de la fertilización nitrogenada y la proporción de N utilizada como amonio, reduce el desarrollo de la lesión causado por mancha amarilla. Algunos estudios realizados, sugieren que, esta aparente reducción de la enfermedad por los fertilizantes nitrogenados, es debido a un retraso en la senescencia y no debido a un efecto directo sobre la mancha amarilla (Bockuz & Davis 1992). Contrariamente, ante *P.triticina* la DAFV no se incrementó tan marcadamente ante dosis crecientes de N mostrando incrementos promedio entre todos los tratamientos fungicidas de 24,9% para 70N y un 46,8% para 140N respecto al testigo sin fertilizar debido a que el N generó una mayor severidad de roya de la hoja y generó disminuciones en esta variable, indicando que el efecto del N sobre la generación de biomasa aérea e IAFV preponderan por sobre los aumentos en la severidad causada por roya de la hoja. Es importante mencionar que el genotipo Bag11, el de mayor susceptibilidad a los patógenos evaluados, presentó los menores incrementos de DAFV y DAFVHB ante aumentos de la dosis de N en el tratamiento sin fungicida de *P. triticultura*, debido a incrementos en el ABCPE ante mayores dosis de N. Al igual que la DAFV, la DAFVHB mostró menores valores ante *P.triticultura*. Ante incrementos en la dosis de N en tratamientos sin fungicida de este patógeno, los aumentos de DAFV fueron bastante inferiores en los tres genotipos evaluados respecto a *Py.tritici-repentis* y para el caso particular de la DAFVHB, el incremento en la dosis de N provocó disminuciones de esta variable, en línea con el comportamiento documentado para la ABCPE. Diversos autores han documentado el efecto positivo del N sobre el IAFV, explicado por su efecto sobre el macollaje y la expansión foliar que juntos determinan el tamaño del canopeo (Hansen & Schjoerring 2003; De Giorgio & Fornaro 2012; Hawkesford 2014). Contrariamente, otros autores han documentado asociaciones positivas entre la severidad de roya de la hoja y la biomasa del cultivo sugiriendo que la concentración de N en hoja fue más importante para el desarrollo de la enfermedad que para el tamaño del canopeo (Olesen *et al.* 2003). Estos autores observaron que aplicaciones tempranas de N incrementaron el NESP e IAFV pero que la severidad de la enfermedad también fue más elevada, por lo que el IAFV fue mayor en los tratamientos sin fertilizar.

Con respecto a la tasa de caída de IAFV para el periodo EC39-EC82, los tratamientos de fungicidas TE y TEC y la dosis media (70N) y máxima de N (140N) mostraron tasas de caída superiores en relación al testigo sin proteger o sin fertilizar (0N), comportamiento que podría ser explicado por los valores superiores en IAFV de los estratos en EC39 en los tratamientos protegidos con fungicida o fertilizados. El mismo comportamiento pudo ser observado en el cultivar Bag11, respecto a A315 y A303 cuya mayor tasa de caída del IAFV se debería a los mayores niveles de IAFV principalmente en EC39. Por su parte, se detectaron diferencias según el patógeno inoculado en la tasa de caída del IAFVHB para el periodo EC39-EC82. En este sentido, cuando se inoculó con *Py. tritici-repentis* se observaron tasas de caída superiores en relación a *P. triticina*, comportamiento que se debería a los valores superiores de IAFVHB en EC39 y EC60 dado que la mancha amarilla es una enfermedad que progresa desde estratos inferiores hacia los superiores (Moreno 2014) y en ese momento la severidad en hoja bandera no es tan significativa (Schierenbeck 2015).

El efecto positivo de la fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas sobre las variables patométricas (severidad, ABCPE) y ecofisiológicas (IAFV, DAFV, DAFVHB, tasa de caída de IAFV) previamente mencionadas, generaron respuestas positivas en el rendimiento y sus componentes. En este sentido, la importancia de este trabajo radica en que no se ha documentado hasta el momento el efecto sobre el rendimiento y sus componentes de la mezcla TEC comparada con TE ante inoculaciones artificiales y en forma separada de *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* y su interacción ante diferentes dosis de N y genotipos. Con respecto al impacto de los fungicidas sobre el rendimiento y sus componentes, Jorgensen & Olsen (2007) informaron que aumentos del rendimiento de trigo ante la utilización de fungicidas (0,8 a 4,4 t ha⁻¹), dependieron de la cantidad de rastrojo infectado, severidad de la enfermedad, susceptibilidad de los genotipos, estrategia de uso del fungicida, tipo de principio activo, momentos y número de aplicaciones, dosis y métodos de aplicación. En este cultivo, el periodo que media entre el inicio del activo crecimiento de la espiga y el breve periodo inmediatamente posterior a la floración, en el cual el tallo y la espiga crecen en forma conjunta, es crucial para la definición del rendimiento debido a que se define su componente principal, el NGT (Fischer 1985; Miralles & Slafer 1999; Borrás *et al.* 2004). Durante este período, el cultivo se encuentra fuertemente limitado por la capacidad fotosintética por lo que el mantenimiento de área foliar sana (DAFV) durante dicho periodo es fundamental para proveer de asimilados a la espiga e incrementar la fertilidad de las mismas (Miralles *et al.* 2000; Serrago *et al.* 2008; Serrago 2010), por lo que la presencia de enfermedades foliares durante el periodo crítico provocará, dependiendo del nivel de reducción del IAF que generen, mermas en el rendimiento debido a reducciones en el NGT, asociadas a

una menor tasa de crecimiento del cultivo (Rees *et al.* 1981; Yang & Zeng 1989). La importancia de este período respecto del control de enfermedades se pone de manifiesto por las frecuentes y consistentes respuestas en rendimiento encontradas por la aplicación de fungicidas en estadios cercanos a la aparición de la hoja bandera en lotes de producción de trigo de la Región Pampeana Argentina (Carretero 2011). En este sentido, se ha documentado ampliamente que la DAFVHB es particularmente importante para la generación de rendimiento en trigo, debido a que es la última hoja en senescer, intercepta más luz que las hojas de estratos inferiores y es la más próxima a los destinos (granos dentro de las espigas). La fotosíntesis producida por la hoja bandera en trigo contribuye con un 30-50% de los fotoasimilados para el llenado de grano, es por ello que, la longevidad de ésta se correlaciona estrechamente con la acumulación de materia seca en el grano (Sylvester-Bradley *et al.* 1990; Gooding *et al.* 2000; Ali *et al.* 2010). Por lo tanto, cualquier estrategia para proteger la senescencia de la misma es fundamental para asegurar altos rendimientos y calidad (Blandino & Reyneri 2009). En este sentido, se ha demostrado que los fungicidas foliares son capaces de prevenir las pérdidas de rendimiento en presencia de enfermedades mediante el mantenimiento verde de la hoja bandera en post-antesis, lo que le permite al cultivo absorber más radiación incidente e incrementar la tasa de crecimiento del cultivo (Bryson *et al.* 1997). Dimmock & Gooding (2002a) hallaron que la inclusión de estrobilurinas en los fungicidas para el control de enfermedades foliares en trigo se asoció con aumentos en el rendimiento en grano dado por un mayor PMG relacionados a una prolongación de la DAFVHB. Sin embargo, no se dispone de información del efecto de las carboxamidas en el rendimiento vinculados a la duración del periodo verde del cultivo. La prolongación del periodo verde de la hoja bandera por medio de fungicidas podría colaborar en la estabilidad del rendimiento particularmente en los cultivares actuales cuyo mayor potencial de rinde se basa en un mayor NGE, y donde la cantidad de fuente fotosintética se encuentra más ajustada en relación a la cantidad de destinos. Coincidiendo con lo antedicho, este trabajo documentó una correlación positiva y significativa entre el rendimiento con la DAFV y la DAFVHB.

Uno de los objetivos de este trabajo fue evaluar si una mezcla fungicida triple de TEC contribuye a las ganancias de rendimiento por una prolongación del periodo verde de la hoja bandera por encima de una mezcla doble de TE. Los resultados demostraron que los mayores incrementos de rendimiento debidos a la aplicación de fungicidas TEC pueden ser en parte explicados por un mejor control de la enfermedad, así como también por un incremento en la DAFVHB por encima de mezclas dobles de TE. En este sentido, la triple mezcla TEC no solo redujo los niveles de enfermedad, sino que además incrementó la DAFVHB en un +11,8% en relación al tratamiento de TE, implicando un mayor NGT y PMG que se tradujeron en mayores

rendimientos. En este sentido, el tratamiento de TEC (+25,5%) y TE (+16,7%) incrementaron el NGT en relación al testigo sin fungicida, y generaron aumentos en esta variable de hasta 27,5% (parcela principal *Py. tritici-repentis*) y hasta 23% (parcela principal *P.triticina*) ante el tratamiento TEC con respecto al tratamiento sin fungicida. El NGT sufrió además aumentos diferenciales ante la aplicación del fungicida TEC en los tres genotipos analizados, con mayores incrementos en A315 (+34,4%), seguido por Bag11 (+26,1%) y A303 (+16,8%). En un mismo sentido el NGE presentó un incremento promedio ante los fungicidas TE de 8,84% y 15,4% (TEC) respecto al tratamiento sin fungicida. Con respecto a la respuesta de los genotipos en el NGE, la aplicación del fungicida TEC generó aumentos de hasta 21,5% en A315, 16,0% en Bag11 y 9,34% en A303. Incrementos en el NGE ante la aplicación de fungicidas han sido previamente documentados por Olesen *et al.* (2000) y Brinkman *et al.* (2014), sin embargo, son escasos los trabajos a nivel mundial que hayan documentado el efecto de la triple mezcla TEC en esta variable (Fleitas *et al.* 2015, 2018a). Con respecto al PMG, en términos generales este se incrementó 7,78% (TE) y 11,3% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida, tal como fue previamente documentado por Olesen *et al.* 2000; Kelley 2001; Ruske *et al.* 2003a y Brinkman *et al.* 2014. Por su parte, el rendimiento en grano presentó importantes incrementos con la aplicación de fungicidas (+19,7% con TE y +38,4% con TEC), explicado principalmente por incrementos en el NGT ($R^2=0,581$; $p<0,001$) comparados al PMG ($R^2=0,344$; $p<0,001$), comportamiento que ha sido ampliamente documentado debido a que es considerado el principal componente del rendimiento (Fischer 1985; Miralles & Slafer 1999; Borrás *et al.* 2004). Por otro lado, se detectó una asociación positiva y significativas entre la DAFV y el rendimiento para los tres tratamientos de fungicidas a través de ambos patógenos. Coincidiendo con Smith *et al.* 2013 y Ajigboye *et al.* 2014 la inclusión de carboxamidas a la mezcla TE generó las mayores tasas de incrementos de rendimiento con 30,7 kg/ha/día de DAFV del cultivo, seguido por el tratamiento de TE con 26,6 kg/ha/día de DAFV y luego el testigo sin fungicida con 19,7 kg/ha/día de DAFV. Este comportamiento se corresponde con lo documentado por Peltonen & Karjalainen, 1992 y Brinkman *et al.* 2014 partir de incrementos en el periodo de llenado de grano debido a retrasos en la senescencia del cultivo y aumentos en la DAFV y DAFVHB ante la aplicación de fungicidas, lo que se traduce en un aumento en la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa durante el período posterior a la antesis, dando lugar a una mayor producción de asimilación y un incremento en la partición de estos que son destinados al llenado de granos (Gooding *et al.* 2000; Dimmock & Gooding 2002; Ruske *et al.* 2003; Robert *et al.* 2004; Reynolds *et al.* 2009; Ali *et al.* 2010; Hunt & Poole 2010; Poole & Arnaudin 2014). Sumado a esto, estudios previos realizados en macetas por Fleitas *et al.* (2015) con roya de la hoja y diferentes mezclas de fungicidas, observaron que la triple

mezcla conteniendo una carboxamida incrementó de manera significativa el NGE y el PMG por sobre mezclas dobles sin el principio activo. En este sentido, Smith *et al.* 2013 han demostrado que el aumento del rendimiento en un cultivo tratado con carboxamidas supera al que puede explicarse simplemente a través de un buen control de la enfermedad. La evidencia obtenida por Smith *et al.* (2013), sugiere que además de controlar los síntomas visibles de la enfermedad, la carboxamida Fluxapyroxad es capaz de ejercer efectos positivos sobre la fisiología de la planta que involucran un aumento de la duración del tejido verde, un retraso en la senescencia, incrementos en la tasa de fotosíntesis, aumentos en la EUR e incrementos de hasta 10% en la eficiencia en el uso del agua, con efectos mas importantes ante genotipos susceptibles. Asimismo, Berdugo *et al.* (2012) verificaron que otro inhibidor de la SDH (Bixafem) demoró la senescencia de espigas y hojas durante el llenado de grano, lo que resultó en mayores rendimientos. Por su parte, Ajigboye *et al.* 2014 detectaron que la utilización de la carboxamida Isopirazam generó incrementos del 4% en el rendimiento a partir de aumentos en la eficiencia del fotosistema II e incrementos en la DAFVHB aún sin presión de enfermedades, respuesta que fue medible a las 4 horas de la aplicación del fungicida. Sumado a esto se ha indicado que el período entre antesis y llenado de grano es la etapa más importante para la redistribución de las sustancias carbonadas desde las estructuras vegetativas a las reproductivas para la formación del rendimiento (Lu & Lu 2004) y que el aumento de la eficiencia del fotosistema II al final del período de llenado de grano es particularmente importante en relación con el rendimiento, pudiendo ser uno de los principales mecanismos que explican los mayores rendimiento de la triple TEC por sobre TE.

Respecto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y sus componentes, los resultados de este trabajo indican que la aplicación de N generó aumentos del NGT de 17,1% ante 70N y 36,2% ante 140N y aumentos en el NGE de 5,34% (70N) y 11,2% (140N) respecto al tratamiento 0N, en línea con lo documentado por Golik (2005) ante distintos genotipos argentinos y por Barraclough *et al.* 2010, 2014 en genotipos europeos. Por su parte, tal como fue previamente documentado por Olesen *et al.* 2000; Melaj *et al.* 2003 y Brinkman *et al.* 2014 la dosis de 140N generó disminuciones en el PMG del 1,60% con respecto al tratamiento 0N y 70N que no presentaron diferencias significativas entre si, respuesta que pudo deberse al incremento en el NGT que generó una limitación en la fuente para el llenado de granos provocando caídas en el PMG ante las mayores dosis de N testeadas (Campbell *et al.* 1977; Melaj *et al.* 2003).

Los resultados de este trabajo indican interacciones positivas entre dosis crecientes de N, utilización de fungicidas y respuestas variables de los genotipos testeados en algunos casos. En este sentido, el rendimiento presentó incrementos con dosis crecientes de N con ambos

patógenos y tratamientos fungicidas. Cuando los tratamientos 0N y 140N fueron contrastados se detectaron incrementos en el rendimiento de hasta 24,7% (sin fungicida), +19,4% (TE) y +34,3% (TEC) ante *Py.tritici-repentis* y +49,5% (TE) y +45,5% (TEC) para *P.triticina*. El efecto sinérgico de fertilización nitrogenada y fungicidas en el rendimiento de trigo ha sido previamente documentado por Brinkman *et al.* (2014) ante infecciones conjuntas de roya de la hoja, mancha de la hoja y oidio documentando incrementos de hasta 2,1 t/ha. A modo de excepción, en este trabajo, incrementos en la dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja no generaron incrementos en el rendimiento, efecto que podría explicarse por el efecto reductor en el PMG que fue detectado en esta interacción que llegó al -4,61% (70N) y -9,28% (140N), mecanismo que podría ser explicado por mayores niveles de severidad y ABCPE y caídas en el IAFVHB detectados en este tratamiento ante incrementos en la dosis de N lo que explicaría una limitación por fuente, respuesta que concuerda con lo documentado por Pastore (2009). Por su parte, para el resto de las interacciones entre los patógenos, tratamientos con fungicidas y dosis de N, no se detectaron diferencias significativas en el PMG, en línea con lo documentado en nuestro país por Golik (2009), Pastore (2009) y Castro (2016). Concordando con Golik (2009) y Brinkman *et al.* 2014 y en contraste con Castro (2016) con infecciones de mancha de la hoja, no se detectaron incrementos en el NGE ante aumentos en la dosis de N y la utilización de fungicidas en conjunto. Asimismo, el rendimiento se incrementó con el aumento de la dosis de N en los tratamientos con y sin fungicida, excepto para el cultivar Bag11 para el tratamiento sin fungicida. Dentro de cada tratamiento de fungicida testado, la aplicación de N generó incrementos en el rendimiento (0N vs. 140N) de hasta 30,2% (A315) y 11,2% (A303) para el tratamiento sin fungicida; de hasta +30,5% (A315), +29,1% (Bag11) y +40,1% (A303) para el fungicida TE y de hasta +40,5% (A315), +42,2% (Bag11) y +36,2% (ACA 303) para el fungicida TEC. Concordando con Mascagni *et al.* (1997) y Brinkman *et al.* 2014, las mayores respuestas ante aplicaciones de N y fungicidas fueron detectadas en los genotipos que mostraron mayor susceptibilidad a los patógenos evaluados, que en nuestro caso fue Bag11. En este sentido, la aplicación de un fungicida foliar en el trigo tiene un amplio rango de respuestas para el rendimiento (Roth & Marshall 1987), pero en la mayoría de los casos, ha sido demostrado que es beneficioso particularmente cuando los cultivares son susceptibles o sensibles a la enfermedad y tienen alto rendimiento potencial (Kelley 2001; Olesen *et al.* 2003).

Este trabajo toma en cuenta que el impacto respectivo de epidemias de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* separadamente y su interacción ante distintas dosis de N y diferentes fungicidas sobre el patrón de la removilización de N, la absorción de N post-antesis, %NG, acumulación de nitrógeno en grano no ha sido investigada hasta el momento. En este sentido, la información

sobre el efecto de enfermedades foliares y fungicidas en el %NG presenta resultados contrastantes (Rees *et al.* 1982; Ash & Brown 1990; Clark 1993; Kelley 1993; Herrman *et al.* 1996; Puppala *et al.* 1998; Arabi *et al.* 2007; Blandino & Reyneri 2009; Liaudat 2011; Simón *et al.* 2012; Fleitas *et al.* 2015; Castro 2016; Fleitas *et al.* 2018a; Fleitas *et al.* 2018b) lo que puede deberse al complejo de enfermedades involucrado. Los resultados de este trabajo indican que el tratamiento sin fungicidas inoculado con *Py.tritici-repentis* mostró mayores %NG (2,05) con respecto al tratamiento TE (1,92%) y TEC (1,93%), en tanto que la respuesta fue inversa ante inoculaciones con *P.triticina* donde los tratamientos TE (1,89%) y TEC (1,98%) mostraron incrementos en esta variable con respecto al tratamiento inoculado (1,83%), detectándose además diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados. El efecto de *Py.tritici-repentis* sobre el %NG ha sido escasamente documentado pero coincide con los resultados obtenidos en el Capítulo 2 de la presente tesis y recientemente por Fleitas *et al.* (2018b). Por su parte, Gooding *et al.* (1994), Fleitas (2011) y Castro (2016) verificaron que cuando se controló el patógeno hemibiotrófico *M. graminicola*, el %NG disminuyó, indicando que para esta variable, prepondera la fase necrotrófica por sobre la biotrófica. Por su parte, el incremento de %NG al controlar la roya de la hoja por medio de fungicidas observada en el presente estudio coincide con lo reportado previamente por Herrman *et al.* (1996) y más recientemente por Devadas *et al.* (2014) y Fleitas *et al.* (2015, 2018a). Esta respuesta diferencial en el %NG ante los dos patógenos evaluados también se manifestó en los tres genotipos estudiados. Trabajos realizados por Dimmock & Gooding (2002b) y Gooding (2006) indican que cuando los patógenos controlados con fungicida son necrotróficos, el %NG disminuye dado que el patógeno provoca mayor daño sobre la acumulación y partición de almidón en el grano que el que provoca sobre la acumulación y partición del N. Contrariamente, cuando predominan patógenos biotróficos, la infección puede ser más limitante para la acumulación de N en el grano que para la acumulación de carbohidratos lo que ocasiona que frecuentemente el %NG aumente al controlar las royas con fungicidas (Herrman *et al.* 1996; Puppala *et al.* 1998), respuestas que fueron detectadas en el Capítulo 2 de esta tesis donde se documentó que si bien el patógeno biotrófico *P. triticina* causó similares disminuciones en el rendimiento, afectó más la removilización y la acumulación de N en granos que el necrotrófico *Py. tritici-repentis*, efectos que podrían estar asociados a caídas en la ERN y el ICN. En este sentido, y coincidiendo con lo documentado en el Capítulo 2 de esta tesis, condiciones predisponentes para el desarrollo de *P.triticina* (tratamiento sin fungicida y alta dosis de N) generaron reducciones en el ICN y ERN respecto al testigo sin inocular y dosis de 0N (ERN 65% vs. 45% e ICN 0,70 vs. 0,50) y fue significativamente inferior al de *Py.tritici-repentis*, mecanismo que podrían estar asociado a la respuesta diferencial observada para el %NG.

Con respecto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el %NG, los resultados de este trabajo indican que el incremento en la dosis de N provocó aumentos en el %NG en ambos patógenos y diferencias significativas entre las tres dosis evaluadas, concordando con lo documentado por Golik (2009) en genotipos argentinos y Barraclough *et al.* 2010, 2014 que evaluaron la respuesta de esta variable ante la fertilización nitrogenada en varios genotipos de elite europeos. En forma similar, Ayoub *et al.* (1994) encontraron que el %NG se incrementó con aumentos de N. Se ha reconocido que el aumento del %NG bajo condiciones de alta fertilización nitrogenada (Godfrey *et al.* 2010) o aplicaciones de N tardías (Gooding & Davies 1997) dan como resultado mayor síntesis y acumulación de proteínas de reserva. Por su parte, Castro (2016) documentó incrementos en el %CPG en genotipos argentinos ante incrementos en la dosis de N ante infecciones de *Z.tritici*.

Para ambos patógenos, el cultivar más susceptible (Bag11) fue el que mostró las mayores diferencias entre tratamientos de fungicidas en el %NG, respuesta que podría deberse a los mayores niveles de ABCPE, caídas en la DAFV/DAFVHB, generando consecuentemente, mayores efectos en el %NG ante la inoculación con los patógenos evaluados. Por su parte, A315 fue el genotipo que presentó las menores variaciones en esta variable, lo que coincide con Clark (1993) que encontró que el %NG con el uso de fungicidas se vio mucho menos afectado en aquellos cultivares de buena aptitud panadera, sumado a que es un genotipo con mejor comportamiento sanitario por lo que el efecto de la inoculación de los patógenos en el %NG sería de menor relevancia al detectarse menores niveles de ABCPE y menores reducciones del DAFV/DAFVHB. Dimmock & Gooding (2002a) y Bogard *et al.* (2010) mencionaron que los cultivares específicamente panaderos en los cuales la proteína alta es un criterio para la selección junto al rendimiento, podrían ser capaces de mantener la acumulación de N en el grano más efectivamente tanto como se retrase la senescencia y se incremente el rendimiento, comparado con los cultivares que son adecuados para galletitas en los cuales la concentración de proteína es menos importante.

Con respecto a la producción de biomasa, aplicaciones de las moléculas fungicidas TE y TEC provocaron incrementos en los tres estadios evaluados con respecto al testigo sin fungicida y teniendo en cuenta que la mezcla TEC presentó los mayores incrementos tal como fue documentado por Ajiboye *et al.* 2014. Para *Py.tritici-repentis* los incrementos en la generación de biomasa fueron de hasta 18,5% en EC39, 16% en EC60 y 19,6% en EC95 cuando el fungicida TEC fue utilizado. Por su parte, ante *P.triticina*, los incrementos fueron de hasta 16,9% (EC39), 18% (EC60) y 21,3% en EC95 ante la utilización de TEC. Incrementos en la generación de

biomasa ante los fungicidas TE y TEC provocaron incrementos en la acumulación de Nant y Ncos respecto a los tratamientos desprotegidos, respuesta que se ponen de manifiesto por la correlación significativa hallada en este trabajo entre estas variables. En este sentido, con respecto al tratamiento sin fungicida, la aplicación de fungicidas generó incrementos promedio de 13,5% (TE) y 19% (TEC) en el Nant y de 15,8% (TE) y 22,8% (TEC) en el Ncos. Coincidiendo con nuestros resultados, hasta el momento se ha documentado el efecto positivo de la utilización de fungicidas en la generación de biomasa (Gooding *et al.* 2007) a partir de la reducción en el nivel de enfermedades (ABCPE), demorando la senescencia de la hoja bandera e incrementando la tasa de crecimiento del cultivo a partir de aumentos en la radiación absorbida por el cultivo y la EUR (Schierenbeck *et al.* 2016). Coincidiendo con lo descrito anteriormente, Gallagher *et al.* (1975), Monteith (1977) y Fischer (1985) documentaron que existe una estrecha relación entre la generación de biomasa con la cantidad de radiación solar absorbida por tejidos verdes, por lo que incrementos en la DAFV y DAFVHB ante la aplicación de los fungicidas TE y TEC explicarían estos aumentos en la BA. Por su parte y coincidiendo con estos resultados, en el Capítulo 2 de la presente tesis se detectó que incrementos en la dosis de inóculo de los dos patógenos evaluados provocaron reducciones en la generación de biomasa y consecuentemente en el Nant y Ncos, respecto al testigo sin inóculo y protegido con el fungicida TEC.

La producción de biomasa también fue dependiente de la dosis de N empleada. En este sentido, el incremento en la dosis de N provocó aumentos en la BA60 y BA95 en ambos patógenos, con diferencias significativas entre las tres dosis evaluadas y mayores incrementos porcentuales ante *P.triticina* en los tres genotipos evaluados. En ese sentido, ante *Py.tritici-repentis* la biomasa aérea se incrementó hasta 30% en EC60 y 27,6% en EC95 cuando los tratamiento 0N y 140N fueron comparados. Por su parte, para *P.triticina* la biomasa se incrementó hasta 36,9% en EC60 y 36,6% en EC95 (0N vs. 140N). Coincidiendo con Golik (2009) que documentó una asociación positiva entre incrementos en la biomasa aérea y la acumulación de N en partes aéreas ante incrementos en la fertilización nitrogenada, nuestros resultados indican que el aumento en la dosis de N provocó incrementos con respecto al tratamiento 0N de 24,3% (70N) y 52,8% (140N) en el Nant y de 25% (70N) y 56,7% (140N) en el Ncos. Concordando con nuestros resultados, Barraclough *et al.* 2010 y Barraclough *et al.* 2014 documentaron incrementos en la biomasa aérea y consecuentemente en el Nant y Ncos ante aumentos en la dosis de N en varios genotipos de elite europeos. Por su parte, la relación positiva entre la dosis de fertilizante y el N residual en el rastrojo a madurez ha sido previamente documentada por Ehdaie & Waines (2006); Gooding *et al.* 2007 y Bahrami (2011), en tanto que diversos autores indican que la cantidad de N acumulado depende de la oferta de este nutriente en el suelo, el nivel de

fertilización, las condiciones de crecimiento del cultivo, el genotipo y el cultivo antecesor (Cox *et al.* 1985b; Rodgers & Barneix 1988; Papakosta & Garianas 1991; Debaeke *et al.* 1996; Barbottin *et al.* 2005). En este sentido, el efecto positivo de la fertilización nitrogenada en la producción de biomasa estaría explicado por su influencia en el macollaje y la expansión foliar, que juntos determinan el tamaño del canopeo producido (IAFV), su duración (DAFV) y la concentración del N en las hojas, en tanto que el tamaño del canopeo y la concentración del nitrógeno gobiernan la asimilación neta de la planta por la intercepción de la radiación y la eficiencia del uso de la radiación y la tasa de crecimiento del cultivo (Walters & Bingham 2007), información que concuerda con los incrementos documentados en este trabajo en el %Nant y %Ncos ante incrementos en la dosis de N, por lo que es de esperar un incremento en la Nant y Ncos ante aumentos en la generación de biomasa y la DAFV/DAFVHB, como los detectados ante incrementos en la fertilización nitrogenada.

En el presente trabajo, se detectó una asociación positiva en la acumulación de Nant y Ncos ante incrementos en la dosis de N y la utilización de las moléculas fungicidas TE y TEC para ambos patógenos y en los tres genotipos evaluados, detectándose en ambas variables menores valores ante *P.triticina* con respecto a *Py.tritici-repentis*. Para ambos patógenos, se detectaron diferencias significativas ante las tres dosis de N evaluadas en los tres tratamientos de fungicidas, sin embargo se encontraron incrementos porcentuales más importantes ante inoculaciones con *P.triticina*. La combinación de 140N y los fungicidas TE/TEC mostraron los mayores valores de acumulación de Nant y Ncos para ambos patógenos y los tres cultivares evaluados, detectándose similar respuesta en el %Nant y %Ncos, tal como fue documentado por Lopez-Bellido *et al.* (2004). En este sentido y coincidiendo con nuestros resultados, el efectos sinérgico entre incrementos en la fertilización nitrogenada y la utilización de fungicidas ante epidemias de patógenos fúngicos foliares sobre el Nant y Ncos han sido previamente documentados por Barbottin *et al.* 2005, Gooding *et al.* 2005 y Bancal *et al.* 2008 ante infecciones naturales de *S.tritici*, *P.triticina*, *P.striiformis* y *Erisiphe graminis* donde se detectaron incrementos en la captación de N a partir de aumentos en la tasa de crecimiento del cultivo, en la DAFV y DAFVHB que provocan que la acumulación de N en las partes aéreas se incremente debido a una mayor duración y tasa de acumulación respecto a cultivos enfermos.

La absorción de nitrógeno en post-antesis (NPA) mostró en promedio incrementos ante tratamientos de fungicida TE (+37%) y TEC (+58%) con respecto al testigo sin fungicida. Este comportamiento fue también evidenciado en los tres genotipos evaluados, siendo Bag11 el que presentó los menores valores de NPA en el tratamiento sin fungicida y los mayores incrementos

porcentuales ante los tratamientos de TE (+60,4%) y TEC (+76,4%) y A315 el que presentó los menores incrementos (19,9% en TE) y (37,5% en TEC) en el NPA con respecto al tratamiento sin fungicida. Diferencias en el NPA entre los genotipos como las encontradas en este trabajo han sido previamente documentadas por Cox *et al.* 1985b, Fathi (2005), Kichey *et al.* 2007, Ki Bahrani *et al.* 2011 y en el Capítulo 2 de la presente tesis, en tanto que Castro (2016) no detectó diferencias genotípicas en el NPA en genotipos argentinos. Si bien el efecto de la aplicación de fungicidas en el NPA ha sido ampliamente documentado (Debaeke *et al.* 1996; Bancal *et al.* 2008; Castro 2016), no se tienen antecedentes de los mayores incrementos en esta variable ante la triple mezcla TEC respecto a TE. Con respecto a la fertilización nitrogenada, los resultados de este trabajo indican que aumentos en la dosis de N de 70N provocaron aumentos en el NPA de 30,8% y de hasta 71% ante 140N respecto a 0N, coincidiendo con lo descripto por Debeake *et al.* 1996; Golik *et al.* 2003, Golik (2009); Kichey *et al.* 2007; Bancal *et al.* 2008 y Barraclough *et al.* 2014 que documentaron aumentos en el NPA ante incrementos en la dosis de N. El aporte del NPA al NG bajo las condiciones exploradas en este año fluctuó entre 14,4 al 20% lo que concuerda con Spiertz & Ellen 1978; Rostami & Jiriaei 1998; Kada *et al.* 2005 que reportaron que entre 8-50% del N encontrado en plantas a madurez proviene de la absorción post-antesis.

Ante incrementos de la dosis de N (0N vs. 140N) en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja se detectaron incrementos en el NPA no significativos (+30,1%) comparado con mancha amarilla (+56,7%), pudiendo estar asociado a los mayores niveles de severidad, ABCPE y menores valores de DAFV y DAFVHB documentados para roya de la hoja ante incrementos en la dosis de N en tratamientos sin fungicida, lo que podrían generar reducciones en el NPA debido a caídas en la radiación absorbida por el cultivo en post-antesis, al ser un proceso que tiene altos requerimientos energéticos (Bancal *et al.* 2008). Para ambos patógenos la combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NPA con incrementos de hasta 106% (combinación 140N-TEC) con respecto a 0N-TEC para mancha amarilla e incrementos de hasta 79,1% cuando los mismos tratamientos fueron comparados en roya de la hoja. Los mayores valores de NPA obtenidos para la interacción 140N-TEC serían consecuencia de la mayor producción de biomasa aérea, incrementos en la DAFV, DAFVHB y reducciones en los niveles de enfermedad que permiten incrementos en la tasa de crecimiento del cultivo y consecuentemente en la absorción de N en post-antesis (Gooding *et al.* 2005; Barbottin *et al.* 2005; Bancal *et al.* 2008), resultados que se condicen con la correlación positiva detectada entre el NPA con la BA95, la DAFV, DAFVHB y la correlación negativa hallada entre el NPA con el ABCPE. Por su parte sería de interés profundizar el estudio de los efectos

fisiológicos positivos de la mezcla TEC, como incrementos en la EUR y EUA sobre el NPA (Smith *et al.* 2013 y Aigboye *et al.* 2014)

Respecto a la NREM, los resultados encontrados coinciden con el Capítulo 2 de esta tesis, hallándose que tratamientos sin fungicida e inoculados con *P.triticina* mostraron menores valores y mayores respuestas ante los fungicidas TE (+36,8%) y TEC (53,1%), respecto a *Py.tritici-repentis* que mostró incrementos de 18,5% en TE y 22,4% en TEC comparado al testigo sin fungicida. Nuestros resultados concuerdan con lo documentado por Gooding *et al.* 2005 ante infecciones naturales y conjuntas de *P.triticina* y *Z.tritici* que indican que la aplicación de una mezcla doble fungicida TE provoca incrementos en la NREM debido a aumentos en la tasa y duración de translocación del N al grano, a partir de reducciones en los niveles de enfermedad y por efectos fisiológicos positivos que genera su aplicación, sin embargo no se tienen antecedentes hasta el momento del efecto de una mezcla TEC sobre el NREM y su interacción ante distintos patógenos, fertilizantes y genotipos. Los tres genotipos evaluados evidenciaron incrementos en el NREM con respecto al tratamiento sin fungicida ante los tratamientos TE y TEC en ambos patógenos. Teniendo en cuenta el comportamiento de los cultivares, el genotipo más susceptible Bag11 evidenció los menores valores de NREM en los tratamientos sin fungicida en ambos patógenos y los mayores incrementos porcentuales ante la aplicación de fungicidas y en mayor medida ante roya de la hoja (+65,6% para TE y +80,1% para TEC) respecto a mancha amarilla (+32,5% para TE y +29,2% para TEC).

Con respecto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el NREM, aplicaciones de 70N incrementaron esta variable un 20%, en tanto que aumentos del 47,2% fueron detectados ante aplicaciones de 140N, en línea con lo documentado por Delogu *et al.* (1998), Golik *et al.* (2003) Golik (2009), Barbottin *et al.* 2005 y Golik *et al.* 2007. De manera similar al NPA, la respuesta del NREM para la interacción *Patógeno x Fungicida x N* estuvo explicada fundamentalmente por el hecho de que no hubo incrementos en esta variable a mayores dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja con respecto a mancha amarilla. Esto se debió a que el aumento en la dosis de N provocó incrementos en los niveles de enfermedad de este patógeno, generando reducciones en el DAFV/DAFVHB y consecuentemente en la acumulación de N para su posterior removilización y mostrando además reducciones en el ICN y ERN debido a la posible retención de N en las hojas o pústulas del hongo (Verreet & Hoffmann 1990; Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Garry *et al.* 1996). En este sentido, en el Capítulo 2 de la presente tesis se detectó que ante condiciones predisponentes para el desarrollo de *P.triticina* se detectaron caídas en el ICN y ERN, lo que concuerda con lo descrito en este capítulo y con lo documentado por Dimmock & Gooding (2002b) que indicaron que patógenos biotrofos y hemibiotróficos pueden limitar la

translocación de N al grano debido a caídas en el NREM debido a retención de asimilados en pústulas y hojas infectadas, implicando una importación neta de N hacia región infectada (Crowdy & Mannees 1971; Walters 1989), respuesta que se pone de manifiesto por la correlación positiva entre el NREM con la ERN e ICN hallada en este trabajo. En contraposición, el hecho de que patógenos necrotróficos, ejerzan principalmente efectos sobre el suministro y acumulación de carbohidratos debido a disminuciones en el área foliar verde y en la absorción de radiación (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck *et al.* 2016), explicaría el hecho de que no se detecten efectos importantes en el ICN y ERN ante incrementos en la severidad de este patógeno, y está en línea con los menores efectos detectados en este capítulo en la NREM ante infecciones de *Py.tritici-repentis*.

Para ambos patógenos, la combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NREM con incrementos de hasta 56% (combinación 140N-TEC) con respecto a 0N-TEC para mancha amarilla e incrementos de hasta 82,7% cuando el mismo tratamiento fue comparado en roya de la hoja ante 0N-TEC, detectándose en general niveles inferiores de NREM ante *P.triticina*. Por su parte, en promedio de los patógenos, los genotipos evidenciaron una respuesta diferencial ante incrementos en la dosis N en los diferentes fungicidas testeados. En este sentido, el genotipo Bag11 no mostró incrementos en el NREM ante aumentos en la dosis de N en el tratamiento sin fungicida, exhibiendo diferencias notorias con A315 y A303 que evidenciaron aumentos significativos en esta variable ante la dosis de 140N. En los tres genotipos, la combinación de altas dosis de N y el fungicida TEC (140N-TEC) mostraron los mayores niveles de NREM con respecto a la combinación 0N-TEC siendo la magnitud de los incrementos de hasta 56,8% (A303), 64,9% (A315) y 85,5% (Bag11). Coincidiendo con nuestros resultados, el efecto positivo de aumentos en la fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas TE sobre el NREM ha sido previamente documentada por Bancal *et al.* 2008 ante infecciones naturales y conjuntas de *P.triticina* y *Z.tritici*. Por su parte, nuestros resultados concuerdan con Barbottin *et al.* 2005 que documentaron mayores niveles de NREM cuando el ciclo de cultivo en preantesis se dio sin limitaciones en la absorción de N, sin stress hídrico y baja presión de enfermedades, a partir de incrementos en la biomasa aérea y consecuentemente en el Nant, situaciones que se dieron ante altas dosis de N y la aplicación de fungicidas TE y TEC.

Los resultados de este estudio indicaron que la acumulación de N en los granos (NG) mostró diferencias significativas entre los patógenos evaluados detectándose en términos generales menores valores ante *P.triticina*, en línea con lo documentado en el Capítulo 2 de la presente tesis. Los resultados de esta tesis coinciden con lo observado por McCabe *et al.* (2001)

y Ruske *et al.* (2001), los cuales muestran una significativa reducción en el contenido de NG producto principalmente de la menor removilización y en menor medida de la absorción post-antesis ante infección de patógenos foliares. Como se mencionó anteriormente y al igual que el NREM, si bien ambos patógenos redujeron el NG, la aplicación de fungicidas generó mayores incrementos en el NG ante *P.triticina* (+38,1% con TE y +55,6% con TEC) respecto a *Py.tritici-repentis* (+20% con TE y +26,3% con TEC) respecto a testigos sin fungicida que presentaron menores valores ante *P.triticina*. Estos resultados están en línea con lo documentado por Castro (2016) que detectó que la utilización de la mezcla TE implicó incrementos del NG de hasta 45,7% respecto a tratamientos de baja y alta concentración de inóculo de *S.tritici*, en tanto que Bancal *et al.* 2008 evaluando varios años y ambientes documentaron pérdidas en el NG de entre 0,8 a 9,9 g.m⁻² respecto a tratamiento con fungicida TE ante infecciones naturales de *S.tritici* y *P.triticina* y Devadas *et al.* 2014 que documentaron incrementos del 15-20% en el NG ante aplicaciones de fungicidas frente a infecciones naturales de *P.striiformis*. Por su parte, diversos autores indican que extender la duración del área verde del canopeo mediante la aplicación de fungicidas pueden incrementar la recuperación de N del suelo mediante aumentos en el NREM y NPA (Ruske *et al.* 2003; Verma *et al.* 2004; Gooding *et al.* 2005; Ishikawa *et al.* 2011), efectos que pueden ser asociados con incrementos en la DAFV y DAFVHB, sin embargo pueden existir diferencias genotípicas (Jamieson & Semenov 2000; Pepler *et al.* 2005). Sumado a ésto y coincidiendo con nuestros resultados, Gooding *et al.* (2005) y Ishikawa *et al.* (2011) indican que la utilización de mezclas TE permiten aumentos del N en la biomasa aérea (Nant) e incrementos en la removilización neta de N a partir de tejidos no verdes y, en consecuencia, una mayor eficiencia de utilización de N en comparación con las parcelas no tratadas, en tanto que Ruske *et al.* (2003a) indicaron mejoras en la absorción de N del suelo, ICN, removilización neta de N de los tejidos vegetativos después antesis y un aumento en la duración del llenado de N en el grano como parte de los principales efectos de los fungicidas. Los tres genotipos evaluados evidenciaron incrementos en el NG ante los tratamientos TE y TEC en ambos patógenos, sin embargo, ante roya de la hoja se detectaron mayores incrementos porcentuales en esta variable con respecto mancha amarilla. El genotipo más susceptible, Bag11, evidenció los menores valores de NG en los tratamientos sin fungicida en ambos patógenos y los mayores incrementos porcentuales ante la aplicación de fungicidas, respuesta que es consecuencia de lo descripto para el NREM y NPA, donde este genotipo mostró el mismo comportamiento. Ante inoculaciones con *Py.tritici-repentis*, A303 mostró las menores fluctuaciones en tanto que Bag11 mostró incrementos del +35,1% (TEC) con respecto a tratamiento testigo sin fungicida. Ante inoculaciones de *P.triticina* el cultivar Bag11 fue el que mostró las mayores diferencias entre tratamientos de fungicida con +67% (TE)

y +80,7% (TEC) con respecto al tratamiento sin fungicida, en tanto que A315 fue el que presentó las menores diferencias respecto al tratamiento testigo. Los mayores efectos de los fungicidas ante ambos patógenos en Bag11 concuerda con lo documentado por Kelley (2001) y Olesen *et al.* (2003) que indican que su uso muestra mayores efectos particularmente cuando los cultivos son susceptibles o sensibles a la enfermedad.

En promedio de todos los tratamientos, incrementos en la dosis de N provocaron aumentos del NG de 21,7% (70N) y 51,1% (140N) con respecto a la dosis 0N, respuesta que está en línea con lo documentado por Golik *et al.* 2003 que evaluando la respuesta al NG ante dosis de 0N y 90N detectaron incrementos del 36,5% en esta variable, en tanto que Ishikawa *et al.* 2011 documentaron incrementos en el NG de entre 55-95% comparando tratamientos 0N y 140N ante distintas prácticas de manejo y Debeake *et al.* 1996 que reportaron que incrementos en la dosis de N (30N vs. 170N) provocaron incrementos en el NG de hasta 63%. En este sentido, en la medida que la restricción nitrogenada es menos marcada, la curva de acumulación de N sigue la marcha de la acumulación de la materia seca, permitiendo a su vez una mayor duración del área foliar en etapas más avanzadas del cultivo y permite lograr mayores valores de NG (Golik 2007). Se detectó además que el aporte del NPA al NG mostró incrementos ante aumentos en la fertilización nitrogenada, coincidiendo con Papakosta & Gagianas 1991; Osaki *et al.* 1997; Delogu *et al.* 1998; Ruiz 2001 y Barraclough *et al.* 2014 que indican que el NPA se encuentra mucho más influenciado por los factores ambientales como la temperatura, humedad y disponibilidad de agua y N que la absorción previa a la antesis y si la restricción que impone el agotamiento del N del suelo se supera con ofertas mayores (aportes por fertilización o dosis divididas) se pueden observar aumentos en la NPA. Sumado a esto, en condiciones de alta fertilidad del suelo, la absorción post-antesis resulta importante y está positivamente correlacionada con la proteína del grano y con el índice de cosecha de N (Spiertz & Ellen 1978; Sarandón *et al.* 1997).

La interacción positiva entre incrementos en la dosis de N y la utilización de fungicidas fue dependiente del patógeno evaluado, ya que el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja mostró una menor acumulación y diferencias no significativas (+12,6% ante 140N vs. 0N) en el NG ante incrementos de la dosis de N, respecto a mancha amarilla donde el NG se incrementó un 30,7% para los mismos tratamientos. Este comportamiento fue similar a lo documentado para el NREM, NPA y rendimiento, donde mayores dosis de N en el tratamiento sin fungicida de roya de la hoja generaron aumentos en la severidad del patógeno, menores incrementos en la DAFV y caídas en la DAFVHB provocando consecuentemente, que no se detecten incrementos significativos en el NPA, NREM, rendimiento y NG ante aumentos en la dosis de N, respuestas que logran ser claramente revertidas ante la utilización de fungicidas. En línea con lo mencionado previamente

para NREM y NPA, la combinación de aumentos en la dosis de N y la utilización del fungicida TEC mostraron los mayores valores de NG en ambos patógenos con incrementos de hasta 64,1% (140N-TEC) para mancha amarilla y 82,2% (140N-TEC) en roya de la hoja, respecto a 0N-TEC en ambos casos, resultados que coinciden con lo documentado por Bancal *et al.* 2008, Ishikawa *et al.* 2011 y Devadas *et al.* 2014 que detectaron incrementos en el NG ante aumentos en la dosis de N y la aplicación de fungicidas TE ante epidemias naturales de *S.tritici*, *P.triticina* y *P.striiformis*, sin embargo no se tienen antecedentes hasta el momento de la interacción de fertilización nitrogenada y fungicidas TE y TEC en esta variable ante diferentes patógenos foliares. En este sentido, Dimmock & Gooding 2002b, Verma *et al.* 2004 y Gooding *et al.* 2005 indican que extender la DAFVHB por medio de la mejora genética, condiciones climáticas, el control de enfermedades por medio de fungicidas y incrementos en la fertilidad nitrogenada puede ser directamente asociado con incrementos en la NG, respuesta que coinciden con la correlación positiva detectada en este trabajo para estas variables.

El comportamiento diferencial que mostraron los genotipos para el NG ante incrementos en la dosis N en los diferentes fungicidas testeados se debió a que Bag11 no mostró incrementos significativos en esta variable ante aumentos en la dosis de N en el tratamiento sin fungicida respuesta que también fue detectada para el NREM, diferenciándose notoriamente con A315 (aumentos de hasta 37,9% ante 140N) y A303 que mostró aumentos de hasta 18,9% (140N). En los tres genotipos testeados, la combinación de altas dosis de N y el fungicida TEC (140N-TEC) mostraron los mayores niveles de NG con respecto a la combinación 0N-TEC siendo la magnitud de los incrementos de hasta 62,3% (A303), 68,9% (ACA 315) y 92,9% (Bag11). Ante incrementos en la dosis de N y la aplicación de los fungicidas TE y TEC, Bag11 mostró los mayores niveles de acumulación de NG y los mayores incrementos porcentuales con respecto al tratamiento 0N, respuesta que también fue detectada para el NREM y que se explica por el mejor control de enfermedades en este genotipo susceptible (Kelley 2001; Olesen *et al.* 2003).

Coincidiendo con otros autores, la removilización de N acumulado previo a antesis en la parte vegetativa explicó la mayor parte del N final en los granos con valores cercanos al 80% (Simpson *et al.* 1983; Palta & Fillery 1995; Kichey *et al.* 2007; Gaju *et al.* 2014), mostrando valores algo superiores a los documentados en el Capítulo 2 de la presente tesis y hallándose una estrecha correlación entre el NG y el NREM. Con respecto a como se conformó la acumulación de NG ante aplicaciones de fungicidas de ambos patógenos, los resultados indicaron que cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, el aporte del NREM al NG fue del 84,7% (tratamiento sin fungicida), 83,7% (TE) y 82,5% (TEC), en tanto que el NPA aportó el 15,3%, 16,3% y 17,5% del N restante para los tratamientos Sin fungicida, TE y TEC, respectivamente. Para *P.triticina* el

aporte del NREM al NG fue de 82,7% (sin fungicida), 82,1% (TE) y 81,3% (ACI), en tanto que el aporte del NPA fue del 17,3%, 17,9% y 18,7% para los tratamientos Sin fungicida, TE y TEC, respectivamente. Estos valores concuerdan con lo documentado por Bancal *et al.* (2008) que encontraron que el NREM explicó el 67 +/- 11 % del N acumulado en granos y está en línea con lo reportado por Cox *et al.* (1985a) y Barbottin *et al.* (2005).

Los mayores efectos de *P.triticina* sobre la acumulación de NG hallados en el presente trabajo concuerdan con lo documentado en el Capítulo 2 de esta tesis y por diversos autores (Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Bancal *et al.* 2008) en cuanto a que la retención de N en los tejidos afectados por este patógeno generan reducciones en NREM, sumado al efecto que genera este patógeno sobre la disminución de biomasa aérea y consecuentemente en el Nant y Ncos debido a reducciones en la radiación absorbida por tejidos verdes y en la EUR (Schierenbeck *et al.* 2016) provocan consecuentemente caídas en la NG. Debido a este comportamiento, la utilización conjunta de fungicidas y fertilización nitrogenada logran revertir este comportamiento y generan mayores incrementos porcentuales en estas variables frente a este patógeno. La retención de asimilados en pústulas y hojas infectadas ante infecciones de patógenos biotróficos ha sido ampliamente documentada en trigo y cebada (Crowdy & Mannees 1971; Ahmad *et al.* 1982; Walters 1989). Sumado a esto, Lucas (1998) reportó que la roya de la hoja provoca disturbios en el balance de nutrientes de la planta mediante el daño fisiológico que produce en las hojas, pudiendo generar reducciones tanto en la fotosíntesis como en removilización de asimilados como azúcares y aminoácidos. Por su parte, Dimmock & Gooding (2002a) y Gooding *et al.* (2005) indican que láminas enfermas ya senescentes infectadas con patógenos biotróficos (*P.triticina* y *Erisiphe graminis*) y hemibiotróficos (*S.tritici*) retienen mas N que láminas senescentes que han sido previamente tratadas con fungicidas donde el proceso de removilización hacia el grano se realiza normalmente, respuesta que indicaría los mayores niveles de NREM y NG obtenidos ante aplicaciones de fungicidas. En este sentido, las rupturas que se generan en la cutícula de las hojas ante la aparición de pústulas de *P.triticina*, incrementan la transpiración de la planta generando una senescencia prematura de los tejidos, y una consecuente retención de N estos tejidos foliares generando reducciones en el ICN y ERN por lo que es de esperar una disminución en la NREM y en el %NG y NG, tal como lo documentado en los Capítulos 2 y 3 de esta tesis. En contraposición la dinámica del N ante patógenos necrotrófos como *Py.tritici-repentis* parece ser diferente ya que no provocan una retención en los órganos vegetativos o lo hacen en menor medida (Dimmock & Gooding 2002a), respuesta que se puso de manifiesto por los menores efectos sobre el NREM, e incrementos en la ERN e ICN, respecto a *P.triticina* y menores reducciones porcentuales en el NG, que estarían explicados por efectos

sobre la acumulación y redistribución del carbohidratos, y consecuentemente en el rendimiento y la generación de biomasa, mas que sobre la dinámica del N en la planta. A partir de ésto, los resultados parecen indicar que ante infecciones con *Py.tritici-repentis*, las reducciones en el NREM, NPA y NG estarían explicadas por reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo debido a incrementos en el ABCPE y caídas en la DAFV/DAFVHB y en la radiación absorbida por tejido verde que generan reducciones en la generación de biomasa y rendimiento (Serrago *et al.* 2009; Carretero *et al.* 2010 y Schierenbeck *et al.* 2016) y consecuentemente en el Nant y Ncos.

CAPÍTULO 4

Discusión general

A. Discusión general

Las enfermedades foliares representan uno de los principales factores bióticos que afectan al trigo pan, provocando importantes mermas en el rendimiento y calidad del cultivo tanto a nivel país como a nivel mundial. En este sentido, las plantas emplean una variedad de mecanismos heredados genéticamente para proteger sus tejidos y órganos reproductivos del ataque de patógenos (Zuckerman *et al.* 1997). La tolerancia a enfermedades es un carácter particularmente deseable cuando las medidas preventivas de manejo de enfermedades son inaccesibles o ineficientes (Ney *et al.* 2013). Para un rango limitado de variedades se han encontrado diferencias en tolerancia a *M. graminicola* (Ziv & Eyal 1978; Zuckerman *et al.* 1997; Foulkes *et al.* 2006; Bancal *et al.* 2015; Castro 2016; Castro & Simón 2016). Sin embargo, no se dispone de información con respecto a la tolerancia de cultivares de trigo frente a mancha amarilla y existen pocos estudios sobre la tolerancia a roya de la hoja (Caldwell *et al.* 1958; Roberts *et al.* 1984) que representan las dos enfermedades más importantes en el cultivo de trigo en nuestro país y en varias de las regiones trigueras a nivel mundial. Además, la mayoría de los estudios han cuantificado la tolerancia a través de evaluaciones de severidad para lo cual se asume que (i) el área verde no varía entre genotipos, ambientes, dentro de la planta o a través del tiempo y (ii) que la expansión foliar no es afectada por la enfermedad. Por lo tanto, la predictibilidad del nivel de enfermedad es muy variable y es difícil extrapolarlas a otras condiciones, restringiendo su uso dado que este parámetro no considera aspectos ecofisiológicos vinculados a la generación de la biomasa y el rendimiento, poniendo de manifiesto una limitación en el grado de extrapolación ante distintos genotipos, ambientes, años y localidades (Gaunt 1995; Bryson *et al.* 1997; Paveley *et al.* 1997; Carretero 2011; Schierenbeck *et al.* 2016). Por otro lado, se ha sugerido que la tolerancia a enfermedades de trigo debería ser cuantificada no solo en función de la pérdida de rendimiento, sino también teniendo en cuenta la calidad del cultivo (Gaunt 1981). La mayoría de la evidencia en la literatura cuantifica la tolerancia en relación a la pérdida de rendimiento sin tener en cuenta la removilización, absorción post-antesis y acumulación de nitrógeno en los granos (Roberts *et al.* 1984; Zuckerman *et al.* 1997; Parker *et al.* 2004; Foulkes *et al.* 2006; Bancal *et al.* 2015; van den Berg *et al.* 2017) ni el efecto de patógenos fúngicos foliares con distintas estrategias de nutrición (biotróficos vs. necrotrofofos) sobre la dinámica del N en el cultivo. Por otro lado, la

bibliografía disponible sobre el efecto de las mezclas de fungicidas conteniendo carboxamidas sobre el rendimiento son escasos y no existen estudios del impacto de este principio activo en el control de mancha amarilla y roya de la hoja y su interacción con la fertilización nitrogenada y distintos genotipos sobre la dinámica del N en el cultivo. A partir de ésto, el principal objetivo de la presente tesis fue *“Analizar la importancia de la tolerancia a enfermedades foliares, la fertilización nitrogenada y la aplicación de diferentes fungicidas sobre el rendimiento de cultivares de trigo afectados por patógenos necrotróficos y biotróficos y su efecto sobre removilización, absorción post-antesis, % nitrógeno en granos y acumulación de nitrógeno en los granos, para permitir un control más eficiente de las enfermedades foliares en el contexto del manejo integrado”*.

A.1. Detección de tolerancia y su efecto sobre el rendimiento y la dinámica del nitrógeno en cultivares de trigo afectados por mancha amarilla y roya de la hoja

Los resultados descriptos en el Capítulo 2 demostraron que existen cultivares argentinos con tolerancia a mancha amarilla y a roya de la hoja por separado, aunque algunos, evidenciaron tolerancia a ambas enfermedades. En este sentido, si bien las enfermedades redujeron el IAFV reduciendo la tasa de crecimiento del cultivo debido a caídas en la absorción de radiación, algunos cultivares presentaron menores disminuciones de rendimiento por cada unidad en días de reducción de la DAFV. Por lo tanto, estos resultados permiten aceptar la primera y la segunda hipótesis planteadas en esta tesis: *“Existen diferencias de tolerancia a la mancha amarilla ocasionada por el patógeno necrotrófico *Py. tritici-repentis* en genotipos de trigo”* y *“Existen diferencias de tolerancia a la roya de la hoja ocasionada por el patógeno biotrófico *P. triticina* en genotipos de trigo”*. Asimismo, estos resultados también permiten aceptar la tercera hipótesis *“La tolerancia de los cultivares de trigo difiere según el hábito nutricional (necrótrofo / biótrofo) del hongo patógeno con el que interactúa”* ya que existieron algunos cultivares tolerantes a la mancha amarilla que no lo fueron a la roya de hoja, si bien dos cultivares que evidenciaron tolerancia a ambas enfermedades (BINTA 3004 y KGuerrero). En este sentido, Paveley *et al.* (2005) mencionan que algunos atributos de tolerancia podrían resultar efectivos frente a un amplio rango de patógenos. Contrariamente, Foulkes *et al.* (2006) documentaron mayor tolerancia a *P. striiformis* (biotrófico) que a *M. graminicola* (hemibiotrófico). Sin embargo, el principal inconveniente con este estudio, es que se ensayaron diferentes genotipos en diferentes ambientes, lo que en parte pudo haber explicado las diferencias de tolerancia a dichos patógenos. En el presente estudio, las diferencias de tolerancia entre patógenos de diferente hábito

nutricional, pudieron ser apropiadamente analizadas ya que se compararon ambas enfermedades directamente sobre genotipos comunes bajo el mismo ambiente.

Por otro lado, los resultados del Capítulo 2 permitieron corroborar la frecuente asociación negativa entre la tolerancia y el potencial de rendimiento de los cultivares coincidiendo con lo documentado a nivel mundial tanto en trigo (Foulkes *et al.* 1998; Newton *et al.* 1998; Parker *et al.* 2004) como en cebada (Kramer *et al.* 1980; Parker *et al.* 2004; Bingham & Topp 2009). Por ejemplo, estudios realizados por Foulkes *et al.* (1998), observaron que los cultivares que evidenciaron tolerancia demostraron tener una baja EUR. Es probable que esta asociación se deba a que aquellos genotipos de elevado potencial de rendimiento que operan cercanos a la máxima EUR, sean menos capaces de compensar las pérdidas de tejido verde sano incrementando la EUR en el tejido verde remante y por que cada unidad de IAFV que se pierde debido al efecto de patógenos foliares genera mayores reducciones en el rendimiento que en genotipos con baja EUR (bajo potencial de rendimiento). Sin embargo, esta conclusión no es tan lineal ya que podrían existir cultivares tolerantes con elevada EUR donde existan otros mecanismos de compensación que estén mediando para limitar la pérdida de rendimiento. Probablemente éste sea el motivo por el cual algunos autores como Castro (2016), Tvaruzek & Klem (1994) y Bancal *et al.* (2015) no observaron una asociación negativa entre el potencial de rendimiento del cultivar ensayado y la presencia de tolerancia, indicando que es posible obtener cultivares de elevado potencial de rendimiento con adecuados niveles de tolerancia. Si bien la mayoría de los estudios sobre tolerancia a enfermedades hallan lo contrario, ésta es una hipótesis que debería ser probada de manera más rigurosa o evaluar la tolerancia a enfermedades fúngicas foliares en un set amplio genotipos y realizar la posterior localización de QTL asociados a EUR mediante mapeo por asociación, temática que actualmente están siendo abordadas por nuestro grupo de trabajo.

Respecto al efecto diferencial que ejercieron los distintos patógenos evaluados sobre la dinámica del N en el cultivo, nuestros resultados indican que bajo las condiciones exploradas en el presente trabajo, inoculaciones con *P.triticina* generaron mayores reducciones sobre la acumulación de NG concordando con lo documentado por diversos autores (Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Bancal *et al.* 2008) en cuanto a que la disminución en la removilización de N estaría explicada por una retención de N en los tejidos afectados por este patógeno sumado al efecto que ejerce el desarrollo de la enfermedad sobre la disminución de biomasa aérea y consecuentemente en el Nant y Ncos, por caídas en la absorción de radiación y EUR (Schierenbeck *et al.* 2016) (Figura 4.1). En este sentido y coincidiendo con Cox *et al.* 1985b;

Rodgers & Barneix 1988 y Barbottin *et al.* 2005, la cantidad de N acumulado en la biomasa aérea depende de las condiciones de crecimiento del cultivo (entre ellas la presencia o ausencia de estreses que afectan la tasa de crecimiento del cultivo) y el genotipo evaluado. Disminuciones en estas variables ante incrementos en la dosis de inóculo de ambas enfermedades esta en línea con la estrecha asociación entre la producción de biomasa aérea con la acumulación de N en partes aéreas que ha sido documentada por Golik *et al.* 2003, Barbottin *et al.* 2005 y Golik *et al.* 2007. Efectos de patógenos fungicos foliares sobre estas variables han sido previamente documentados por Bancal *et al.* 2008 ante infecciones naturales de *S.tritici* y *P.triticina* y podrían ser consecuencia de una reducción en la captación de N a partir de caídas en la tasa de crecimiento del cultivo y a los efectos de las enfermedades foliares sobre el DAFV que provocan que la acumulación de Ncos se efectúe a una tasa menor y se detenga antes en cultivos enfermos. Sumado al efecto sobre la tasa de crecimiento del cultivo y sus consecuencias sobre el Nant y Ncos, en este trabajo el ERN disminuyó drásticamente en los tratamientos inoculados con roya de la hoja con respecto a los inoculados con mancha amarilla lo que generó reducciones en el ICN, lo que concuerda con lo documentado por Caldwell *et al.* (1934) que detectaron reducciones en esta variable ante infecciones de *P.triticina*. La retención de asimilados en pústulas y hojas infectadas ante infecciones de patógenos biotróficos ha sido ampliamente documentada (Crowdy & Mannees 1971; Walters 1989), implicando una importación neta de N hacia región infectada. Del mismo modo, Ahmad *et al.* 1982 encontraron más importación que exportación de N en hojas de cebada infectadas con *Puccinia hordei*. Por su parte, Lucas (1998) reportó que la roya de la hoja provoca disturbios en el balance de nutrientes de la planta mediante el daño fisiológico que produce en las hojas, pudiendo generar reducciones tanto en la fotosíntesis como en removilización de asimilados como azúcares y aminoácidos, en tanto que Dimmock & Gooding, 2002a y Gooding *et al.* 2005 indicaron que láminas enfermas ya senescentes de patógenos biotróficos (*P.triticina* y *Erisiphe graminis*) y hemibiotróficos (*S.tritici*) retienen más N que láminas senescentes que han sido previamente tratadas con fungicidas donde el proceso de removilización hacia el grano se realiza normalmente. En este sentido, las rupturas que se generan en la cutícula de las hojas ante la aparición de pústulas de *P.triticina*, incrementan la transpiración de la planta generando la consecuente senescencia prematura de los tejidos, y una consecuente retención de N estos tejidos foliares generando reducciones en el ICN y ERN por lo que es de esperar una disminución en la NREM y consecuentemente en el %NG y NG, tal como lo documentado en este trabajo (Figura 4.1). En contraposición, la dinámica del N ante patógenos necrotrófos parece ser diferente ya que no provocan una retención en los órganos vegetativos o lo hacen en menor medida (Dimmock & Gooding 2002a), respuesta que se puso de manifiesto

por los menores efectos sobre el NREM, e incrementos en la ERN e ICN, respecto a *P. triticina*, explicados por efectos sobre la acumulación y redistribución del carbohidratos, y consecuentemente en el rendimiento y generación de biomasa, mas que sobre la dinámica del N en la planta por lo que se generan aumentos en el %NG y menores reducciones porcentuales en el NG, debido a un proceso de concentración de proteína en los granos. Por su parte, no se detectaron efectos consistentes sobre el NPA ante incrementos en la dosis de inoculo de ambos patógenos, resultados que permiten aceptar la hipótesis: “Incrementos en la severidad ante inoculaciones de *P. triticina* generan reducciones en algunas de las variables vinculadas a la dinámica del N en el cultivo tales como la removilización de N, %N en grano y acumulación de N en grano superiores a *Py. tritici-repentis* a partir de reducciones en la generación de biomasa y mayores disminuciones en la ERN e ICN por retención de N en partes vegetativas y pústulas del hongo”. Estos efectos se resumen en la figura 4.1.

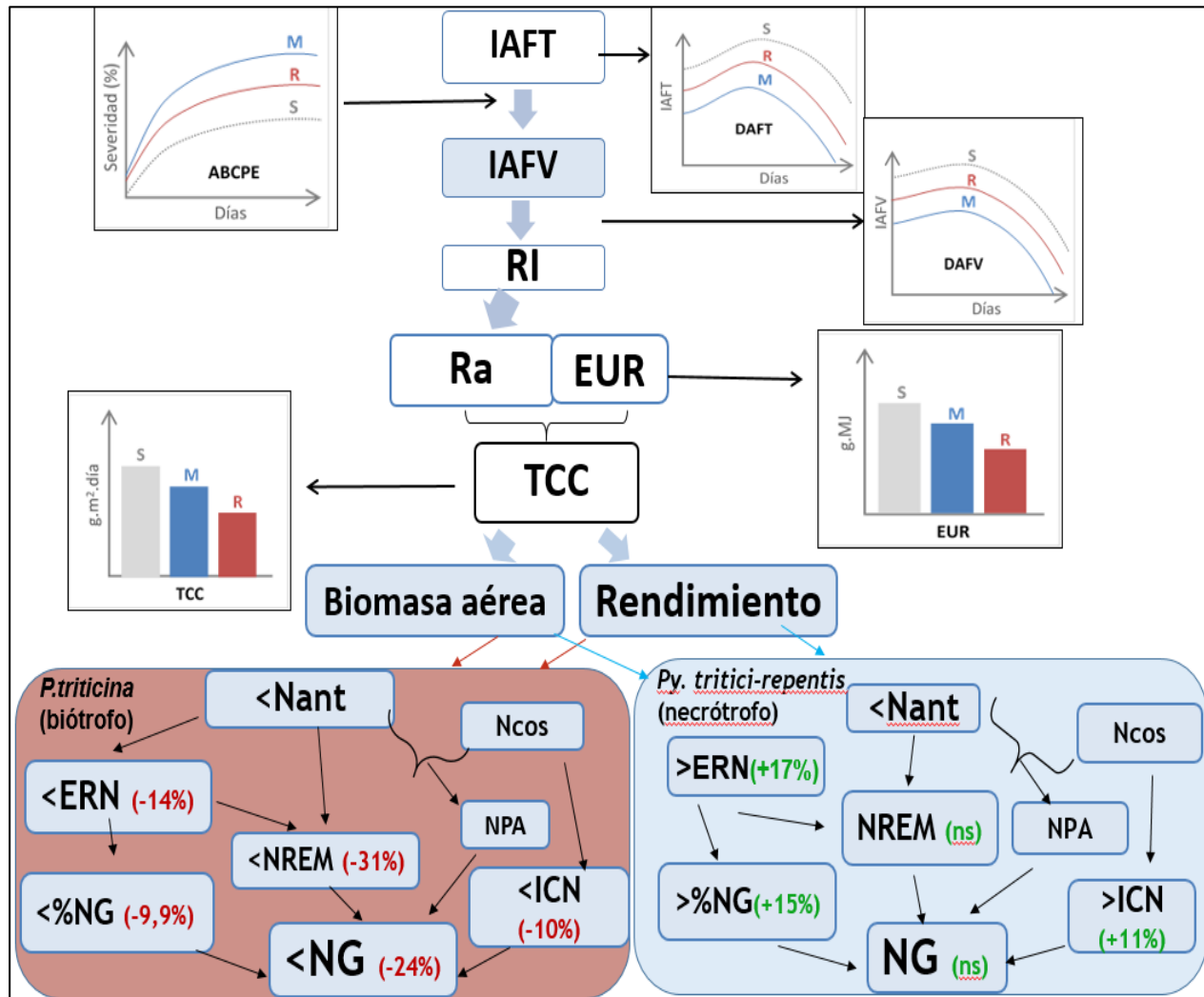


Figura 4.1. Esquema general del efecto de las enfermedades en el ensayo de tolerancia (Capítulo 2) sobre los parámetros/atributos que definen el rendimiento y la dinámica del N estudiadas en esta tesis (cuadros celestes llenos) y aquellos estudiados por Schierenbeck (2015) a partir de éste mismo ensayo (cuadros vacíos). (Ra: radiación absorbida, Ri: radiación interceptada, TCC: tasa de crecimiento del cultivo, EURi: eficiencia de uso de la radiación interceptada, EURa: eficiencia de uso de la radiación absorbida, M: Mancha amarilla, R: Roya de la hoja, S: tratamiento sano Nant: N acumulado en antesis, Ncos: N acumulado a cosecha en planta entera; NREM: N absorbido en pre-antesis posteriormente removilizado hacia los granos, NPA: N absorbido en post-antesis, %NG: %N en grano, ERN: Eficiencia en la removilización de N, ICN: Índice de cosecha de N (Adaptado de Schierenbeck, 2015 y Fleitas, 2017).

Los resultados de este trabajo indican que se han detectado atributos de tolerancia asociados a la dinámica del N ante infecciones de *Py.tritici-repentis* y *P.triticina*, información que no se ha documentado hasta el momento. En este sentido se evidenciaron efectos de la tolerancia sobre la dinámica del N en dos de las variables evaluadas (en uno de los patógenos) y tres rasgos que mostraron efecto de tolerancia para ambos patógenos (NG, ERN e ICN). Las correlaciones entre las pendientes de regresión que indican tolerancia con las variaciones de los parámetros asociados a la dinámica del N comparando la ACI con el testigo sin inocular resultaron significativas para NPA ante *P.triticina*, NREM para *Py.tritici-repentis*, y las variables NG, ICN y ERN para ambos patógenos. En este sentido, los cultivares tolerantes BINTA3004, KGuerrero y A315 experimentaron menores variaciones del NPA con respecto a los cultivares no tolerantes Bag17 y A303 ante *P.triticina*. Para el NG los genotipos tolerantes BINTA3004, SLE2330, Bag17 y A303 mostraron menores reducciones en esta variable que BSY100, Bag18 y KYarará ante *Py.tritici-repentis*, en tanto que para *P.triticina* los cultivares BINTA 3004, KGuerrero y Bag11 fueron los que menores variaciones mostraron ante incrementos en la dosis de inóculo y se diferenciaron significativamente de SLE2330, Bag17 y A303 que fueron los menos tolerantes. Por su parte, cuando NREM fue evaluado en *Py.tritici-repentis* los genotipos BINTA3004, Bag17, KGuerrero y SLE2330 mostraron menores reducciones que BSY100, Bag18 y KYarará. En ambos patógenos, el ICN y el ERN parecen ser mecanismos vinculados a tolerancia a los dos patógenos evaluados. Para roya de la hoja, los genotipos Bag11, A315, BINTA3004 y Bag17 presentaron tolerancia para el carácter ERN en tanto que SLE2330 y Bag18 se presentaron como los más intolerantes. En tanto que para Mancha amarilla, los genotipos que presentaron mejor comportamiento fueron BINTA3004, KGuerrero y SLE2330, en tanto que Bag18 y A315 fueron los mas intolerantes. Por su parte, para el ICN y cuando *Py.tritici-repentis* fue el patógeno principal, los genotipos BINTA3004, KGuerrero, SLE2330 se comportaron como tolerantes y en tanto que Bag18 y A315 fueron los mas intolerantes a esta variable ante incrementos en la dosis de inóculo de este patógeno, en tanto que para roya de la hoja, A315, BINTA3004 y Bag11 evidenciaron tolerancia para la ICN, en tanto que Bag18, SLE2330, Bag17 y A303 fueron los mas

sensibles. Cabe destacar que si se tiene en cuenta los atributos que evidenciaron tolerancia en ambos patógenos (NG, ICN y ERN), el genotipo BINTA3004 se mostró como tolerante en ambos patógenos y en los tres atributos. Por otro lado, el presente estudio demostró también que los cultivares tolerantes en rendimiento tendieron también a presentar tolerancia en los valores de la dinámica del nitrógeno. Si bien se había hipotetizado que aquellos cultivares tolerantes, al presentar menores disminuciones de rendimiento podían presentar diluciones en la concentración de N, haciéndose más intolerantes en la dinámica del N, debe también considerarse, que aquellos cultivares que presentaron tolerancia también tendieron a presentar un menor rendimiento potencial, hecho que también incide en los fenómenos de concentración y dilución. Por lo tanto la hipótesis *“Diferencias genotípicas en tolerancia condicionan un efecto distinto de estas enfermedades sobre la removilización y absorción de N al incidir en el rendimiento y por consecuencia en la concentración de N en el grano”* se rechaza.

Respecto a la relación entre grupo de calidad de los genotipos y su influencia con la dinámica del N en el cultivo, se detectó que los cultivares KYarará y SLE2330 (ambos GC1) presentaron mayores niveles de acumulación de NG respecto a los genotipos GC2 y GC3, mecanismo que estaría explicado por los mayores valores de NPA detectado en estos genotipos en los dos años evaluados, aunque no presentaron mayores niveles de NREM. Sumado a ésto, se detectó una relación significativa en ambos patógenos entre el grupo de calidad y el porcentaje de variación del %NG cuando se compararon tratamientos de inoculación extremos. En este sentido, comparando el tratamiento sin inóculo con ACI, los cultivares de mejor aptitud panadera (grupo de calidad 1) presentaron menores variaciones (positivas o negativas según el patógeno inoculado) del %NG que los de grupo de calidad 2 y 3 ante infecciones de *Py. tritici-repentis* y *P.triticina*. En este sentido, autores como Dimmock & Gooding (2002b) suponen que cultivares específicamente mejorados para calidad panadera son capaces de mantener la acumulación de N en el grano con altos rendimientos mucho más eficientemente que cultivares mejorados para galletitas (de menor aptitud panadera). Esto se debería a la mayor eficiencia para absorber y utilizar el N para generar rendimiento y calidad en los cultivares de buena aptitud panadera, cuyo mejoramiento ha sido efectuado priorizando características relacionadas con la calidad. Estos efectos se evidenciaron en los casos en que el patógeno tendió a disminuir los valores de la dinámica del N resultados que nos permitirían aceptar la hipótesis *“Cultivares de diferentes grupos de calidad presentan una acumulación diferencial de N en el grano, por lo que también presentan un efecto diferencial en la removilización y absorción de N post-antesis cuando son afectados por las mencionadas enfermedades foliares”*.

A.2. Efecto de diferentes principios activos de fungicidas y fertilización nitrogenada sobre el área foliar verde, rendimiento, la dinámica del nitrógeno frente a mancha amarilla y roya de la hoja en cultivares de trigo

Este trabajo toma en cuenta que el impacto de epidemias de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* separadamente y su interacción ante distintas dosis de N y diferentes fungicidas sobre el patrón de la removilización de N, la absorción de N post-antesis, %NG, acumulación de nitrógeno en grano no ha sido investigada hasta el momento, temáticas en la que se focalizó el capítulo 3 de la presente tesis. La fertilización nitrogenada es una práctica de manejo habitual para asegurar adecuados niveles de proteína con elevados rendimientos (Abbate 2016) en tanto que se ha establecido que el estado de nutrición nitrogenada de las plantas de trigo produce efectos sobre la severidad ante distintas enfermedades foliares (Olensen *et al.* 2000). Sin embargo la evidencia en la literatura sobre el efecto del N en el progreso de las enfermedades muestra resultados contradictorios y los mecanismos involucrados en estas respuestas son en general entendidos de manera limitada. Estas inconsistencias quizás se deban a que los mecanismos involucrados son complejos y multivariados, los cuales incluyen un efecto directo del nutriente sobre el patógeno, sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo y sobre los mecanismos de resistencia de la planta (Walters & Bingham 2007). A su vez, tanto la forma de N aplicada, el momento de aplicación como el hábito nutricional del patógeno pueden influir en los resultados. En el Capítulo 3 se observó que la fertilización nitrogenada incrementó la severidad de roya de la hoja en tratamientos desprotegidos y causó menores reducciones en la severidad en tratamientos con fungicida, en línea con lo documentado por otros autores (Daniel & Parlevliet 1995; Mascagni *et al.* 1997; Devadas *et al.* 2014; Brinkman *et al.* 2014; Germán *et al.* 2016). Ante elevadas disponibilidades de N en el suelo, y por ende en la planta, la proporción de tejidos jóvenes se incrementa, los cuales son más susceptibles que tejidos más maduros. Asimismo, hay una elevada concentración de aminoácidos en el apoplasto y en la superficie foliar lo que podría promover la germinación de esporas de *P. triticina*. Además, se ha documentado que, ante elevadas disponibilidades del nutriente, el metabolismo de algunas enzimas claves en la síntesis de compuestos fenólicos disminuye, por lo que la cantidad de lignina en la hoja disminuye (Dordas 2008). De esta manera, los principales motivos por los cuales se incrementa la susceptibilidad a patógenos biotróficos son los cambios anatómicos, bioquímicos y morfológicos de la planta junto con incremento de compuestos orgánicos nitrogenados de bajo peso molecular utilizados como sustrato por el patógeno. A su vez, incrementos en la fertilización nitrogenada pueden generar una

mayor susceptibilidad a patógenos biotróficos debido a la mayor humedad relativa dentro del cultivo generada por canopeos más densos, proceso que puede favorecer la germinación de las esporas de *P. triticina* teniendo en cuenta los menores requerimientos de humedad en cuanto a cantidad y duración en relación a patógenos necrotróficos (Moschini 2016). Por otro lado, en general se observa que el control de la roya de la hoja genera incrementos del %NG (Simón *et al.* 2012; Fleitas *et al.* 2015, 2018a).

Respecto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre la mancha amarilla, en este trabajo se observó que incrementos en la dosis de N ocasionaron disminuciones en la severidad de la enfermedad tanto en tratamientos desprotegidos como protegidos, coincidiendo con Krupinski & Tanaka (2001), Krupinsky *et al.* (2007), Carignano *et al.* (2008), Simón *et al.* (2011) y Gerard *et al.* (2015). Podría especularse que un canopeo más denso dado por mayores IAF (derivados de la aplicación de N) limite el movimiento de esporas como ha sido sugerido por Lovell *et al.* (1997) y Lovell *et al.* (2004) para el patosistema *M. graminícola*-trigo. Ante infecciones de *Py.tritici-repentis*, bajas disponibilidades de N han sido asociadas con mayor inóculo potencial de este patógeno, mayor avance de la severidad y senescencia anticipada del cultivo, tal como fue encontrado en este trabajo (Bockuz & Davis 1992; Verret 1995). Sumado a esto, otros autores (Talbot *et al.* 1999; Snoeijers *et al.* 2000; Annone 2002) indican que la susceptibilidad a hongos necrotróficos aumenta ante bajas disponibilidades de N debido a que deficiencias sustanciales de N generan plantas más débiles con una menor capacidad de defensa. Por ejemplo, se ha verificado que la limitación de N compromete la expresión de la resistencia en plantas de *Arabidopsis thaliana* (Dietrich *et al.* 2004, 2005) sugiriendo que, ante una limitación del nutriente, la planta no invierte en metabolitos de defensa que contengan el mismo, de manera que estas plantas resultan ser más susceptibles. Sin embargo, es difícil realizar generalizaciones ya que ésto depende claramente de la interacción patógeno-hospedante en particular y es un campo que requiere mayores investigaciones.

Por otro lado, la DAFV tendió a incrementarse ante dosis crecientes de N independientemente del tipo de patógeno inoculado. Sin embargo, la magnitud del incremento fue mucho más pronunciada en aquellas parcelas donde predominó la mancha amarilla, respuesta que podría estar explicada porque en las parcelas inoculadas con *Py. tritici-repentis* la DAFV no sólo se incrementó con dosis crecientes de N sino también porque presentó una menor severidad y ABCPE de mancha amarilla. Contrariamente, la DAFV no se incrementó tan marcadamente ante dosis crecientes de N porque ésto generó una mayor severidad de roya de la hoja que la disminuyó. Por lo tanto, de los resultados obtenidos en este estudio se infiere que, bajo las

condiciones exploradas en este trabajo, el efecto del N fue más importante sobre la generación de biomasa e IAFV que sobre los aumentos en la severidad causada por roya de la hoja. Diversos autores han documentado el efecto positivo del N sobre el IAFV, explicado por su efecto sobre el macollaje y la expansión foliar que juntos determinan el tamaño del canopeo (Hansen & Schjoerring 2003; De Giorgio & Fornaro 2012; Hawkesford 2014). Contrariamente, algunos autores han documentado asociaciones positivas entre la severidad de roya de la hoja y la biomasa del cultivo sugiriendo que la concentración de N en hoja fue más importante para el desarrollo de la enfermedad que para el tamaño del canopeo (Olesen *et al.* 2003). Estos autores observaron que aplicaciones tempranas de N incrementaron el NESP e IAFV pero que la severidad de la enfermedad también fue más elevada, por lo que el IAFV fue mayor en los tratamientos sin fertilizar. En este sentido, el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la biomasa del cultivo también podría condicionar la efectividad de fungicidas, dado que la misma genera canopeos densos (por mayores índices de área foliar) diluyendo la cantidad de fungicida aplicado por m² de hoja (Balardin *et al.* 2010). En este sentido, recientemente Jensen & Jørgensen (2016) mencionan que sería beneficioso ajustar la dosis de fungicida en función de la densidad/biomasa del cultivo con el fin de aplicar una dosis constante por IAF.

Siguiendo en esta línea, efectos contrastantes en la severidad de los patógenos evaluados ante incrementos en la dosis de N sumado a diferencias en el modo de nutrición de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* provocaron respuestas diferenciales en la dinámica del N, resultados que no han sido previamente documentados en la bibliografía. Estos efectos se manifestaron claramente en parcelas inoculadas con *P.triticina* donde incrementos en la dosis de N provocaron aumentos en la biomasa aérea del cultivo e incrementos en los niveles de enfermedad, por lo que se generaron menores aumentos en la DAFV, DAFVHB y consecuentemente en la NREM, NPA, rendimiento y NG respecto a *Py.tritici-repentis* donde la severidad disminuye ante dosis crecientes de N. Siguiendo con esta temática, los mayores efectos de *P.triticina* sobre la acumulación de NG hallados en el presente trabajo concuerdan con lo documentado en el capítulo 2 de esta tesis y por diversos autores (Bastiaans 1993; Kremer & Hoffmann 1993; Bancal *et al.* 2008) en cuanto a que la retención de N en los tejidos afectados por este patógeno (manifestado por disminuciones en el ERN e ICN) genera mayores reducciones en la NREM que las producidas por organismos necrótrofos, sumado al efecto que *P.triticina* genera sobre la disminución de biomasa aérea y consecuentemente en el Nant y Ncos debido a reducciones en la radiación absorbida por tejidos verdes, en la EUR y mayores reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo que *Py.tritici-repentis* (Schierenbeck *et al.* 2016) que provocan consecuentemente caídas en la NG y en el %NG. Debido a este comportamiento, la utilización conjunta de fungicidas y fertilización

nitrogenada logran revertir este comportamiento y generan mayores incrementos porcentuales en estas variables frente a este patógeno. En contraposición la dinámica del N ante patógenos necrotrófos como *Py.tritici-repentis* parece ser diferente ya que no provocan una retención en los órganos vegetativos o lo hacen en menor medida (Dimmock & Gooding 2002a), respuesta que se puso de manifiesto por los menores efectos sobre el NREM, menores variaciones en la ERN e ICN, respecto a *P.triticina* y menores reducciones porcentuales en el NG, que estarían explicados por efectos sobre la acumulación y redistribución del carbohidratos, y consecuentemente en el rendimiento, generación de biomasa, más que sobre la dinámica del N en la planta. A partir de esto, los resultados parecen indicar que ante infecciones con *Py.tritici-repentis*, las reducciones en el NREM, NPA y NG estarían explicadas por reducciones en la tasa de crecimiento del cultivo debido a incrementos en el ABCPE y caídas en la DAFV/DAFVHB y en la radiación absorbida por tejido verde que generan reducciones en la generación de biomasa y rendimiento (Serrago *et al.* 2009; Carretero *et al.* 2010 y Schierenbeck *et al.* 2016) y consecuentemente en el Nant y Ncos. Por lo antedicho, los resultados documentados en esta tesis permiten aceptar la hipótesis *“La fertilización nitrogenada causa incrementos en la severidad de la roya de la hoja y disminuciones en la mancha amarilla. Respuestas diferenciales en la severidad ante incrementos en la dosis de N, sumado al distinto hábito nutricional de los agentes causales, ocasionan un efecto diferencial de ambos patógenos sobre la removilización del N al grano, la absorción de N post-antesis, el %N en grano y su acumulación en los granos, siendo P.triticina el que provoca las mayores reducciones en estas variables”*.

Los efectos benéficos de la aplicación de fungicidas se asocian a que reducen en forma significativa el avance de la enfermedad, la que ocasiona aumentos en la clorosis, senescencia anticipada de las hojas (Bancal *et al.* 2007). En este sentido, la reducción en la severidad de patógenos foliares debido a la aplicación de fungicidas han sido asociado con aumentos del IAFV, en la DAFV y disminuciones en la severidad y ABCPE (Serrago *et al.* 2009; Schierenbeck 2015; Schierenbeck *et al.* 2016). Los resultados del Capítulo 3 demostraron que la triple mezcla TEC generó las mayores reducciones del ABCPE, y produjo los mayores incrementos en la DAFV y DAFVHB lo que se tradujo en los mayores incrementos de rendimiento, sus componentes y sobre la producción de biomasa aérea, NREM, NPA y NG por encima de la doble mezcla TE, no teniéndose evidencia hasta el momento en la bibliografía del efecto superador de la triple mezcla TEC sobre TE sobre su efecto en la dinámica del N en el cultivo y su interacción ante diversos factores (patógenos, fertilización nitrogenada y distintos genotipos) (Figura 4.2). El mejor control de la enfermedad de la molécula TEC ha sido documentado recientemente en Argentina por Carmona & Sautua (2015), quien verificó un mejor control de mancha amarilla y roya de la hoja

con el tratamiento de TEC respecto a TE, aún luego de 36 días posteriores a la aplicación. En un mismo sentido, Fleitas *et al.* (2015), quienes realizaron ensayos de eficacia residual de fungicidas foliares, indicaron que la triple mezcla de TEC proporcionó un mejor control de roya de la hoja diferenciándose de manera significativa de varias mezclas dobles de TE y observaron que dicha triple mezcla mantuvo un porcentaje de control cercano al 60% aún a los 41 días posteriores a la aplicación en un cultivar altamente susceptible a roya de la hoja (Nidera Baguette 13). Probablemente ésto se deba no sólo a un control más eficiente de la triple mezcla sino también más prolongado en el tiempo, asociado a una menor posibilidad de reinfección a lo largo del ciclo. Sumado a ésto, se ha sugerido que la aplicación de estrobilurinas y carboxamidas, generan efectos positivos sobre la fisiología vegetal que luego se traduce en mayores rendimientos y que no están asociados a un control de enfermedad (Figura 4.2). En este sentido, Smith *et al.* (2013), sugiere que además de controlar los síntomas visibles de la enfermedad, la carboxamida Fluxapyroxad es capaz de ejercer efectos positivos sobre la fisiología de la planta que involucran un aumento de la duración del tejido verde, un retraso en la senescencia, incrementos en la tasa de fotosíntesis, aumentos en la EUR e incrementos de hasta 10% en la eficiencia en el uso del agua, con efectos mas importantes ante genotipos susceptibles. Asimismo, Berdugo *et al.* (2012) verificaron que otro inhibidor de la SDH (Bixafem) demoró la senescencia de espigas y hojas durante el llenado de grano, lo que resultó en mayores rendimientos. Por su parte, Ajigboye *et al.* 2014 detectaron que la utilización de la carboxamida isopyrazam generó incrementos del 4% en el rendimiento a partir de aumentos en la eficiencia del fotosistema II e incrementos en la DAFVHB aún sin presión de enfermedades, respuesta que fue medible a las 4 horas de la aplicación del fungicida. Sin embargo, estas evidencias fueron obtenidas en condiciones controladas que distan mucho de las condiciones reales a campo donde las plantas crecen en comunidad bajo el efecto de estreses bióticos y abióticos que pueden ser muy fluctuantes. El eficiente control de enfermedades que provocaron mayores incrementos de la DAFV, DAFVHB y caídas en la ABCPE de ambos patógenos, sumados a los efectos fisiológicos positivos anteriormente descriptos podrían ser los responsables de los mayores incrementos en la biomasa aérea, Nant, Ncos y consecuentemente en la NREM, NPA y NG ante la utilización de la mezcla TEC respecto a TE, debido principalmente a mayores incrementos en la tasa de crecimiento del cultivo. Por lo antedicho los resultados de la presente tesis permite aceptar la hipótesis “*La triple mezcla fungicida de triazol-estrobilurina-carboxamida provoca incrementos superiores sobre el N removilizado, el absorbido en post-antesis y la acumulación de N en grano con respecto a la doble mezcla triazol-estrobilurinas explicado por un mayor efecto fungicida y por efectos positivos en la fisiología del cultivo*”. En la figura 4.2 se indica un cuadro resumen

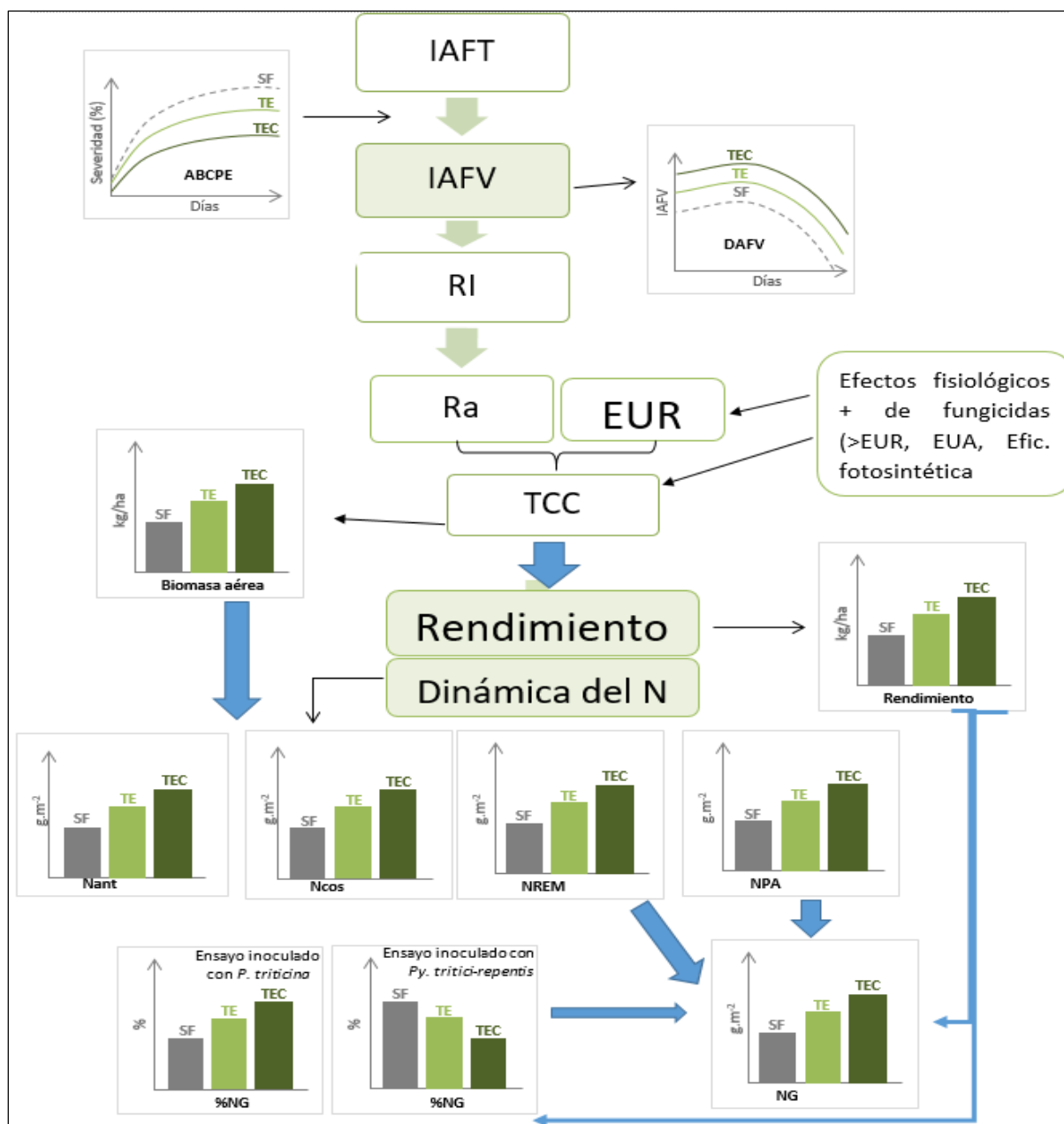


Figura 4.2. Esquema general del efecto de los fungicidas sobre las enfermedades en el ensayo de fungicidas y fertilización nitrogenada (Capítulo 3) sobre los parámetros/atributos que definen el rendimiento y dinámica del N en esta tesis (cuadros verdes llenos) (Ra: radiación absorbida, TCC: tasa de crecimiento del cultivo, EUA: Eficiencia en el uso del agua, EUR: Eficiencia en el uso de la radiación, Nant: N acumulado en antesis, Ncos: N acumulado a cosecha en planta entera; NREM: N absorbido en pre-antesis posteriormente removilizado hacia los granos, NPA: N absorbido en post-antesis, %NG: %N en grano, ERN: Eficiencia en la removilización de N, ICN: Índice de cosecha de N (Adaptado de Schierenbeck, 2015; Fleitas, 2017 y Fleitas *et al.* 2018a y b).

Con respecto al comportamiento de los genotipos, se detectó que el cultivares más susceptibles a los patógenos evaluados (Baguette 11) presentó los mayores efectos en todas las

variables analizadas ante los tratamientos sin fungicida y a partir de esto, las mayores respuestas en términos porcentuales ante la aplicación de fungicidas y N coincidiendo con lo documentado por Ruske *et al.* 2003. El cultivar Bag11 posee un germoplasma clásico de origen francés, cuyo mejoramiento ha sido efectuado priorizando el rendimiento potencial sobre características relacionadas con la calidad (Mousegne *et al.* 2001) y el comportamiento sanitario, esto se pone de manifiesto en los menores rendimientos, mayores respuestas porcentuales en el %NG y menores niveles de NREM, NPA y NG que se obtuvieron cuando este genotipo no estuvo protegido, debido a que este genotipo presentó mayor ABCPE y caídas en la DAFV/DAFVHB y en la producción de biomasa. Sumado a esto, la evaluación de este genotipo susceptible permitió discriminar eficientemente el efecto diferencial que genera la inoculación de patógenos necrotróficos y biotróficos ante incrementos en la fertilización nitrogenada, permitiendo la distinción o modelización del efecto de estos patógenos sobre la dinámica del N, sobre todo en tratamientos desprotegidos. A partir de esto, los resultados documentados en este capítulo permiten aceptar la hipótesis *“La fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas causa efectos contrastantes especialmente en los genotipos susceptibles a P.triticina y Py.tritici-repentis lo que permite distinguir el efecto de estos patógenos sobre la removilización, absorción post anthesis, % Nitrógeno y acumulación de N en grano”*.

B. Conclusiones

- Existen cultivares de trigo tolerantes a la mancha amarilla.
- Existen cultivares de trigo tolerantes a la roya de la hoja.
- Algunos cultivares presentan tolerancia a ambas enfermedades, en tanto que otros, presentan tolerancia a una sola enfermedad.
- *P.triticina* genera mayores disminuciones en la NREM y NG respecto a *Py.tritici-repentis* debido a disminuciones en en ICN y ERN a partir de retenciones de N en órganos vegetativos y pústulas del hongo que no pueden ser removilizados a los granos
- Se evidenciaron efectos de la tolerancia en el NG, ICN y ERN en ambos patógenos y además en NPA ante *P. triticina* y en NREM ante *Py. tritici-repentis*.
- Genotipos del GC1 presentaron menores variaciones en el %NG ante incrementos en la dosis de inóculo y mayores niveles de acumulación de NG en promedio respecto a los genotipos GC2 y GC3, explicado por los mayores valores de NPA detectado en estos genotipos en los dos años evaluados.
- La fertilización nitrogenada incrementa la severidad de roya de la hoja en tratamientos desprotegidos y disminuye la efectividad de los fungicidas.
- La fertilización nitrogenada disminuye la severidad de la mancha amarilla en tratamientos protegidos y desprotegidos, con mayores diferencias en los desprotegidos
- Efectos de *Py.tritici-repentis* sobre la generación de biomasa y de *P.triticina* sobre la generación de biomasa y retención de asimilados en órganos verdes reducen la ERN, NREM, NPA y NG. El doble efecto de *P.triticina* mencionado anteriormente, provoca mayores efectos sobre la dinámica del N respecto a *Py.tritici-repentis* y un efecto diferencial sobre el %NG.
- En tratamientos desprotegidos e inoculados con el organismo biótrofo *P.triticina*, incrementos en la dosis de N no provocan incrementos en el rendimiento, NREM, NPA y NG debido a aumentos en la severidad de este patógeno y caídas en la DAFV y DAFVHB
- Bag 11 evidencia las mayores respuestas en el %NG, NREM, NPA y NG ante la aplicación de fungicidas y fertilizantes
- La respuesta a inoculaciones de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* sobre el rendimiento, sus componentes y la dinámica del N en genotipos susceptibles como Baguette 11 permite identificar cuales son los mecanismos que explican la reducción de estas variables y puede servir para modelizar el efecto de estas enfermedades sobre estas variables

- Ante infecciones de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis*, los efectos fungicidas sumado a los efectos fisiológicos positivos como incrementos en la EUR, EUA y en la eficiencia fotosintética permiten que la mezcla TEC aumente en mayor medida el NREM, NPA, NG y rendimiento respecto a la doble mezcla TE

C. Consideraciones finales

En función de los resultados obtenidos en esta tesis han surgido nuevos interrogantes que sería importante estudiar en investigaciones futuras con el objetivo de mejorar el entendimiento del impacto negativo de las enfermedades foliares sobre los distintos atributos del cultivo. Algunos de estos nuevos interrogantes, que se suman a las mencionadas previamente, se enumeran a continuación:

- ✓ Profundizar en el estudio de los mecanismos fisiológicos que expliquen las disminuciones en la ERN e ICN ante infecciones de *P.triticina*
- ✓ Evaluar la tolerancia a enfermedades fúngicas foliares en un set amplio de genotipos, detectar nuevos atributos ecofisiológicos que puedan explicarla y realizar la posterior localización de estos atributos mediante mapeo por asociación
- ✓ Profundizar el estudio de los efectos fisiológicos positivos de los fungicidas como incrementos en la EUR, EUA y eficiencia fotosintética
- ✓ Incluir en modelos de simulación de crecimiento del cultivo (WHEATPEST, CROPGRO) el efecto de *P.triticina* y *Py.tritici-repentis* y su efecto sobre la dinámica del N para mejorar el entendimiento de estas enfermedades sobre la ecofisiología del cultivo

Referencias bibliográficas

- Abbate PE (2016) Cambios en la calidad de trigo en respuesta al cultivar y el ambiente. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina. Disponible en CD
- Abeledo GL, García GA, Lo Valvo P, Serrago RA, Miralles DJ (2016) Evolución de las ganancias en el rendimiento de trigo a nivel regional en argentina: ¿cómo influyen la variabilidad ambiental y el progreso genético? VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina. Disponible en CD
- Abdel-Hak T, Bassiouni AA, El-Hyatem Y, Shafik I (1987) Evaluation of fungicides for the control of yellow stripe rust of wheat. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 19: 85-96.
- Acreche MM, Slafer GA (2009) Grain weight, radiation interception and use efficiency as affected by sink-strength in Mediterranean wheats released from 1940 to 2005. *Field Crops Research*, 110: 98–105
- Adock C, Tasheva M (2012) Fluxaproxad. Disponible en: www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v2012pr01.pdf. Último acceso: Julio de 2016
- Affourtit C, Heaney SP, Moore AL (2000) Mitochondrial electron transfer in the heat pathogenic fungus *Septoria tritici*: on the role of alternative respiratory enzymes in fungicide resistance, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1459: 291–298
- Agrios GN (2005a) Introduction. En: *Plant Pathology*. Elsevier academic Press.
- Agrios GN (2005b) Genetics of Plant Disease. En: *Plant Pathology*. Elsevier academic Press.
- Ahmad I, Ower SAP, Farrar JF, Whitbread R (1982) The distribution of five major nutrients in barley plants infected with brown rust. *Physiological Plant Pathology* 21, 335-346
- Ajigboye OO, Murchie E, Ray RV (2014) Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 114: 52-60
- Alberione E (2005) Enfermedades que afectan al cultivo de trigo. Trigo en Siembra Directa -Revista técnica "El desafío es innovar". Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa. EEA Marcos Juárez. Publicado en: <http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos.php>
- Ali S, Francl LJ (2003) Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and non-cereal grasses in the Great Plains. *Plant Disease*, 87:418–422
- Ali MA, Hussain M, Khan MI, Ali Z, Zulkiffal M, Anwar J, Sabir W, Zeeshan M (2010) Source-sink relationship between photosynthetic organs and grain yield attributes during grain filling stage in spring wheat (*Triticum aestivum*), *International Journal of Agriculture and Biology*, 12:509–515.
- Anbessa Y, Juskiw P, Good A, Nyachiro J, Helm J (2009) Genetic variability in nitrogen use efficiency of spring barley. *Crop Science*, 49:1259–1269.
- Annone JG (2001a) Principales enfermedades foliares del trigo asociadas a siembra directa en Argentina Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR Montevideo, pp 73-88
- Annone JG (2001b) Criterios empleados para la toma de decisiones en el uso de fungicidas en trigo. *Revista Tecnológica Agropecuaria*, 6: 16-20.
- Annone JG, García R, Botta G, Ivancovich A (2001) Pérdidas de rendimiento ocasionadas por la "Roya de la Hoja" y la "Mancha Amarilla" del trigo: estimaciones en el norte de la Provincia de Buenos Aires. *Revista de Tecnología Agropecuaria* Vol. VI, Núm. 16. E.E.A. INTA Pergamino. pp 21-23
- Annone JG (2002) Las enfermedades foliares y de la espiga de trigo de más frecuente ocurrencia. Importancia relativa, patrones epidémicos y estrategias para su manejo. *Revista de Tecnología Agropecuaria* EEA Pergamino, 3: 28-31
- Annone JG, Botta G, Ivancovich A (1994) Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. *Actas del 2do. Congreso Nacional de Trigo y 1er. simposio Nacional de Cereales de Invierno*. pp. 205-208
- Annone JG, García R (2004) Cuantificación del efecto supresivo de la fertilización nitrogenada sobre la expresión de los síntomas de mancha amarilla en cultivares de trigo de ciclo intermedio-largo y precoz en siembra directa. VI Congreso Nacional del Trigo. pp 193-194.
- Ansar M, Cheema, Leitch MH (2010) Effect of agronomic practices on the development of septoria leaf blotch and its subsequent effect on growth and yield components of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 43: 2125-2138

- AOAC (1970) Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist. 11th Ed. Washington DC, USA, 1015 p
- Arabi MI, Jawar M, Mir Ali N (2007) The effect of *Mycosphaerella graminicola* infection on wheat protein content and quality. Cereal Research Communications, 35: 81-88
- Arregui MC, Puricelli E (2013) Fungicidas. En: Mecanismos de Acción de Plaguicidas, 1ra Edición. UNR (Ed.) Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2013. 265 p.
- Asseng S., Milroy S.P. (2006): Simulation of environmental and genetic effects on grain protein concentration in wheat. Eur. J. Agron., 25: 119–128.
- Ash GJ, Brown JF (1990) Yield losses in wheat caused by stripe rust (*Puccinia striiformis* West) in northern New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture, 30: 103-108
- Ayoub M, Guertin S, Fregeau-reid J, Smith DL (1994) Nitrogen Fertilizer on bread-making quality of hard red spring wheat in eastern of Canada. Crop Science, 34:1346-1352
- Bahrani A, Heidari H, Abad S, Aynehband A (2011) Nitrogen remobilization in wheat as influenced by nitrogen application and post-anthesis water deficit during grain filling African Journal of Biotechnology 52:10585-10594
- Bai G, Shaner G (1994) Scab of wheat: Prospects for control. Plant Disease, 78: 760-766
- Balardin R, Madalosso M, Debortoli M, Lenz G (2010) Factors affecting fungicide efficacy in the tropics. Carisse O (ed). En: Fungicides. In Tech, pp 23-38
- Bancal MO, Robert C, Ney B (2007) Modelling wheat growth and yield losses from late epidemics of foliar diseases using loss of green leaf area per layer and pre-anthesis reserves. Annals of Botany, 100: 777-789.
- Bancal MO, Roche R, Bancal P (2008) Late Foliar Diseases in Wheat Crops Decrease Nitrogen Yield Through N Uptake Rather than Through Variations in N Remobilization. Annals of Botany, 102: 579-590
- Bancal P, Bancal MO, Collin F, Gouache D (2015) Identifying traits leading to tolerance of wheat to *Septoria tritici* blotch. Field Crops Research, 180: 176-185
- Barbottin A, Lecompte C, Bouchard C, Jeuffroy MH (2005) Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. Crop Science, 45: 1141-1150
- Bastiaans L (1993) Effects of leaf blast on growth and production of a rice crop. 1. Determining the mechanism of yield reduction. Netherland Journal of Plant Pathology, 99:323-334
- Barracough PB, Howarth JR, Jones J, Lopez-Bellido R, Parmar S, Shepherd CE, Hawkesford MJ (2010) Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. European Journal of Agronomy, 33: 1–11
- Barracough PB, Lopez-Bellido R, Hawkesford MJ (2014) Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilisation of nitrogen during grain-filling in wheat. Field Crops Research, 156: 242–248
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski (2002) Review, The strobilurin fungicides. Pest Management Science, 58: 649-662
- Bayles R (1999) The interaction of strobilurin fungicides with cereal varieties. Plant Varieties and Seeds, 12: 129-140
- Bayles RA, Hilton GJ (2000) Variety as a factor in the response of cereals to strobilurins 731-738. In the Proceedings of the BCPC Conference, Brighton, UK. 13–16 Nov. 2000. British Crop Production Council, Hampshire, UK.
- Barneix AJ (2007) Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain. Journal of Plant Physiology, 164: 581–590
- Berdugo CA, Mahlein AK, Steiner U, Dehne HW, Oerke EC (2012) Sensors and imaging techniques for the assessment of the delay of wheat senescence induced by fungicides. Functional Plant Biology, 40: 677–689
- Bergamin Filho A. Carneiro SMTPG, Godoy CV, Amorim L, Berger RD, Hau B (1997) Angular leaf spot of Phaseolus beans: Relationship between disease, healthy leaf area and yield. Phytopathology, 87: 506-515
- Bhathal JS, Loughman R, Speijers J (2003) Yield Reduction in Wheat in Relation to Leaf Disease From Yellow (tan) Spot and *Septoria Nodorum* Blotch. European Journal of Plant Pathology, 109: 435-443
- Bingham IJ, Walters DR, Foulkes MJ, Paveley ND (2009) Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. Annals of Applied Biology, 154: 159-173
- Bingham IJ, Topp CFE (2009) Potential contribution of selected canopy traits to the tolerance of foliar disease by spring barley. Plant Pathology, 58:1010–1020

- Blandino M, Reyneri A (2009) Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination. *European Journal of Agronomy*, 30: 275-282
- Bockus WW, Davis MA (1993) Effect of nitrogen fertilizers on severity of tan spot on winter wheat. *Plant Disease*, 77: 508-510
- Bogard M, Allard V, Brancourt-Hulmel M, Heumez E, Machet JM, Jeuffroy MH, Gate P, Martre P, Le Gouis J (2010) Deviation from the grain protein concentration-grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat. *Journal of Experimental Botany*, 61:4303–4312.
- Bolsa de Comercio de Rosario (2017) Guía estratégica para el agro. Estimaciones de producción. Disponible en: <http://www.bcr.com.ar/pages/gea/estimaProd.aspx>. Último acceso: julio 2017
- Borlaug N (2007) Sixty-two years of fighting hunger: personal recollections. *Euphytica*, 157:287-297.
- Borrás L, Slafer GA, Otegui ME (2004) Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, 86: 131–146
- Brancourt-Hulmel M, Doussinault G, Lecomte C, Berard P, LeBuanec B, Trottet M (2003) Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science*, 43: 37–45
- Brancourt-Hulmel M, Heumez E, Pluchard P, Beghin D, Depatureaux C, Giraud A, Le Gouis J (2005) Indirect versus direct selection of winter wheat for low input or high input levels. *Crop Science*, 45:1427–1431
- Brinkman JMP, Deen W, Lauzon JD, Hooker DC (2014) Synergism of nitrogen rate and foliar fungicides in soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 106: 491-510
- Broadfoot WC (1931) Preliminary experiments on the control of cereal rusts by Kolo dust. *Phytopathology*, 21: 347-372
- Brown JKM (2003) A cost of disease resistance: paradigm or peculiarity?. *Trends in genetics*, 19: 667-671
- Brown JKM, Chartrain L, Lasserre-Zuber P, Saintenac C. (2015) Genetics of resistance to *Zymoseptoria tritici* and applications to wheat breeding. *Fungal Genetics and Biology*, 79: 33-41
- Bryson RJ, Sylvester-Bradley R, Scott RK, Paveley ND (1995) Reconciling the effects of yellow rust on yield of winter wheat through measurements of green area and radiation interception. *Aspects of Applied Biology*, 42: 9-18
- Bryson RJ, Paveley ND, Clark WS, Sylvester-Bradley R, Scott RK (1997) Use of in-field measurements of green leaf area and incident radiation to estimate the effects of yellow rust epidemics on the yield of winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 7: 53-62
- Burdon JJ, Silk J (1997) Sources and patterns of diversity in plant-pathogenic fungi. *Phytopathology*, 87: 664–9
- Byrnes BH, Bumb BL (1998) Population growth, food production and nutrient requirements. *Journal of Crop Production*, 2: 1-27
- Calderini DF, Reynolds MP, Slafer GA (2006) Source–sink effects on grain weight of bread wheat, durum wheat, and triticale at different locations. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57: 227-233
- Caldwell RM, Kraybill HR, Sullivan JT, Compton LE (1934) Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on yield, physical characters and composition of winter wheats. *Journal of Agricultural Research*, 12: 1049-1071
- Caldwell RM, Schafer JF, Compton LE, Patterson FL (1958) Tolerance to Cereal Leaf Rusts. *Science*, 128: 714-715
- Campbell CA, Davidson HR, Warder FG (1977) Effects of fertilizer and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. *Canadian Journal of Soil Science*, 57: 311-327
- Campbell CL, Madden LV (1990) *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Campbell GF, Crous PW (2003) Genetic stability of net × spot hybrid progeny of the barley pathogen *Pyrenophora teres*. *Australasian Plant Pathology*, 32: 283
- Campos PE (2014) Royas del trigo. Cordo CA, Sisterna MN (Coord). En: *Enfermedades del trigo, Avances científicos en la Argentina*, 223-244
- Carignano M, Staggenborg SA, Shroyer JP (2008) Management practices to minimize tan spot in a continuous wheat rotation. *Agronomy Journal*, 100: 145-153
- Carmona MA (2016) Roya asiática de la soja. Monitoreo, Fungicidas y su relación con la calidad de aplicación y éxito de control. Una visión desde la Fitopatología. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/tecnologiaaplicacion.pdf>. Último acceso: Noviembre de 2016

- Carmona MA, Cortese P, Ferrazzini M, Permingea O (1998) Control de la mancha amarilla. Revista CREA, 213: 54-56
- Carmona MA, Melo Reis E, Cortese P (1999) Manchas Foliares del Trigo: Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo. Gráfica Condal. Buenos Aires. pp. 32.
- Carmona MA, Sautua FJ (2015) Manual práctico para el diagnóstico de enfermedades foliares y su control con fungicidas en los cultivos de trigo y cebada. FAUBA-BASF, 85p
- Carretero R, Serrago RA, Bancal MO, Miralles DJ (2009) Importancia de las enfermedades foliares durante el período de llenado de granos. Congreso A Todo Trigo 2009. 14 y 15 de Mayo de 2009. Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina
- Carretero R, Serrago RA, Bancal MO, Perelló AE, Miralles DJ (2010) Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research, 116: 184-195
- Carretero R, Bancal MO, Miralles DJ (2011) Effect of leaf rust (*Puccinia triticina*) on photosynthesis and related processes of leaves in wheat crops grown at two contrasting sites and with different nitrogen levels. European Journal of Agronomy, 35:237-246.
- Carretero R (2011) Una aproximación mecanística al problema de las enfermedades foliares en el cultivo de trigo. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 96 pp.
- Castro AC (2016) Efecto de la tolerancia a *Zymoseptoria tritici*, la fertilización nitrogenada y distintos fungicidas sobre la expresión del rendimiento y la calidad panadera del trigo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 246 p.
- Castro AC, Simón MR (2016) Effect of tolerance to *Septoria tritici* blotch on grain yield, yield components and grain quality in Argentinean wheat cultivars. Crop Protection, 90: 66-76
- Clare RW, Spink JH, Laverick RM, Bailey J (1993) Factors affecting the quality of milling wheats produced in a high yield situation. Aspects of Applied Biology, 36:241-250
- Clark WS (1993) Interaction of winter wheat varieties with fungicide programmes and effects on grain quality. Aspects of Applied Biology, 36: 397-406
- Clarke DD (1984) Tolerance of parasitic infection in plants. En: Plant Diseases: Infection, Damage and Loss. RKS Wood, GJ Jellis (Eds). Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp 119- 127
- Cox MC, Qualset CO, Rains DW (1985a) Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. Crop Science, 25: 430-435
- Cox MC, Qualset CO, Rains DW (1985b) Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. Crop Science, 25: 435-440
- Cox WJ, Bergstrom GC, Reid WS, Sorrells ME, Otis DJ (1989) Fungicide and Nitrogen effects on winter wheat under low foliar disease severity. Crop Science, 29: 164-170
- Crawford JW, Ritz K, Young IM (1993) Quantification of fungal morphology, gaseous transport and microbial dynamics in soil: an integrated framework utilising fractal geometry. Geoderma, 56, 157–172
- Critchley CS (2001) A physiological explanation for the canopy nitrogen requirement of winter wheat. PhD Thesis. University of Nottingham, UK, 257 pp.
- CROWDY SH, MANNERS JG (1971) Microbial disease and plant productivity. Symposia of the Society of General Microbiology, 21:103-123.
- Cuniberti M, Mir L (2016) Calidad del trigo argentino. aportes de la región central del país a la producción y exportación nacional. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD
- Dalling MJ (1985) The physiological basis of nitrogen redistribution during grain filling in cereals. In: Harper JE, Schrader LE, Howell RW (Eds.), Exploration of Physiological and Genetic Variability to Enhance Crop Productivity. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. 55–71
- Daniel DL, Parlevliet JE (1995) Effects of nitrogen fertilization on disease severity and infection type of yellow rust on wheat genotypes varying in quantitative resistance. Journal of Phytopathology, 143: 679-681
- Darwich NA, Darwich GA (2004) Estrategias de fertilización para mejorar el rinde y la calidad industrial del trigo. Actas del Congreso "A Todo Trigo". 13 y 14 de Mayo de 2004, Mar del Plata Argentina. 64- 65
- Debaeke Ph; Th Aussenac; JL Fabre; A Hilaire; B Pujol & L Thuries. 1996. Grain nitrogen content of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as related to crop management and to the previous crop. European J. Agron. 5:273-286.

- De Giorgio D, Fornaro F (2012) Nitrogen Fertilization and Root Growth Dynamics in Durum Wheat. Italian Journal of Agronomy, Disponible en: <http://www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/ija.2012.e29/668>. Último acceso: Noviembre de 2016
- De la Horra AE, Seghezzo ML, Molfese, E, Ribotta PD, León AE (2012) Indicadores de calidad de las harinas de trigo: índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. Agriscientia, 29: 81-89
- Delogu G, Cattivelli L, Pecchioni N, De Falcis D, Maggiore T, Stanca AM (1998) Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy, 9: 11-20
- Devadas R, Simpfendorfer S, Backhouse D, Lamb DW (2014) Effect of stripe rust on the yield response of wheat to nitrogen. The Crop Journal, 2 (4): 201-206
- De Wolf ED, Effertz RJ, Ali S, Francl LJ (1998) Vistas of tan spot research. Canadian Journal of Plant Pathology, 20: 349-370
- De Wolf, B. 2012. Kansas State Scientist on Wheat Rust Diseases: Correctly Identifying if Fungicides Needed – or Not – is Important. Kansas State University. Disponible en: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/news/2012/WheatRustDiseases/>. Último acceso: Agosto de 2017.
- Dietrich R, Ploss K, Heil M (2004) Constitutive and induced resistance to pathogens in *Arabidopsis thaliana* depends on nitrogen supply. Plant, Cell and Environment, 27: 896-906
- Dietrich R, Ploss K, Heil M (2005) Growth responses and fitness costs after induction of pathogen resistance depend on environmental conditions. Plant, Cell and Environment, 28: 211-222
- Dimmock JPRE, Gooding MJ (2002a) The effects of fungicide on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. Journal of Agricultural Science, 138: 1-16
- Dimmock JPRE, Gooding MJ (2002b) The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: A review. Journal of Agricultural Science Vol138. pp.349-366
- Dordas C (2008) Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. Agronomy for Sustainable Development, 28: 33-46
- Dowson CG, Springham P, Rayner ADM, Boddy L (1989) Resource relationships of foraging mycelial systems of *Phanerochaete velutina* and *Hypholoma fasciculare* in soil. New Phytologist, 111, 501–509
- Duveiller E, Singh R, Nicol J (2007) The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. Euphytica, 157: 417-430
- Ehdaie B, Waines JG (2006) Larger root system increases water-nitrogen uptake and grain yield in bread wheat. The 11th International Wheat Genetics Symposium proceedings 2008 - ses.library.usyd.edu.au
- Elias E, Cantrell RG, Hansford Jr RM (1989) Heritability of resistance to tan spot in durum wheat and its association with other agronomic traits. Crop Science, 29: 299-304
- Estep LK, Torriani SFF, Zala M, Anderson NP, Flowers MD, McDonald BA, Mundt CC, Brunner PC (2015) Emergence and early evolution of fungicide resistance in North American populations of *Zymoseptoria tritici*. Plant Pathology, 64: 961–971
- Evans LT, Wardlaw IF, Fischer RA (1978) Wheat. Ed Evans, L.T. En “Crop Physiology”. Cambridge University Press, GB. pp. 101-149
- Evans LT (1999) Steps towards feeding the ten billion: a crop physiologists view. Plant Production Science, 2: 3-9
- Evans CK, Hunger RM, Siegerist WC (1999) Comparison of greenhouse and field testing to identify wheat resistant to tan spot. Plant Disease, 83:269–273
- FAO (2014) Food and Agriculture Organization. Dispoible en: <http://www.fao.org> Último acceso: Julio de 2017
- Fathi GH (2005) Effect of drought and nitrogen on remobilization of dry mater and nitrogen in six wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 36: 1093-1101
- Feller U, Fischer A (1994) Nitrogen metabolism in senescing leaves. Critical Reviews in Plant Sciences, 13: 241–273
- Fernandez MR, Clarke JM, DePauw RM (1994) Response of durum wheat kernels and leaves at different growth stages to *Pyrenophora tritici-repentis*. Plant Disease 78: 597-600.
- Fernandez MR, Clarke JM, DePauw RM, Lefkovitch LP (1996) Comparison of durum and common wheat cultivars for reaction to leaf spotting fungi in the field. Plant Disease, 80: 793–797

- Fernandez MR, Zentner RP, McConkey BG, Campbell CA (1998) Effects of crop rotations and fertilizer management on leaf spotting diseases of spring wheat in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 78: 489-496
- Fisher, RA 1985 Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agriculture Science*, 105: 447-461
- Fleitas MC (2011) Influencia de la mancha de la hoja sobre el rendimiento y variables reológicas de calidad del grano de trigo. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 46 pp
- Fleitas MC, Gerard GS, Simón MR (2015) Eficacia residual de fungicidas sobre la roya de la hoja del trigo y su efecto sobre componentes del rendimiento y porcentaje de proteínas en grano. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias*, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, 14: 69-84.
- Fleitas MC, Castro AC, Simón MR (2017) Quality and yield response to the control of *Mycosphaerella graminicola* in wheat as affected by nitrogen rate and cultivar bread-making characteristics. *Crop and Pasture Science* 68, 317-327.
- Fleitas MC, Schierenbeck M, Gerard GS, Dietz JI, Golik SI, Simón MR (2018a) Foliar diseases and wheat quality: the effect leaf rust and its control with fluxapyroxad on dough properties, gluten quality and loaf volume under three nitrogen rates. *Journal of Cereal Science* 80: 119-127. ISSN: 0733-5210
- Fleitas, MC, Schierenbeck M, Gerard GS, Dietz JI, Golik SI, Simón MR (2018b) Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. *Crop Protection* 106:201–209 ISSN: 0261-2194
- Fleitas MC (2017) Tolerancia de cultivares de trigo a mancha amarilla y roya de la hoja: su impacto en el rendimiento y calidad panadera bajo fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sistémicos. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 189 p.
- Foulkes MJ, Sylvester-Bradley R, SCOTT RK (1998) Evidence for differences between wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, 130: 29–44
- Foulkes MJ, Paveley ND, Worland A, Welham SJ, Thomas J, Snape JW (2006) Major genetic changes in wheat with potential to affect disease tolerance. *Phytopathology*, 96: 680–688
- Fountaine JM, Piotrowska M, Havis ND, Burnett FJ (2014) Fungicide resistance in *Ramularia collo-cygni*. *Proceedings Crop Protection in Northern Britain 2014*, pp 101-106
- Gaju O, Allard V, Martre P, Le Gouis J, Moreau D, Bogard M, Hubbart S, Foulkes MJ (2014) Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crops Research*, 155: 213–223
- Gallagher JN, Biscoe PV, Scott RK (1975) Barley and its environment. V. Stability of grain weight. *Journal of Applied Ecology*, 12: 319-336
- Garrido-Lestache E, López Bellido E, López Bellido L (2004) Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under Mediterranean conditions. *Field Crop Research*, 85: 213-236
- Garry G, Tivoli B, Jeuffroy MH, Citharel J (1996) Effects of Ascochyta blight by *Mycosphaerella pinodes* on the translocation of carbohydrates and nitrogenous compounds from the leaf and hull to the seed of dried-pea. *Plant Pathology*, 45: 769–777
- Gaunt RE (1981) Disease tolerance, an indicator of thresholds?. *Phytopathology*, 71: 915-916
- Gaunt RE (1995) The relationship between plant disease severity and yield. *Annu. Rev. Phytopathology* 33, 119-144.
- Gaunt RE, Wright AC (1992) Disease-yield relationship in barley. II. Contribution of stored stem reserves to grain filling. *Plant Pathology*, 41: 688–701
- GenStat for Windows (2009) 12th Edition. Copyright VSN International Ltd.
- Gerard GS, Fleitas MC, Schierenbeck M, Simón MR (2015) Eficacia de control y residualidad de terapicos de semillas sobre enfermedades foliares de trigo en distintas condiciones de fertilización nitrogenada. *Revista FAVE, Sección Ciencias Agrarias*, 14: 85-102
- Germán S, Pereyra S, Castro M, Azzimonti G, Quincke M, Kohli MM, Madariaga R, Chaves M, Campos P (2016) Las royas del trigo: situación a nivel regional y amenazas para el cultivo. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD

- Golik SI, Chidichimo HO, Pérez D, Pane L (2003) Acumulación, removilización, absorción postantesis y eficiencia de utilización de N en trigo bajo diferentes labranzas y fertilizaciones. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38 (5): 619-626.
- Golik SI, Chidichimo HO (2007) Postanthesis root activity, remobilisation and N absorption in wheat under two tillage systems and nitrogen fertilization. *Agriscientia XXIV* (1): 45-55
- Golik SI (2009) Efecto de los sistemas de labranza, fertilización nitrogenada y genotipo sobre el sistema radical en etapas avanzadas del cultivo de trigo y su incidencia en el rendimiento, calidad y sanidad. Tesis Doctorado Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 162p
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C (2010) Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812-818
- Gooding MJ, Gregory PJ, Ford KE, Pepler S (2005) Fungicide and cultivar affect post-anthesis patterns of nitrogen uptake, remobilization and utilization efficiency in wheat. *Journal of Agricultural Science*, 143: 503-518
- Gooding MJ (2006) The effect of fungicides on the grain yield and quality of wheat. *Actas del Congreso "A Todo Trigo"* 18 y 19 de Mayo de 2006, Mar del Plata, Argentina, pp. 45-52
- Gooding MJ (2007) Influence of foliar diseases and their control by fungicides on grain yield and quality in wheat. En: *Wheat Production in Stressed Environments*. HT Buck, JE Nisi, N Salomón (Eds.) Proceedings of the 7th International Wheat Conference, 27 November–2 December 2005, Mar del Plata, Argentina. Pp. 567-581
- Gooding MS, Smith SP, Davies WP, Kettlewell PS (1994) Effects of late-season applications of propiconazole and tridemorph on disease, senescence, grain development and the breadmaking quality of winter. *Crop Protection* 13: 362-370
- Gooding MJ, Davies WP (1997) Wheat production and utilization. *Systems quality and the environment*. CAB International, Wallingford, UK, 355 p.
- Gooding MJ, Dimmock JP, France RE, Jones J (2000) Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals of Applied Biology*, 136: 77-84
- Gooding MJ, Gregory PJ, Ford KE, Ruske RE (2007) Recovery of nitrogen from different sources following applications to winter wheat at and after anthesis. *Field Crops Research*, 100: 143-154
- Greaney FJ, Woodward JC, Whiteside AGO (1941) The effect of stem rust on the yield, quality, chemical composition, and milling and baking properties of Marquis wheat. *Scientific Agriculture*, 22: 40-60
- Grossmann K, Retzlaff G (1997) Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *Pesticide Science*, 50: 11-20
- Grossmann K, Kwałtowski J, Caspar G, (1999) Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *Journal Plant Physiology*, 154: 805-808
- Haberle J, Svoboda P, Raimanová I (2008). The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. *Plant, Soil and Environment*, 54: 304-312
- Hall JA, Richards RA (2013) Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research*, 143: 18-33
- Halloran GM (1981) Cultivar differences in nitrogen translocation in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32:535-544
- Hansen PM, Schjoerring JK (2003) Reflectance measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression. *Remote Sensing of Environment*, 86: 542-553
- Hanus H, Schoop P (1985) Influence of Nitrogen Fertilizing and Fungicide Treatments on Yield and Yield Variability in Wheat and Barley. - In: *Variability in Grain Yield*, 1989, 265-269. Edited by Anderson JR and Hazell PBR, Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, ISBN 0-8018-3793-6, IFPRI (USA), Dt. Stift. f. Int. Entw., Workshop Feldafing, Paper 8, 1-19
- Hawkesford MJ (2014) Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production. *Journal of Cereal Sciences*, 59: 276-283
- Hawkins N, Cools HJ, Shaw MW, Sierotzki H, Fraaije BA, 2011. Molecular mechanisms of altered fungicide sensitivity in *Rhynchosporium secalis*. In: Dehne HW, Deising HB, Gisi U, Kuck KH, Russell PE, Lyr H, eds. *Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI: Proceedings of the 16th International Reinhardtsbrunn Symposium on Modern Fungicides and Antifungal Compounds*, 2011. Braunschweig, Germany: Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, 129-34

- Hedke K, Verret JA (1999) Efficacy of single fungicide treatments in winter wheat using recommended and reduced dosages. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 106: 98–108
- Herrman TJ, Bowden RL, Loughin T, Bequette RK (1996) Quality response to the control of leaf rust in hard red winter wheat. *Cereal Chemistry*, 73: 235-238
- Horbach R, Navarro-Quesada AR, Knogge W, Deising HB (2011) When and how to kill a plant cell: Infection strategies of plant pathogenic fungi. *Journal of Plant Physiology*, 168: 51–62
- Hortensteiner S, Feller U (2002) Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. *Journal of Experimental Botany*, 53:927-937
- Huber DM, Lee TS, Ross MA, Abney TS (1987) Amelioration of tan spot infected wheat with nitrogen. *Plant Disease*, 71: 49-50
- Huerta-Espino J, Singh RP, German S, McCallum BD, Park RF, Chen WQ, Bhardwaj SC, Goyeau H (2011) Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia tritici*. *Euphytica*, 179: 143-160
- Hunt J, Poole N. 2010. Simulating leaf area duration to predict yield response to foliar fungicide in wheat and barley. In: Dove H, Culvenor RA, editors. Food security from sustainable agriculture. Proceedings of 15th Agronomy Conference; 2010 Nov; Lincoln, New Zealand.
- Ishikawa S, Hare MC, Kettlewell PS (2012) Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*, leaf senescence and yield. *The Journal of Agricultural Science*, 1-16
- Ishikawa S, Hare MC, Kettlewell PS (2012). Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: leaf area, dry matter yield and nitrogen yield. *Journal of Agricultural Science* 150, 427–441.
- Jamieson PD, SEMENOV MA (2000). Modelling nitrogen uptake and redistribution in wheat. *Field Crops Research*, 68: 21-29
- Jenner CF, Ugalde TD, Aspinall D (1991) The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology*, 18:211-226
- Jensen PK, Jørgensen LN (2016) Interactions between crop biomass and development of foliar diseases in winter wheat and the potential to graduate the fungicide dose according to crop biomass. *Crop Protection*, 81: 92-98
- Jesus Junior WC, Vale FXR, Coelho RR, Hau B, Zambolim L, Costa LC, Bergamin Filho A (2001) Effects of angular leaf spot and rust on yield loss of *Phaseolus vulgaris*. *Phytopathology*, 91:1045-1053
- Johnston HW, MacLeod JA, Clough KS (1979) Effects of cycocel (CCC) and fungicide sprays on spring wheat grown at three nitrogen levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 59: 917-929
- Jordahl JG, Francl LJ (1992) Increase and storage of cultures of *Pyrenophora tritici-repentis*. In: Francl, L.J., Krupinsky, J.M., McMullen, M.P. (Eds.), *Advances in Tan Spot Research*. Agric. Exp. Stn., Fargo, North Dakota, p. 109.
- Ali, S., Francl, L.J., 2003. Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and noncereal grasses in the Great Plains. *Plant Dis.* 87,418–422.
- Jorgensen LN, Olsen LV (2007) Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. *Crop Protection*, 26:1606-1616
- Kade M, Barneix AJ, Olmos S, Dubcovsky J (2005) Nitrogen uptake and remobilization in tetraploid Langdon durum wheat and a recombinant substitution line with the high grain protein gene Gpc-B1. *Plant Breeding*, 124:343–9.
- Keed BR, White NH (1970) Quantitative effects of leaf and stem rusts on yield and quality of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 11:550-555
- Kelley KW (1993) Nitrogen and foliar fungicide effects on winter wheat. *Journal of Production Agriculture*, 6: 53-57
- Kelley K (2001) Planting date and foliar fungicide effects on yield components and grain traits of winter wheat. *Agronomy Journal*, 93:380-389
- Kichey T, Hirel B, Heumez E, Dubois F, Le Gouis J (2007) In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlate with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field Crops Research*, 102: 22-32
- Kiehr M, Wehrhahne NL, Daddario JF, Storm A, Carmona M, Sautua F (2016) *Enfermedades de cebada en Argentina: diagnóstico y manejo*. Editor: Centro Regional de Ingenieros Agrónomos de Tres Arroyos. ISBN: 9789874634504. 128 págs
- Koeck M, Hardham AR, Dodds PN (2011) The role of effectors of biotrophic and hemibiotrophic fungi in infection. *Cellular microbiology*, 13: 1849-1857

- Kohli MM, Annone JG, Galich MTV (1995) Fusariosis de la espiga y su manejo. En: Kohli MM, Annone JG, García R (Eds.). Curso de manejo de enfermedades del trigo. INTA EEA Pergamino, Bs.As. 164- 189.
- Kover PX, Schaal BA (2002) Genetic variation for disease resistance and tolerance among *Arabidopsis thaliana* accessions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99: 11270-11274
- Kramer T, Gildemacher BH, van der Ster M, Parlevliet JE (1980) Tolerance of spring barley cultivars to leaf rust, *Puccinia hordei*. *Euphytica*, 29: 209–216
- Kremer M, Hoffmann GM (1992) Effect to *Drechslera tritici-repentis* as the cause of wheat yellow leaf spot disease on kernel yield and dry matter production. *Journal of Phytopathology*, 99: 509-605
- Kremer M, Hoffmann GM (1993) Effekte von Blattinfektionen durch *Drechslera tritici-repentis* auf den Kohlenhydrat- und Stickstoffhaushalt von Weizenpflanzen. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 100:259-277
- Krupinsky JM, Tanaka DL (2001) Leaf Spot Diseases on Winter Wheat Influenced by Nitrogen, Tillage, and Haying after a Grass–Alfalfa Mixture in the Conservation Reserve Program. *Plant Disease*, 85: 785-789
- Krupinsky JM, Halvorson AD, Tanaka DL, Merrill SD (2007) Nitrogen and tillage effects on wheat leaf spot diseases in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 99: 562-569
- Lamari L, Bernier CC (1991) Genetics of tan necrosis and extensive chlorosis in tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Phytopathology*, 81: 1092-1095
- Leitch MH, Jenkins PD (1995) Influence of nitrogen on the development of *Septoria* epidemics in winter wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 124: 361-368
- Lemmens M, Buerstmayr H, Krska R, Schumacher R, Grausgruber H, Rackenbauer P (2004) The effect of inoculation treatment and long term application of moisture on Fusarium head blight symptoms and deoxynivalenol contamination in wheat grains. *European Journal of Plant Pathology*, 110: 299–308
- Lepoint P, Renard, M, Legrève A, Duveiller E, Maraite H (2010) Genetic diversity of the mating type and toxin production genes in *Pyrenophora tritici-repentis*. *Phytopathology*, 100: 474-483
- Liaudat JP (2011) Influencia de la mancha de la hoja sobre componentes de rendimiento y concentración de proteínas en tres partes de la espiga de trigo con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 59 pp
- Lim LG, Gaunt RE (1986) The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis f. sp. hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield. *Plant Pathology*, 35:44-53
- López-Bellido RJ, Shepherd CE, Barraclough PB (2004) Predicting post anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. *European Journal of Agronomy*, 20: 313-320
- Lovell DJ, Parker SR, Hunter T, Royle DJ, Coker RR (1997) Influence of crop growth and structure on the risk of epidemics by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) in winter wheat. *Plant Pathology* 46, 126-138.
- Lovell DJ, Parker SR, Hunter T, Welham SJ, Nichols AR (2004) Position of inoculum in the canopy affects the risk of *Septoria tritici* blotch epidemics in winter wheat. *Plant Pathology* 53, 11-21
- Lu Q, Lu C (2004) Photosynthetic pigment composition and photosystem II photochemistry of wheat ears, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42:395-402
- Lucas JA (1998) *Plant Pathology and Plant Pathogens* 3rd Edition. Oxford: Blackwell Science
- Luz WC da (1984) Yield losses caused by fungal foliar wheat pathogens in Brazil. *Phytopathology*, 74:1403-1407
- Madden LV, Nutter FWJ (1995) Modeling crop losses at field scale. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 17: 124-137
- Maloy OC (2005) *Plant Disease Management*. The Plant Health Instructor, Department of Plant Pathology, Washington State University, Disponible en: <http://www.apsnet.org/EDCENTER/INTROPP/TOPICS/Pages/PlantDiseaseManagement.aspx>. Ultimo acceso: Noviembre de 2016
- Martre P, Porter JR, Jamiesone PD, Triboni E (2003) Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. *Plant Physiology*, 133: 1959-1967
- Marzani QA, Marzani P, Rossall S (2013) Correlation of the F129L mutation in *Pyrenophora teres*, the pathogen of net blotch of barley, with the efficacy of QoI fungicides. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 3: 66-72

- Mascagni HJ Jr, Harrison SA, Russin JS, Desta HM, Colyer PD, Habetz RJ, Hallmark WB, Moore SH, Rabb JL, Hutchinson RL, Boquet DJ (1997) Nitrogen and fungicide effects on winter wheat produced in the Louisiana Gulf Coast region. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 1375-1390
- Masclaux C, Valadier MH, Brugiere N, Morot-Gaudry JF, Hirel B (2000) Characterization of the sink/source transition in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) shoots in relation to nitrogen management and leaf senescence. *Planta*, 211: 510-518
- Masclaux C, Quillere I, Gallais A, Hirel A (2001) The challenge of remobilisation in plant nitrogen economy. A survey of physio-agronomic and molecular approaches. *Annals of Applied Biology*, 138:69-81
- Maydup ML, Antonietta M, Guamet JJ, Graciano C, López JR, Tambussi EA (2010) The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 119: 48–58
- McCabe T, Mulhare JJ, Byrne JJ, Mcivor A, Gallagher EJ (2001) Yield and quality improvement with strobilurin fungicides in winter wheat. *Aspects of Applied Biology*, 64:219-226
- Mc Kendry AL, Henke GE, Finney PL (1995) Effects of Septoria Leaf Blotch on Soft Red Winter Wheat Milling and Baking Quality. *Cereal Chemistry*, 72: 142-146
- McKendry AL, Tague DN, Wright RL, Tremain JA (2007) Registration of 'Bess' wheat. *Journal of Plant Registrations*, 1:21-23
- McIntosh RA, Wellings CR, Park RF (1995) Wheat rusts. An atlas of resistance genes. CSIRO Australia, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, the Netherlands.
- McIntosh RA, Yamazaki Y, Dubcovsky J, Rogers WJ, Morris CF, Appels R, Xia XC (2013) Catalogue of gene symbols for wheat. In: 12th international wheat genetic symposium, 8–13 September 2013, Yokohama. Disponible en: <https://shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/2013/GeneCatalogueIntroduction.pdf> Último acceso: Julio de 2017
- Melaj MA, Echeverría HE, López SC, Studdert G, Andrade F, Bárbaro NO (2003) Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agronomy Journal*, 95:1525-1531
- Mendgen K, Hahn M (2002) Plant infection and the establishment of fungal biotrophy. *Trends Plant Science*, 7: 352–356
- Miller MR, White A, Boots M (2006) The evolution of parasites in response to tolerance in their hosts: the good, the bad, and apparent commensalism. *Evolution*, 60: 945-56
- Miralles DJ, Slafer GA (1990) Estimación del área foliar en trigo: Generación y validación de un modelo. 11vo Congreso Nacional de Trigo. Pergamino. Cap. I: pp. 76-85
- Miralles DJ, Slafer GA (1997) Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica*, 97:201-208
- Miralles DJ, Slafer GA (1999) Wheat development. In: Satorre EH, Slafer GA (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Product Press, New York, USA, pp. 14-43
- Miralles DJ, Richards RA, Slafer GA (2000) Duration of Stem elongation period influence the number of florets in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27:931-940
- Miralles DJ, Gonzalez FG, Abeledo LG, Serrago RA, Alzueta I, García GA, de San Caledonio RP, Lo Valvo P (2014) Manual de trigo y cebada para el Cono Sur: procesos fisiológicos y bases de manejo. 1ra Edición. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. 36 pp
- Miranda M, Torres G, Santana F, Sussel A, Goulart A, Coelho M (2015) Effect of blast disease incidence on wheat technological quality. En: *Actas del 9th International Wheat Conference*, 20-25 de Septiembre, Sydney, Australia. pp 185
- Molero G, Sukumaran S, Reynolds MP (2015) Spike photosynthesis 50 years later: new tools, new game. En: *Actas del 9th International Wheat Conference*, 20-25 de Septiembre, Sydney, Australia. pp 39
- Monteith JL (1977) Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of Royal Society of London B*, pp. 277-294
- Moreno MV (2014) Enfermedades fúngicas de la lámina foliar y tallos, I. Mancha amarilla del trigo. En: *Enfermedades del trigo: Avances científicos en la Argentina*. Cordo CA & Sisterna MN, Ed. EDULP, La Plata. pp 163-172.
- Moreno MV, Perelló AE (2010) Occurrence of *Pyrenophora tritici-repentis* causing tan spot in Argentina. En: *Management of fungal plant pathogens*. Arya A, Perelló AE, Ed. CABI, United Kingdom. pp 275-290.
- Moreno MV, Stenglein SA & Perelló AE (2012) *Pyrenophora tritici-repentis*, Causal Agent of Tan Spot: A Review of Intraspecific Genetic Diversity. *The Molecular Basis of Plant Genetic Diversity*. pp. 297-330.
- Morris CF, Ferguson DL, Paulsen GM (1989) Nitrogen fertilizer management with foliar fungicide and growth regulator for hard winter wheat production. *Applied Agricultural Research*, 4: 135–140

- Moschini RC (2016) Predicción de royas del trigo. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD
- Mousegne F, Muñoz R, Polidoro OO (2001) Trigos Franceses: una alternativa productiva. EEA Pergamino. INTA Pergamino. Panorama Agrario Mundial, 25: 215-216
- Mueller DS , Bradley CA (2008) Field crop fungicides for the north central United States. North Central Integrated Pest Management Center. Disponible en: https://www.google.com.ar/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjABahUKEwi52oGyPHGAhVlkW0KHxrzBKU&url=http%3A%2F%2Fsoybeanresearchinfo.com%2Fpdf_docs%2Ffieldcropfungicides.pdf&ei=MjqxVbn5C8imNvrnk6gK&usg=AFQjCNEQwAro6wcRvXQ1WuNdmscXHf2s8g .Último acceso: Julio de 2017.
- Muhammad S, Khan AI, Aziz-ur-Rehman FSA, Rehman A (2015) Screening for leaf rust resistance and association of leaf rust with epidemiological factors in wheat (*Triticum aestivum* L). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 52: 691-700
- Munier-Jolain N, Salon C (2005) Are the carbon costs of seed production related to the quantitative and qualitative performance? An appraisal for legumes and other crops. Plant, Cell and Environment, 28:1388-1395
- Nagle BJ, Froberg RC, Hosford Jr RM (1982) Inheritance of resistance to tan spot of wheat. En: Hosford RM Jr. (Ed.). Tan spot of wheat and related diseases workshop. North Dakota Agricultural Experiment Station, Fargo. pp. 40-45
- Neumann S, Paveley ND, Beed FD, Sylvester-Bradley R (2004) Nitrogen per unit area affects the upper asymptote of *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici* epidemics in winter wheat. Plant Pathology, 53: 725-732
- Newton AC (2016) Exploitation of Diversity within Crops—the Key to Disease Tolerance? Frontiers in Plant Science, 7: 1-12
- Newton AC, Thomas WTB, Guy DC, Gaunt RE (1998) The interaction of fertiliser treatment with tolerance to powdery mildew in spring barley. Field Crops Research, 55: 45-56
- Newton, A., Guy, D. C., Gaunt, R. E., Thomas, W. T. B. 2000. The effect of powdery mildew inoculum pressure and fertilizer levels on disease tolerance in spring barley. Journal of Plant Disease and Protection 107, 67-73
- Ney B, Bancal MO, Bancal P, Bingham IJ, Foulkes J, Gouache D, Paveley N, Smith J (2013) Crop architecture and crop tolerance to fungal diseases and insect herbivory. Mechanisms to limit crop losses. European Journal of Plant Pathology, 135: 561-580
- Niks RE, Ellis PR, Parlevliet JE (1993) Resistance to parasites. En: Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I (Eds.) Plant breeding: principles and prospects, p. 422-447. London, Chapman & Hall.
- Oerke EC, Dehne HW (1997) Global crop production and the efficacy of crop protection-current situation and future trends. European Journal of Plant Pathology, 103:203-215
- Oerke EC, Dehne HW (2004) Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection, 23:275-285
- Olesen JE, Mortensen JV, Jorgensen LN, Andersen MN (2000) Irrigation strategy, nitrogen application and fungicide control in Winter wheat on a sandy soil. I. Yield, yield components and nitrogen uptake. Journal of Agricultural Science, 134:1-11.
- Olesen JE, Jorgensen LN, Petersen J, Mortensen JV (2003) Effects of rates and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. 2. Crop growth and disease development. Journal of Agricultural Science, 140: 15-29
- Oliver R, Hewitt HG (2014) Fungicide resistance. En: Fungicides in Crop Protection. Oliver R, Hewitt HG (Eds.) CABI, 2nd Edition, pp123-149
- Oliver TH, Leather SR, Cook JM (2009) Tolerance traits and the stability of mutualism. Oikos, 118: 346-352
- Osaki M, Shinano T, Matsumoto M, Zheng T, Tadano T (1997) A root-shoot interaction hypothesis for high productivity of field crops. Plant Nutrition for sustainable food production & environment: 669-674
- Palta JA, Kobata T, Turner NC, Fillery IR (1994) Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. Crop Science, 34:118-124
- Palta JA, Fillery IRP (1995) N-application enhances remobilization and reduces losses of pre-anthesis N in wheat grown on a duplex soil. Australian Journal of Agricultural Research, 46:519-531
- Papakosta DK, Garianas AA (1991) Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal, 83:864-870

- Park RF, Rees RG, Platz GJ (1988) Some effects of stripe rust infection in wheats with adult plant resistance. *Australian Journal of Agricultural Research* 39, 555-562
- Parker SR, Welham S, Paveley ND, Foulkes J, Scott RK, (2004) Tolerance of *Septoria* leaf blotch in winter wheat. *Plant Pathology*, 53: 1-10
- Pastore, M. 2009. Efecto de la fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sobre la severidad de la roya de la hoja, mancha de la hoja y mancha amarilla en trigo. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata, Argentina. 83 pp.
- Paveley ND, Lockley KD, Sylvester-Bradley R, Thomas J (1997) Determinants of fungicide spray decisions for wheat. *Pesticide Science* 49:379-388
- Paveley N, Parker S, Foulkes J, Sylvester-Bradley R, Snape J, Farrar J, Lovell D, Neumann S, Ellerbrook C, Greenhouse J (2002) Improving and exploiting self-defense against wheat diseases. En: In: *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases*, 919-924
- Paveley N, Foulkes J, Sylvester-Bradley R, Parker S, Lovell D, Snape J, Farrar J, Neumann S, Nason J, Ellerbrook C (2005) Maximising disease escape, resistance and tolerance in wheat through genetic analysis and agronomy. *Proyect report N° 358*, 22pp
- Peltonen J, Karjalainen R (1992) Effects of fungicide sprays on foliar diseases, yield, and quality of spring wheat in Finland. *Canadian Journal of Plant Science*, 72: 955-963
- Peña E, Bernaro A, Soler C, Jouve N (2005) Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and drought reological properties. *Euphytica*, 143: 169-177
- Pepler S, Gooding MJ, Ford KE, Ellis RH, Jones SA (2005a) A temporal limit to the association between flag leaf life extension by fungicides and wheat yields. *European Journal of Agronomy*, 22: 363-373
- Pepler S, Gooding MJ, Ford KE, Ellis RH, Jones SA (2005b) Delaying senescence of wheat with fungicides has interacting effects with cultivar on grain sulphur concentration but not with sulphur yield or nitrogen: sulphur ratios. *European Journal of Agronomy*, 22: 405-416
- Pepler S, Gooding MJ, Ellis RH, (2006) Modelling simultaneously water content and dry matter dynamics of wheat grains. *Field Crops Research*, 96:46-93
- Perelló AE, Moreno MV, Simón MR, Sisterna M (2003) Tan spot of wheat (*Triticum aestivum* L.) infection and different stages of crop development and inoculum type. *Crop Protection*, 22: 157-169
- Perez P, Martinez-Carrasco R, Sanchez de La Puente L (1983) Uptake and distribution of nitrogen in wheat plants supplied with different amouns of nitrogen after stem elongation. *Annals of Applied Biology*, 102: 399-406
- Perez-Lara E, Semagn K, Tran VA, Ciechanowska I, Chen H, Iqbal M, N'Diaye A, Pozniak C, Strelkov SE, Hucl PJ, Graf RJ, Randhawa H, Spaner D (2017) Population Structure and Genomewide Association Analysis of Resistance to Disease and Insensitivity to Ptr Toxins in Canadian Spring Wheat Using 90K SNP Array. *Crop Science*, 57:1522-1539
- Pierbatisti L (2016) La calidad como llave de acceso a un mercado: cuando se prima la escasez internamente de algo que sobra externamente, estamos en el horno. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016, Pergamino, Argentina, Disponible en CD
- Pierce P, Mills D (2011) Early fungicide applications: ¿What are we seeing? Crop observation and recommendation network. The Ohio State university. Newsletter Vol. 10. Disponible en: <http://corn.osu.edu/newsletters/2011/2011-10/#5>. Último acceso: Mayo de 2016
- Prescott JM, Burnett PA, Saari EE (1986) Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México. Pág 2-3
- Poole NF, Arnaudin ME (2014) The role of fungicides for effective disease management in cereal crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36 (1): 1-11
- Puppala V, Herrman TJ, Bockus WW, Loughin TM (1998) Quality responses of twelve hard red winter wheat cultivars to foliar disease across four locations in central Kansas. *Cereal Chemistry*, 75: 148-151
- Rabbinge R, Jorritsma ITM, Schans J (1985) Damage components of powdery mildew in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 91: 235-247
- Rabbinge R, Rossing WAH, van der Werf W (1990) The bridge function of production ecology in pest and disease management. In: *Theoretical Production Ecology: Reflections and Prospects* (eds R. Rabbinge, J. Goudriaan, H. van Keulen, F.W.T. Penning de Vries and H.H. van Laar). Pudoc, Wageningen, pp. 181-195
- Raymond PJ, Bockus WW (1982) An *in vitro* technique for profuse sporulation of *Drechslera tritici-repentis*. *Phytopathology* 72, 934 (Abstr.)

- Rees RG, Platz GJ (1980) The epidemiology of yellow spot of wheat in southern Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, 31: 259-267
- Rees RG, Syme JR (1981). Epidemics of stem rust and their effects on grain yield in the wheat WW15 and some of its derivatives. *Australian Journal of Agricultural Research* 32, 725–730
- Rees RG, Platz GJ, Mayer RJ (1982) Yield losses in wheat from yellow spot: Comparison of estimates derived from single tillers and plots. *Australian Journal of Agricultural Research* 33: 899–908
- Rees IG, Platz GJ (1983) Effects of yellow spot of wheat in Southern Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, 34: 39-46
- Rehfus A, Miessner S, Achenbach J, Strobel D, Bryson R, Stammli G (2016). Emergence of succinate dehydrogenase inhibitor resistance of *Pyrenophora teres* in Europe. *Pest Management Science*, 72:1977-1988
- Reis EM, Carmona MA (2013) Classification of fungicides. En: *Fungicides. Classification. Role in Disease Management and Toxicity Effects*. Editorial Nova Science Publishers, New York, USA, pp 91-104
- Reynolds M, Foulkes MJ, Slafer GA, Berry P, Parry MA, Snape JW, Angus WJ (2009) Raising wheat potential. *Journal of Experimental Botany*, 60:1899-1918.
- Roberts JJ, Hendricks LT, Patterson FL (1984) Tolerance of leaf rust in Susceptible wheat cultivars. *Phytopathology*, 74: 349-351
- Robert C, Bancal MO, Lannou C (2002) Wheat leaf rust uredospore production and carbon and nitrogen export in relation to lesion size and density. *Phytopathology*, 92: 762–768
- Robert C, Bancal MO, Lannou C (2004) Wheat leaf rust uredospore production on adult plants: influence of leaf nitrogen content and *Septoria tritici* blotch. *Phytopathology*, 94: 712–721
- Robert C, Bancal MO, Ney B, Lannou C (2005) Wheat leaf photosynthesis loss due to leaf rust, with respect to lesion development and leaf nitrogen status. *New Phytologist*, 165: 227–241
- Robert C, Bancal MO, Lannou C, Ney B (2006) Quantification of the effects of *Septoria tritici* blotch on wheat leaf gas exchange with respect to lesion age, leaf number, and leaf nitrogen status. *Journal of Experimental Botany*, 57: 225–234
- Rodgers CO, Barneix AJ (1988) Cultivar differences in the rate of nitrate uptake by intact wheat plants as related to growth rate. *Physiologia Plantarum*, 72:121-126
- Roelfs AP, Singh RP, Saari EE (1992) Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 pp.
- Ronis A, Semaškienė R, Dabkevičius Z, Liatukas Ž (2009) Influence of leaf diseases on grain yield and yield components in winter wheat. *Journal of Plant Protection Research*, 49: 151–157
- Rostami MA, Jiriaei H (1998) Nitrogen concentration profiles in wheat and its relationship to grain protein. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 29: 447-453
- Rosyara UR, Sharma RC, Duveiller E (2006) Variation of canopy temperature depression and chlorophyll content in spring wheat genotypes and association with foliar blight resistance. *Journal of Plant Breeding*, 1: 45-52
- Roth GW, Marshall HG (1987) Effects of timing of nitrogen fertilization and a fungicide on soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 79:197-200
- Roy B, Kirchner J, Christian CE, Rose LE (2000) High disease incidence and apparent disease tolerance in a North American Great Basin plant community. *Evolutionary Ecology*, 14: 421
- Rudd JR, Kanuka K, Hassani-Pak K, Derbyshire M, Andongabo A, Devonshire J, Lysenko A, Saqu M, Desai NM, Powers SJ, Hooper J, Ambroso L, Bharti A, Farmer A, Hammond-Kosack KE, Dietrich RA, Courbot M (2015) Transcriptome and metabolite profiling the infection cycle of *Zymoseptoria tritici* on wheat reveals a biphasic interaction with plant immunity involving differential pathogen chromosomal contributions and a variation in the hemibiotrophic lifestyle definition. *Plant Physiology*, 167: 1158-1185
- Ruiz RA (2001) Requerimientos de nutrientes y fertilización del cultivo. Trigo, cuaderno de actualización técnica 63, cap 3: 24- 33
- Ruske RE, Gooding MJ, Pepler S, Froggatt P (2001) Nitrogen accumulation in grains of winter wheat in response to strobilurin fungicides. *Aspects of Applied Biology and Wheat Quality*, 64: 227–234
- Ruske RE, Gooding MJ, Jones SA (2003) The effects of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole programme on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. *Crop Protection*, 22: 975-987
- Ruske RE, Gooding MJ, Dobraszczyk BJ (2004) Effects of triazole and strobilurin fungicide programmes, with and without late-season nitrogen fertilizer, on the baking quality of Malacca winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 40: 1-8

- Salvagiotti F, Miralles DJ (2008) Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. *European Journal of Agronomy*, 28:282-290
- Sarandón SJ, Golik SI, Chidichimo HO (1997) Acumulación y partición del N en dos cultivares de trigo pan ante distintos momentos de fertilización nitrogenada bajo siembra directa y labranza convencional. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*, 102: 175-186
- Sah ND (1994) Effects of leaf wetness duration and inoculum level on resistance of wheat genotypes to *Pyrenophora tritici-repentis*. *Journal of Phytopathology*, 142: 324-330
- Savary S, Teng PS, Willocquet L, Nutter FW (2006) Quantification and modelling crop losses: a review of purposes. *Annual Review of Phytopathology*, 44:89-112
- Schafer J (1971) Tolerance to plant disease. *Annual Review of Phytopathology*, 9: 235-252
- Schierenbeck M (2015) Roya de la hoja y mancha amarilla en trigo: Principales efectos sobre componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa y rendimiento. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. 220 p
- Schierenbeck M, Fleitas MC, Simón MR (2014a) Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, ISSN: 0080-2069 (impresa) y 2314369X (en línea), Pág. 247-250.
- Schierenbeck M, Fleitas MC, Cortese F, Golik SI, Simón MR (2014b) Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, ISSN: 0080-2069 (impresa) y 2314369X (en línea), Pág. 242-246.
- Schierenbeck M, Fleitas MC, Miralles DJ, Simón MR (2016) Does radiation interception or radiation use efficiency limit the growth of wheat inoculated with tan spot or leaf rust?. *Field Crop Research*, 199:65-76
- Schilder AMC, Bergstrom GC (1990) Variation in virulence within the population of *Pyrenophora tritici-repentis* in New York. *Phytopathology*, 80: 84-90
- Schilder AMC, Bergstrom GC (1994) Infection in wheat seed by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Canadian Journal of Botany*, 72: 510-519
- Semar N, Strobel D, Koch A, Klappach K, Stammer G (2007) Field efficacy of pyraclostrobin against populations of *Pyrenophora teres* containing the F129L mutation in the cytochrome b gene. *Journal of Plant Disease and Protection*, 114: 117-119
- Serrago RA, Carretero R, Bancal MO, Miralles DJ (2009) Foliar diseases affect the ecophysiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L). *European Journal of Agronomy*, 31: 95-203
- Serrago, R. 2010. Enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Un enfoque ecofisiológico de sus efectos sobre la generación de biomasa y los componentes del rendimiento. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 138 p.
- Serrago RA, Carretero R, Bancal MO, Miralles DJ (2011) Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum* L). *Field Crops Research*, 120: 352-359
- Serrago RA, Miralles DJ (2014) Source limitations due to leaf rust (caused by *Puccinia triticina*) during grain filling in wheat. *Crop and Pasture Science*, 65: 185-193
- Shabeer A, Bockus WW (1988) Tan spot effects on yield and yield components relative to growth stage in winter wheat. *Plant Disease*, 72: 599-602
- Shah SFA, McKenzie BA, Gaunt RE, Marshall JW, Frampton CM (2004) Effect of early blight (*Alternaria solani*) and different nitrogen inputs on radiation interception, radiation use efficiency, and total dry matter production in potatoes (*Solanum tuberosum*) grown in Canterbury, New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 32: 263-272
- Shaner, G., Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 67: 1051-1056.
- Sharma RC, Duveiller E, Gyawali S, Shrestha SM, Chaudhary NK, Bhatta MR (2004) Resistance to *Helminthosporium* leaf blight and agronomic performance of spring wheat genotypes of diverse origins. *Euphytica*, 139: 33-44.
- Sharma RC, Duveiller E (2006) Spot blotch continues to cause substantial grain yield reductions under resource-limited farming conditions. *Journal of Phytopathology*, 154: 482-488
- Shtienberg D, Bergeron SN, Nicholson AG, Fry WE, Ewing EE (1990) Development and evaluation of a general model for yield loss assessment in potatoes. *Phytopathology* 80: 466-472
- Shtaya MJY (2015) Sources of partial resistance to leaf rust in hard wheat landraces cultivated in Palestine. *Walailak Journal of Science and Technology*, 12: 245-250

- Simón MR (2010) Evolución histórica e importancia del trigo-Tecnología del Cultivo y Mejoramiento. Jornadas de Molinería 2010, 19 y 20 de agosto Facultad de Cs. Agr. y Ftles. 21 de Agosto Hotel Corregidor. La Plata, Argentina. 17
- Simón MR, Perelló AE, Cordo CA, Arriaga HO (1996) Influencia de la infección tardía de *Septoria tritici* Rob. ex Desm. sobre el peso de mil granos y algunos Variables de calidad en *Triticum aestivum* L. Investigación Agraria, 11: 161-171
- Simón MR, Perelló AE, Cordo CA, Struik PC (2002) Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. Crop Science, 42: 1974-1981
- Simón MR, Perelló AE, Cordo CA, Struik PC (2003) Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. Journal of Phytopathology 151: 283-289
- Simón MR, Cordo CA, Castillo NS, Struik PC, Börner A (2012) Population structure of *Mycosphaerella graminicola* and location of genes for resistance to the pathogen: Recent advances in Argentina. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy. Volume 2012, Article ID 680275.
- Simón MR, Worland AJ, Struik PC (2004) Influence of plant height and heading date on the expression of the resistance to *Septoria tritici* blotch in near isogenic lines of wheat. Crop Science, 44:2078–2085
- Simón MR, Ayala F, Terrile I, Golik S, Perelló A, Cordo CA, Chidichimo H (2011) Integrated foliar disease management to prevent yield loss in Argentinean wheat production. Agronomy Journal, 103:1441-1451
- Simpson RJ, Lambers H, Dalling MJ (1983) Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) IV. Development of a quantitative model of the translocation of nitrogen to the grain. Plant Physiology, 71: 7-14
- Sinclair TR, De Wit CT (1975) Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. Science, 189: 565–567
- Singh RP, Ma H, Rajaram S (1995) Genetic analysis of resistance to scab in spring wheat cultivar Frontana. Plant Disease, 79:238-240.
- Slafer GA, Satorre EH (1999) Wheat Ecology and Physiology of yield determination. Ed. Foods Products Press. USA. Cap 1. pp. 3
- Smith J, Grimmer M, Waterhouse S, Paveley N (2013) Quantifying the non-fungicidal effects of foliar applications of fluxapyroxad (Xemium) on stomatal conductance, water use efficiency and yield in winter wheat. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 78: 523-535
- Snouijers SS, Perez-Garcia A, Joosten MHJ, De Wit PJGM (2000) The effect of nitrogen on disease development and gene expression in bacterial and fungal plant pathogens. European Journal of Plant Pathology, 106: 493–506
- Spiertz JHJ, Ellen J (1978) Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients. Netherlands Journal of Agricultural Science, 26: 210-231
- Stammler G, Böhme F, Philippi J, Miessner S, Tegge V (2014) Pathogenicity of *Alternaria* species on potatoes and tomatoes. http://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Publications/EuroBlight_Proceedings_2014_HR.pdf, PPO – special report N° 16 – 2014, 85-96
- Stone PJ, Savin R (1999) Grain quality and its physiological determinants. En: EH Satorre, GA Slafer (Eds.) Wheat: A physiological Ecological Approach to Understand Yield and its Determining process at the crop level of organization. Food product Press, New York. pp. 85-120
- Sykes EE, Bernier CC (1991) Qualitative inheritance of tan spot resistance in hexaploid, tetraploid, and diploid wheat. Canadian Journal of Plant Pathology, 13: 38-44
- Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Wright, C.E., 1990. Physiology in the Production and Improvement of Cereals. Home-Grown Cereals Authority Research Review, vol. 18. HGCA, London.
- Talbot NJ, McCafferty HRK, Ma M, Moore K, Hamer JE (1997) Nitrogen starvation of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea* may act as an environmental cue for disease symptom expression. Physiological and Molecular Plant Pathology, 50: 179–195
- Tian D, Traw MB, Chen JQ, Kreitman M, Bergelson J (2003) Fitness costs of R-gene-mediated resistance in *Arabidopsis thaliana*. Nature, 423: 74-77
- Tvaruzek L, Klem K, (1994) Assessment of *Stagonospora nodorum* Berk. disease severity in winter wheat after inoculation. Ochrana Rostlin 30(4): 245-250
- Uauy C, Brevis JC, Dubcovsky J (2006) The high grain protein content gene Gpc-B1 accelerates senescence and has pleiotropic effects on protein content in wheat. Journal of Experimental Botany, 57: 2785-2794

- Van den Berg F, van den Bosch F, and Paveley ND (2013) Optimal fungicide application timings for disease control are also an effective anti-resistance strategy: A case study for *Zymoseptoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) on wheat. *Phytopathology*, 103: 1209-1219
- van den Berg, F., Paveley, N. D., Bingham, I. J., van den Bosch, F. 2017. Physiological traits determining yield tolerance of wheat to foliar diseases. *Phytopathology* x:x-x. (In press)
- Van Ginkel M, Rajara S (1993) Breeding for durable resistance to disease in wheat: an international perspective. In: Jacobs T, Parlevliet JE (Eds.) *Durability of disease resistance*. Dordrecht: Kluwer Academics, pp 259-272.
- Van Oijen M (1990) Photosynthesis is not impaired in healthy tissue of blighted potato plants. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 96, 55–63.
- Varga B, Svecnjak Z, Macesic D, Uher D (2005) Winter wheat cultivar responses to fungicide application are affected by nitrogen fertilization rate. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 130-137
- Verma V, Foulkes MJ, Worland, AJ, Sylvester-Bradley R, Caligari PDS, Snape JW (2004) Mapping quantitative trait loci for flag leaf senescence as a yield determinant in winter wheat under optimal and drought-stressed environments. *Euphytica*, 135:255–263
- Verreet JA, Hoffmann GM (1990) Effect of leaf and ear infection by *Septoria nodorum* at different growth stages of wheat on plant N content and amino acid composition. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 97: 1–12
- Verret, E (1995) Principles of integrated pest management. The IPM wheat model. *Pflanzenschutz Nachrichten*, Bayer 48, p 303.
- Voegele RT, Mendgen KW (2011) Nutrient uptake in rust fungi: How sweet is parasitic life?. *Euphytica* 179:41-55
- Von Tiedemann A (1996) Single and combined effects of nitrogen fertilization and ozone on fungal leaf diseases on wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 103:409-419
- Waggoner PE, Berger R (1987) Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathology*, 77: 393-398
- Walters DR (1989) Phosphorous and nitrogen fluxes between plant and fungus in parasitic associations. In *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur Utilisation by Fungi* (Eds Boddy L, Marchant R, Read D.J), pp. 131-154. Cambridge: Cambridge University Press
- Walters DR, Bingham IJ (2007) Influence of nutrition on disease development caused by fungal pathogens: implications for plant disease control. *Annals of Applied Biology*, 151: 307-324
- Wang J, Pawelzik E, Weinert J, Zhao Q, Wolf G (2004) Effect of fungicide treatment on the quality of wheat flour and breadmaking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 7593-7600
- Waterhouse S, Semar M (2012) The contribution of BASF SDHI chemistry to cereal yield performance. *Proceedings Crop Protection in Northern Britain 2012*.
- Wegulo, S.N. 2011. Tan spot of cereals. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2011-0426-01. Disponible en: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/ascomycetes/Pages/TanSpot.aspx>. Último acceso: Marzo de 2017
- Wegulo S, Stevens J, Zwingman M, Baenziger PS (2012) Yield Response to Foliar Fungicide Application in Winter Wheat, *Fungicides for Plant and Animal Diseases*, Dr. Dharumadurai Dhanasekaran (Ed.), ISBN: 978-953-307-804-5, InTech, DOI: 10.5772/25716. Available from: <http://www.intechopen.com/books/fungicides-for-plant-and-animal-diseases/yield-response-to-foliar-fungicide-application-in-winter-wheat>
- Whelan, HG, Gaunt, RE, 1990 Yield loss: disease relationships in barley crops with different yield potentials. *Proceedings of the 43rd NZ Weed and Pest Control Conference 1990*, pp. 159–162
- Whelan HG, Gaunt RE, Scott WR (1997) The effects of leaf rust (*Puccinia hordei*) on yield losses in barley (*Hordeum vulgare* L.) crops with different yield potentials. *Plant Pathology* 46:397-406
- Wiik L (2009) Control of fungal diseases in winter wheat. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. pp. 19.
- World Wheat Production (2017) World Wheat Production 2017/2018. www.worldwheatproduction.com Último acceso: Septiembre 2017
- Wright KH, Sutton JC (1990) Inoculum of *Pyrenophora tritici-repentis* in relation to epidemics of tan spot of winter wheat in Ontario. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 12: 149-157

- Wu YX, Von Tiedemann A (2001) Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 71: 1-10
- Yang XB, Zeng SM (1989) Effect of yellow rust on yield components of winter wheat in China. *Plant Pathology*, 38:1-8
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF (1974) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421
- Ziv O, Eyal Z (1978) Assessment of yield component losses caused in plants of spring wheat genotypes by selected isolates of *Septoria tritici*. *Phytopathology*, 68: 791-796
- Zuckerman E, Eshel A, Eyal Z (1997) Physiological aspects related to tolerance of spring wheat cultivars to *Septoria tritici* blotch. *Phytopathology*, 87: 60-6

Anexo I

TRABAJOS PUBLICADOS EN CONGRESOS DERIVADOS DE ESTA TESIS

A. Congresos Nacionales

- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Golik SI, Miralles DJ, Simón MR (2016) Perfiles de infección ante inoculaciones artificiales de los agentes causales de la mancha amarilla y roya de la hoja en trigo. VIII Congreso Nacional de Trigo VI, Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016 Pergamino, Argentina
- Castro AC, **Schierenbeck M**, Fleitas MC Golik SI Simón MR (2016) Efecto de patógenos de distinto hábito nutricional sobre la generación de biomasa dinámica del N y rendimiento en trigo. VIII Congreso Nacional de Trigo, VI Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016 Pergamino, Argentina
- Maydup ML, **Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR, Tambussi E (2016) Contribución de la espiga durante el llenado de granos en plantas atacadas por patógenos fúngicos. VIII Congreso Nacional de Trigo VI, Simposio de Cereales de Siembra Otoño-Invernal, II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre de 2016 Pergamino, Argentina.
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Golik SI, Simón MR (2015) Generación de biomasa y rendimiento en trigo frente a infecciones de *Puccinia triticina* y *Pyrenophora tritici-repentis*. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas, 7 al 9 de Octubre, Ciudad de Santa Fe, Argentina, Pág 130
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Golik SI, Simón MR (2015) Enfermedades fúngicas foliares en trigo: Influencia sobre variables ecofisiológicas involucradas en la generación de biomasa y rendimiento. Reunión BASF, Top Ciencia, 29 y 30 de Julio, Hotel Intercontinental de Mendoza, Argentina, Pág 135
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2014) Efecto de la roya de la hoja sobre el rendimiento y la calidad de trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Octava Reunión de Producción Vegetal y Sexta de Producción Animal del NOA, 5 6 y 7 Noviembre, San Miguel de Tucumán, Argentina
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI, Simón MR (2014) Tolerancia de la mancha amarilla del trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Octava Reunión de Producción Vegetal y Sexta de Producción Animal del NOA, 5 6 y 7 Noviembre, San Miguel de Tucumán, Argentina
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2014) Componentes ecofisiológicos involucrados en la generación de biomasa afectados por enfermedades foliares en trigo. Octava Reunión de Producción Vegetal y Sexta de Producción Animal del NOA, 5 6 y 7 Noviembre, San Miguel de Tucumán, Argentina
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Cortese F, Golik SI, Simón MR (2014) Enfermedades foliares del trigo afectan diferencialmente la absorción y removilización del nitrógeno hacia los granos. Octava Reunión de Producción Vegetal y Sexta de Producción Animal del NOA, 5 6 y 7 Noviembre, San Miguel de Tucumán, Argentina
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2014) Efecto de la tolerancia a la mancha amarilla sobre la calidad de trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Reunión BASF, Top Ciencia, 26 y 27 de Junio, Hotel Panamericano Capital Federal, Argentina, Pág 107
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Coretese F, Simón MR (2014) Enfermedades foliares fúngicas en trigo: efecto sobre la acumulación y la removilización de nitrógeno hacia los granos. Reunión BASF, Top Ciencia, 26 y 27 de Junio, Hotel Panamericano Capital Federal, Argentina, Pág 108
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Gerard GS, Simón MR (2013) Efecto de mancha amarilla y roya de la hoja sobre rendimiento y calidad comercial de trigo. Reunión BASF, Top Ciencia, 18 y 19 de Julio, Capital Federal, Argentina (Disponible en CD)
- Simón MR, Fleitas MC, **Schierenbeck M** (2013) Tolerancia a la mancha de la hoja y roya de la hoja del trigo Relación fuente/destino en cultivares de trigo con diferente tolerancia. Reunión BASF, Top Ciencia, 18 y 19 de Julio, Capital Federal, Argentina (Disponible en CD)
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2013) Efecto de mancha amarilla y roya de la hoja sobre la biomasa aérea radiación interceptada acumulada y eficiencia en el uso de la radiación de distintos cultivares trigo. Reunión BASF, Top Ciencia, 18 y 19 de Julio, Capital Federal, Argentina (Disponible en CD)

B. Congresos Internacionales

- Schierenbeck, M.**, Fleitas, M.C., Cortese, F., Golik, S.I., Simón, M.R. 2018. How biotrophic and necrotrophic pathogens affect the dynamics of nitrogen in wheat?. LACC/IGW, 4th Latin American Cereals Conference. 14-17 March, 2018. Book of Abstracts (pages 128-129). CDMX, Mexico: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).
- Fleitas, M.C., Castro, A.C., **Schierenbeck, M.**, Gerard, G.S., Dietz, J.I., Campos, P.E., Golik, S.I., Simón, M.R. 2018. Recent advances of the influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on breadmaking quality in Argentinean wheat cultivars. LACC/IGW, 13th International Gluten Workshop. 11-14 March, 2018. Book of Abstracts (page 57). CDMX, Mexico: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).
- Castro, A.C., Fleitas, M.C., **Schierenbeck, M.**, Simón, M.R. 2017. Tolerance to foliar diseases among Argentinean cultivars. 8th International Triticeae Symposium 2017-13th Gatersleben Research Conference EUCARPIA Cereals Section; 12-16 June 2017, Wernigerode-Germany. Book of abstracts page 86.
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI, Simón MR (2015) Association of disease tolerance with yield potential of wheat in the presence of tan spot and leaf rust. 9thInternational Wheat Conference, 20 al 25 de Septiembre, Sidney Australia, Pág 144
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2015) Quality response to tan spot associated with green canopy area duration in wheat. 9thInternational Wheat Conference, 20 al 25 de Septiembre, Sidney Australia, Pág 144.
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2015) Radiation use efficiency on wheat: comparative effects of biotrophic and necrotrophic fungal pathogens. 9thInternational Wheat Conference, 20 al 25 de Septiembre, Sidney Australia, Pág 143
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2015) Nitrogen fractions at harvest on wheat: comparative effects of biotrophic and necrotrophic pathogens. 9thInternational Wheat Conference, 20 al 25 de Septiembre, Sidney Australia, Pág 143
- Simón MR, Moreno MV, Jecke FA, Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Perelló A (2014) Avances en resistencia genética a mancha amarilla en trigo en Argentina. Seminario Internacional '1914-2014: Un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela', 27 al 29 de Agosto, Colonia, Uruguay, Pág 47
- Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Simón MR (2014) Efecto de la tolerancia a la mancha amarilla del trigo sobre la calidad panadera en cultivares diferente grupo de calidad. Seminario Internacional '1914-2014: Un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela', 27 al 29 de Agosto, Colonia, Uruguay, Pág 54
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2014) Eficiencia de uso de la radiación como predictor de la tolerancia a enfermedades foliares en trigo. Seminario Internacional '1914-2014: Un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela', 27 al 29 de Agosto, Colonia, Uruguay, Pág 59
- Simón MR, Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI (2014) Tolerancia a patógenos biotróficos y necrotróficos en cultivares argentinos de trigo pan. Seminario Internacional '1914-2014: Un siglo de mejoramiento de trigo en La Estanzuela', 27 al 29 de Agosto, Colonia, Uruguay, Pág 60
- Simón MR, Castro AC, Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI (2014) Tolerance to foliar diseases in wheat cultivars. Eucarpia, Cereals Section ITMI Joint Conference, June 29 - July 4, Wernigerode, Germany, Pág 274
- Fleitas MC, Gerard GS, Schierenbeck M, Simón MR (2013) Efecto de la mancha amarilla sobre el rendimiento y la calidad de trigo en cultivares de diferente grupo de calidad. Effect of tan spot on yield and breadmaking quality of wheat in different cultivars. XXII Congreso Peruano y XVII Congreso Latinoamericano de Fitopatología, 1 al 5 de Octubre, Lambayeque, Perú, Pág 28
- Simón MR, Fleitas MC, **Schierenbeck M**, Golik SI (2013) Tolerancia a la mancha amarilla y roya de la hoja del trigo: relacion fuente/destino Tolerance to tan spot and leaf rust of wheat: sink/source relationship. XXII Congreso Peruano y XVII Congreso Latinoamericano de Fitopatología, 1 al 5 de Octubre, Lambayeque, Perú, Pág 116
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Cortese F, Simón MR (2013) Efecto de patógenos fúngicos foliares con diferente hábito nutricional sobre fracciones de nitrógeno acumulado a cosecha en trigo Effect of foliar fungal pathogens with diferente nutrition habit on yield fractions at harvest. XXII Congreso Peruano y XVII Congreso Latinoamericano de Fitopatología, 1 al 5 de Octubre, Lambayeque, Perú, Pág 116
- Schierenbeck M**, Fleitas MC, Simón MR (2013) Influencia de roya de la hoja y mancha amarilla del trigo sobre la biomasa aérea y atributos fisiológicos asociados en cultivares argentino

Anexo II

Tabla 2.1. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de la severidad en hoja bandera (EC39) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Severidad en EC39 (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	0,630	0,950	1,25	0,943	0,010	0,210	0,860	0,360	3,75	1,32	0,810	1,96	1,22	2,00	2,00	1,74
KYarará	1,30	2,16	1,19	1,55	0,680	0,620	2,03	1,11	0,810	1,05	1,00	0,953	0,560	1,67	2,05	1,43
SLE2330	2,98	3,16	4,57	3,57	1,70	3,83	7,76	4,43	1,62	1,33	3,00	1,98	7,00	8,00	8,67	7,89
Bag11	2,94	7,06	5,24	5,08	0,290	0,640	3,65	1,53	1,11	1,33	1,00	1,15	0,330	1,60	0,750	0,893
BSY100	0,650	2,89	1,98	1,84	0,970	1,26	1,38	1,20	2,97	1,67	3,00	2,55	3,67	5,00	6,67	5,11
A303	1,78	1,14	2,22	1,71	1,51	0,440	1,35	1,10	0,490	1,33	1,00	0,940	0,620	0,930	1,06	0,870
Bag17	1,25	1,92	3,59	2,25	0,570	1,09	2,24	1,30	0,830	2,17	2,00	1,67	0,620	0,630	1,19	0,813
Bag18	0,600	1,63	1,86	1,36	0,330	1,31	1,23	0,957	0,560	0,650	0,250	0,487	0,330	0,600	1,90	0,943
BINTA3004	1,46	2,73	2,70	2,30	1,25	1,46	1,98	1,56	1,10	1,67	3,56	2,11	0,570	0,790	0,700	0,687
KGuerrero	0,680	1,92	1,70	1,43	1,37	1,29	1,16	1,27	0,620	1,00	1,00	0,87	0,510	0,430	1,70	0,880
Inoculación \bar{x}	1,43	2,56	2,63		0,868	1,22	2,36		1,39	1,35	1,66		1,54	2,17	2,67	
Patógeno \bar{x}	2,20				1,48				1,47				2,13			
Año \bar{x}	1,84								1,80							
LSD Año × Patógeno × Cultivar= 1,32**																

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 2.2. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de la severidad en antesis (EC60) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Severidad en EC60 (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	4,76	15,0	5,14	8,30	8,54	12,9	18,9	13,5	22,3	22,7	22,3	22,4	20,3	36,0	29,3	28,6
KYarará	5,13	11,6	12,4	9,72	10,8	22,6	22,2	18,5	16,0	15,3	21,3	17,6	15,3	25,0	26,0	22,1
SLE2330	7,75	14,5	17,0	13,1	12,9	12,7	14,2	13,3	23,0	37,7	47,0	35,9	39,3	45,0	42,7	42,3
Bag11	10,3	15,6	25,7	17,2	12,3	22,9	22,5	19,2	13,3	15,3	15,3	14,7	16,7	16,3	17,7	16,9
BSY100	6,65	14,4	11,7	10,9	12,7	17,0	17,1	15,6	18,3	28,0	25,0	23,8	18,3	29,3	27,3	25,0
A303	4,37	11,2	10,1	8,57	9,34	11,2	15,7	12,1	23,7	20,7	37,3	27,2	22,7	20,7	29,7	24,3
Bag17	13,3	16,3	31,0	20,2	17,7	14,9	24,0	18,8	3,27	17,0	24,7	15,0	5,00	33,3	33,7	24,0
Bag18	6,78	19,3	20,3	15,5	16,1	20,3	22,2	19,5	2,67	30,3	29,7	20,9	13,0	33,0	32,3	26,1
BINTA3004	16,1	19,3	28,3	21,2	10,7	15,9	20,5	15,7	10,0	20,3	15,3	15,2	14,7	24,3	26,0	21,7
KGuerrero	3,25	11,4	6,35	7,00	5,77	14,4	15,6	11,9	6,00	11,0	15,3	10,8	10,3	12,3	11,0	11,2
Inoculación \bar{x}	7,83	14,9	16,8		11,7	16,5	19,3		13,9	21,8	25,3		17,6	27,5	27,6	
Patógeno \bar{x}	13,2				15,8				20,3				24,2			
Año \bar{x}	14,5								22,3							
LSD	Año × Patógeno × Cultivar= 6,02*; Año × Inoculación × Cultivar= 7,37**															

Tabla 2.3. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de la severidad en grano pastoso (EC82) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Severidad en EC82 (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	66,4	78,7	86,9	77,3	78,0	85,9	86,7	83,5	26,7	35,4	34,3	32,1	31,4	35,1	30,7	32,4
KYarará	63,6	74,8	80,9	73,1	74,7	90,6	92,1	85,8	43,7	64,2	60,5	56,1	57,1	77,2	77,2	70,5
SLE2330	70,9	81,6	88,6	80,4	85,7	84,5	88,1	86,1	41,5	54,2	62,5	52,7	55,9	72,5	77,2	68,5
Bag11	72,3	80,1	94,1	82,1	80,3	89,7	94,3	88,1	15,7	48,9	49,5	38,0	49,5	61,9	59,9	57,1
BSY100	72,3	83,9	90,3	82,1	82,1	84,7	86,7	84,5	53,7	76,7	78,1	69,5	49,1	69,7	71,6	63,5
A303	67,0	78,3	82,8	76,0	77,0	82,0	85,4	81,5	20,5	23,5	44,5	29,5	21,5	53,2	63,5	46,1
Bag17	72,5	81,1	96,4	83,3	79,5	85,0	94,9	86,5	26,7	46,7	57,4	43,6	38,4	73,1	72,9	61,5
Bag18	73,4	85,3	92,3	83,7	85,4	91,7	97,7	91,6	24,7	71,4	73,6	56,6	37,7	100	97,5	78,4
BINTA3004	78,5	84,5	89,3	84,1	80,1	85,5	93,4	86,3	30,4	38,1	44,1	37,5	42,7	65,1	62,6	56,8
KGuerrero	61,6	73,8	85,6	73,6	65,3	80,0	86,9	77,4	25,2	31,2	30,8	29,1	39,5	43,2	66,5	49,8
Inoculación \bar{x}	69,8	80,2	88,7		78,8	86,0	90,6		30,9	49,0	53,5		42,3	65,1	68,0	
Patógeno \bar{x}	79,6				85,1				44,5				58,4			
Año \bar{x}	82,4								51,5							
LSD	Año = 24,4*; Inoculación = 3,14** ; Cultivar= 5,76** ; Año × Inoculación= 22,0* ; Año × Cultivar= 18,6** ; Año × Inoculación × Cultivar= 19,5 [‡]															

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[‡]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 2.4. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

ABCPE																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	1220	1681	1574	1492	1500	1743	1910	1718	815	860	885	853	753	1102	1110	988
KYarará	1189	1544	1655	1463	1509	2065	2091	1888	729	1036	1127	964	943	1380	1406	1243
SLE2330	1389	1735	1925	1683	1752	1744	1876	1791	960	1413	1725	1366	1532	1844	1849	1742
Bag11	1475	1772	2238	1828	1636	2057	2150	1948	471	866	869	735	776	1085	1081	981
BSY100	1364	1770	1799	1644	1682	1832	1869	1794	1002	1347	1405	1251	961	1435	1430	1275
A303	1230	1581	1638	1483	1517	1638	1814	1656	741	716	1300	919	732	1024	1332	1029
Bag17	1539	1762	2395	1899	1758	1784	2184	1909	362	890	1268	840	520	1508	1520	1183
Bag18	1386	1903	2046	1778	1814	2031	2176	2007	325	1422	1428	1058	686	1783	1757	1409
BINTA3004	1710	1900	2203	1938	1601	1822	2070	1831	552	866	841	753	778	1228	1237	1081
KGuerrero	1103	1519	1585	1402	1233	1690	1833	1585	404	581	672	552	648	730	960	779
Inoculación \bar{x}	1361	1717	1906		1600	1841	1997		636	1000	1152		833	1312	1368	
Patógeno \bar{x}	1661				1813				929				1171			
Año \bar{x}	1737								1050							
LSD Año= 268*; Patógeno= 152*; Inoculación= 50,0**; Cultivar= 94,0**; Año × Inoculación= 224 [†] ; Año × Cultivar= 204**; Inoculación × Cultivar= 161**; Año × Patógeno × Inoculación= 216 [†] ; Año × Patógeno × Cultivar= 254*; Año × Inoculación × Cultivar= 264**																

Tabla 2.5. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del índice de área foliar verde (IAFV) en hoja bandera (EC39) un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFV en EC39																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	7,31	6,67	4,95	6,31	8,41	6,67	6,41	7,16	5,97	5,03	4,49	5,17	5,06	4,46	3,73	4,42
KYarará	9,17	5,94	5,31	6,81	7,93	7,43	6,84	7,40	5,95	4,44	4,20	4,86	6,28	5,07	4,91	5,42
SLE2330	6,01	5,19	5,12	5,44	9,34	7,30	6,19	7,61	5,72	3,98	4,25	4,65	4,13	3,90	3,78	3,94
Bag11	7,25	6,01	4,23	5,83	8,99	7,51	6,65	7,72	6,09	3,46	3,29	4,28	6,18	4,68	5,83	5,57
BSY100	7,59	6,09	5,16	6,28	7,05	6,98	6,74	6,92	5,92	4,61	4,31	4,94	5,16	4,34	3,77	4,42
A303	6,81	6,43	5,61	6,28	9,94	7,43	6,20	7,85	6,42	6,00	4,57	5,66	5,92	4,80	4,75	5,16
Bag17	7,37	6,42	6,25	6,68	8,82	7,52	6,48	7,61	6,59	5,23	4,58	5,47	5,70	5,06	5,01	5,26
Bag18	7,79	6,42	6,30	6,83	9,61	7,45	6,90	7,99	5,76	4,27	2,93	4,32	6,29	3,75	4,49	4,84
BINTA3004	7,23	5,05	4,37	5,55	8,25	7,11	7,01	7,46	6,00	5,19	4,12	5,10	5,88	4,00	4,12	4,67
KGuerrero	8,09	6,79	5,92	6,93	8,87	7,20	6,86	7,64	5,54	4,60	4,40	4,85	9,64	5,87	5,91	7,14
Inoculación \bar{x}	7,46	6,10	5,32		8,72	7,26	6,63		6,00	4,68	4,11		6,02	4,59	4,63	
Patógeno \bar{x}	6,29				7,54				4,93				5,08			
Año \bar{x}	6,91								5,01							
LSD Inoculación= 0,261**; Año × Patógeno × Cultivar= 0,924**																

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 2.6. Medias de la interacción *Año* × *Patógeno* × *Inoculación* × *Cultivar* del índice de área foliar verde (IAFV) en antesis (EC60) un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFV en EC60																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	5,74	4,45	3,53	4,57	7,10	4,48	3,52	5,03	4,77	4,05	3,36	4,06	3,40	3,00	2,43	2,94
KYarará	5,21	4,53	4,19	4,65	5,53	4,21	3,23	4,32	5,06	4,49	3,28	4,28	4,81	3,78	2,91	3,83
SLE2330	4,96	3,93	3,43	4,11	5,20	3,78	3,26	4,08	4,33	3,31	2,26	3,30	3,01	2,18	2,09	2,43
Bag11	4,08	3,31	2,12	3,17	4,76	3,44	3,47	3,89	5,49	4,18	3,07	4,24	3,98	3,26	2,99	3,41
BSY100	4,20	3,00	2,62	3,28	4,63	4,12	3,94	4,23	4,51	4,05	3,31	3,96	3,34	2,64	1,70	2,56
A303	5,14	4,21	3,26	4,20	5,74	5,21	4,66	5,20	6,17	4,77	2,94	4,63	3,63	3,23	2,67	3,18
Bag17	4,11	3,16	2,42	3,23	5,30	3,50	2,51	3,77	6,48	4,06	3,67	4,74	4,90	3,23	2,54	3,56
Bag18	4,38	2,95	2,66	3,33	4,36	3,80	3,29	3,82	5,87	3,19	3,00	4,02	4,38	2,61	2,52	3,17
BINTA3004	3,38	2,74	2,08	2,73	5,06	3,44	3,01	3,83	6,36	4,24	3,23	4,61	5,07	3,89	3,09	4,02
KGuerrero	6,37	3,89	3,27	4,51	6,07	4,76	3,91	4,91	6,68	5,33	3,01	5,01	5,38	4,29	3,81	4,49
Inoculación \bar{x}	4,76	3,62	2,96		5,37	4,07	3,48		5,57	4,17	3,11		4,19	3,21	2,67	
Patógeno \bar{x}	3,78				4,31				4,28				3,36			
Año \bar{x}	4,04								3,84							
ISD	Año × Patógeno × Inoculación= 0.393*: Año × Patógeno × Cultivar= 0.613†: Año × Inoculación × Cultivar= 0.750‡															

Tabla 2.7. Medias de la interacción *Año* × *Patógeno* × *Inoculación* × *Cultivar* del índice de área foliar verde (IAFV) en grano pastoso (EC82) un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFV en EC82																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	0,575	0,330	0,145	0,350	0,351	0,187	0,179	0,239	1,64	1,13	0,840	1,20	1,51	1,11	0,857	1,16
KYarará	0,507	0,281	0,124	0,304	0,354	0,087	0,065	0,169	0,667	0,275	0,253	0,398	0,087	0,00	0,00	0,029
SLE2330	0,408	0,233	0,104	0,248	0,192	0,142	0,089	0,141	0,700	0,384	0,204	0,429	0,274	0,046	0,00	0,107
Bag11	0,406	0,293	0,052	0,250	0,404	0,092	0,056	0,184	1,07	0,426	0,232	0,577	0,399	0,188	0,145	0,244
BSY100	0,496	0,156	0,059	0,237	0,306	0,076	0,041	0,141	1,14	0,508	0,438	0,696	0,811	0,515	0,429	0,585
A303	0,516	0,393	0,224	0,378	0,393	0,265	0,254	0,304	1,35	1,10	0,549	0,999	0,950	0,311	0,172	0,478
Bag17	0,425	0,203	0,037	0,222	0,462	0,070	0,022	0,185	1,78	0,817	0,578	1,06	0,931	0,505	0,529	0,655
Bag18	0,327	0,121	0,046	0,165	0,142	0,024	0,007	0,058	1,45	0,416	0,302	0,724	1,03	0,006	0,207	0,415
BINTA3004	0,138	0,065	0,057	0,087	0,149	0,039	0,020	0,069	1,68	0,715	0,563	0,987	0,971	0,446	0,533	0,650
KGuerrero	0,474	0,296	0,135	0,302	0,658	0,176	0,104	0,313	1,02	0,660	0,494	0,725	0,589	0,379	0,222	0,397
Inoculación \bar{x}	0,427	0,237	0,098		0,341	0,116	0,084		1,25	0,643	0,445		0,755	0,350	0,309	
Patógeno \bar{x}	0,254				0,180				0,780				0,472			
Año \bar{x}	0,217								0,626							
LSD	Año \times Patógeno \times Inoculación= 0,129 [‡] ; Año \times Inoculación \times Cultivar= 0,231 [*]															

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[‡]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 2.8. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar duración del área foliar verde (DAFV) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

DAFV (días)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	215	173	133	174	255	172	145	191	191	159	135	161	149	129	105	128
KYarará	217	168	152	179	212	170	140	174	187	153	123	154	179	141	120	147
SLE2330	182	146	131	153	213	159	136	169	168	123	101	131	117	93	89	100
Bag11	170	139	90	133	202	151	144	166	202	136	108	149	163	128	135	142
BSY100	178	130	110	139	181	164	157	167	179	147	127	151	141	113	85	113
A303	195	166	133	165	234	198	173	202	224	185	123	177	158	130	115	134
Bag17	172	137	114	141	215	153	118	162	237	158	140	178	183	135	119	146
Bag18	181	130	121	144	193	159	141	164	211	124	103	146	180	101	109	130
BINTA3004	148	112	90	117	199	147	135	160	227	161	124	170	189	136	121	149
KGuerrero	236	160	134	177	238	183	158	193	222	177	122	174	235	166	154	185
Inoculación \bar{x}	189	146	121		214	165	145		205	152	121		169	127	115	
Patógeno \bar{x}	152				175				159				137			
Año \bar{x}	163								148							
LSD Año × Patógeno= 32,3 [‡] ; Inoculación= 6,39 ^{**} ; Cultivar= 9,32 ^{**} ; Patógeno × Inoculación= 22,3 [‡] ; Patógeno × Cultivar = 23,1 [‡] ; Año × Cultivar= 13,2 ^{**} ; Inoculación × Cultivar= 16,4 [‡] ; Año × Patógeno × Inoculación= 12,8 [‡] ; Año × Patógeno × Cultivar= 32,7 ^{**}																

Tabla 2.9. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de la tasa de caída del índice de área foliar verde (IAFV) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Tasa de caída del IAFV entre EC39-EC82 (IAFV/día)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	-0,170	-0,160	-0,120	-0,150	-0,210	-0,170	-0,160	-0,180	-0,090	-0,080	-0,070	-0,080	-0,070	-0,070	-0,060	-0,067
KYarará	-0,220	-0,150	-0,130	-0,167	-0,190	-0,190	-0,170	-0,183	-0,110	-0,080	-0,080	-0,090	-0,120	-0,100	-0,100	-0,107
SLE2330	-0,140	-0,130	-0,130	-0,133	-0,230	-0,180	-0,160	-0,190	-0,100	-0,070	-0,080	-0,083	-0,080	-0,080	-0,080	-0,080
Bag11	-0,180	-0,150	-0,110	-0,147	-0,220	-0,190	-0,170	-0,193	-0,100	-0,060	-0,060	-0,073	-0,120	-0,090	-0,110	-0,107
BSY100	-0,180	-0,150	-0,130	-0,153	-0,170	-0,180	-0,170	-0,173	-0,100	-0,080	-0,080	-0,087	-0,090	-0,080	-0,070	-0,080
A303	-0,160	-0,160	-0,140	-0,153	-0,240	-0,180	-0,150	-0,190	-0,100	-0,100	-0,080	-0,093	-0,100	-0,090	-0,090	-0,093
Bag17	-0,180	-0,160	-0,160	-0,167	-0,210	-0,190	-0,170	-0,190	-0,100	-0,090	-0,080	-0,090	-0,100	-0,090	-0,090	-0,093
Bag18	-0,190	-0,160	-0,160	-0,170	-0,240	-0,190	-0,180	-0,203	-0,090	-0,080	-0,050	-0,073	-0,110	-0,070	-0,090	-0,090
BINTA3004	-0,180	-0,130	-0,110	-0,140	-0,210	-0,180	-0,180	-0,190	-0,090	-0,090	-0,070	-0,083	-0,100	-0,070	-0,070	-0,080
KGuerrero	-0,200	-0,170	-0,150	-0,173	-0,210	-0,180	-0,170	-0,187	-0,090	-0,080	-0,080	-0,083	-0,180	-0,110	-0,110	-0,133
Inoculación \bar{x}	-0,180	-0,152	-0,134		-0,213	-0,183	-0,168		-0,097	-0,081	-0,073		-0,107	-0,085	-0,087	
Patógeno \bar{x}	-0,155				-0,188				-0,084				-0,093			
Año \bar{x}	-0,172								-0,088							
LSD	Año = 0,027*; Patógeno= 0,011*; Año × Patógeno= 0,015*; Inoculación = 0,006** ; Año × Inoculación= 0,008** Cultivar= 0,011**; Patógeno × Cultivar= 0,017*; Año × Patógeno × Cultivar= 0,023**; Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar= 0,037 [‡]															

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[‡]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 2.10. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del número de granos totales (NGT) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

NGT (granos/m ²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	18959	15644	15605	16736	19243	14716	16156	16705	18564	13324	14217	15368	9688	12790	12331	11603
KYarará	23206	19559	19267	20677	19246	17693	18110	18350	14309	10804	9963	11692	15074	13300	14666	14347
SLE2330	25010	19863	19807	21560	28409	26329	19509	24749	17333	20631	16967	18310	15058	14909	14351	14773
Bag11	20424	20899	15925	19083	19571	16357	17198	17709	16331	13897	11769	13999	13542	15954	15304	14933
BSY100	22818	18116	15125	18686	19264	17917	17386	18189	16103	13884	14649	14879	11012	13257	12318	12196
A303	16263	17778	15887	16643	18874	18140	15667	17560	17944	15354	11725	15008	13536	11289	11421	12082
Bag17	17760	17504	18433	17899	23901	18957	18418	20425	18199	15634	14244	16026	15824	16202	12308	14778
Bag18	21987	22100	17784	20624	23043	21809	20652	21835	19732	13843	13948	15841	13643	16412	14794	14950
BINTA3004	13049	12916	12301	12755	15178	14139	11935	13751	13960	13024	12480	13155	11918	13127	13372	12806
KGuerrero	19931	18707	17284	18641	20399	18911	15548	18286	12629	8588	8526	9914	12324	13058	14419	13267
Inoculación \bar{X}	19941	18309	16742		20713	18497	17058		16510	13898	12849		13162	14030	13528	
Patógeno \bar{X}	18330				18756				14419				13573			
Año \bar{X}	18543								13996							
LSD	Inoculación= 1679*; Cultivar= 1221**; Año × Cultivar= 6443**; Año × Patógeno × Cultivar= 5927**															

Tabla 2.11. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del número de granos por espiga (NGE) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

NGE (granos/espiga)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	33,0	27,3	26,6	28,9	30,2	25,6	26,7	27,5	32,1	26,0	24,1	27,4	30,5	27,1	26,5	28,0
KYarará	33,8	34,4	32,1	33,5	27,6	26,3	26,5	26,8	38,3	28,6	29,4	32,1	36,1	32,7	29,3	32,7
SLE2330	49,0	43,3	43,9	45,4	48,8	44,5	43,3	45,5	47,4	37,6	35,0	40,0	44,1	38,5	33,2	38,6
Bag11	37,1	36,8	36,8	36,9	27,9	27,4	28,2	27,8	37,6	29,7	31,0	32,8	38,8	33,1	32,6	34,8
BSY100	37,7	36,2	35,4	36,5	34,6	31,7	30,7	32,3	36,2	30,8	35,7	34,2	41,9	35,3	29,5	35,5
A303	30,3	30,7	29,9	30,3	30,9	28,6	26,2	28,6	30,6	31,6	25,0	29,1	35,1	28,3	27,2	30,2
Bag17	36,7	37,0	36,7	36,8	39,9	31,2	33,7	34,9	38,6	29,0	28,8	32,1	44,4	35,5	32,7	37,5
Bag18	43,9	41,6	40,0	41,8	36,2	33,6	33,5	34,4	42,0	38,5	39,0	39,8	47,0	38,7	35,0	40,2
BINTA3004	26,3	26,5	26,9	26,5	27,2	24,7	23,7	25,2	43,8	34,0	29,1	35,6	44,6	37,7	29,5	37,3
KGuerrero	44,6	44,8	42,5	44,0	42,2	37,9	34,9	38,3	43,6	30,5	36,4	36,8	48,9	38,5	32,9	40,1
Inoculación \bar{X}	37,2	35,9	35,1		34,5	31,1	30,7		39,0	31,6	31,3		41,1	34,5	30,8	
Patógeno \bar{X}	36,1				32,1				34,0				35,5			
Año \bar{X}	34,1								34,7							
LSD	Inoculación= 1,53**; Cultivar= 1,64**; Año × Inoculación= 3,43* ; Año × Cultivar= 3,47**; Patógeno × Cultivar= 3,78*; Año × Patógeno × Cultivar= 4,81*															

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 2.12. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del peso de mil granos (PMG) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

PMG (g)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	34,0	31,4	31,3	32,2	33,9	31,5	32,7	32,7	35,7	36,9	36,5	36,4	38,8	33,1	35,5	35,8
KYarará	32,7	28,0	29,7	30,1	33,3	29,3	30,1	30,9	37,1	35,8	36,6	36,5	39,1	36,2	36,0	37,1
SLE2330	24,0	23,7	24,1	23,9	26,7	26,9	26,9	26,8	32,9	31,6	33,2	32,6	31,7	30,3	31,0	31,0
Bag11	30,3	29,7	29,4	29,8	31,0	31,6	30,5	31,0	36,7	34,1	35,5	35,4	39,5	35,0	34,2	36,2
BSY100	35,3	31,9	31,2	32,8	40,6	34,6	34,7	36,6	39,9	35,9	36,4	37,4	40,1	35,0	38,1	37,8
A303	34,5	33,6	34,4	34,2	35,7	32,3	33,9	34,0	36,8	37,0	35,8	36,5	37,9	36,6	36,2	36,9
Bag17	32,2	31,1	31,6	31,6	32,2	32,9	31,4	32,2	38,7	34,0	35,1	35,9	40,3	35,2	35,5	37,0
Bag18	30,9	27,2	27,7	28,6	33,2	27,2	27,2	29,2	38,0	31,6	34,2	34,6	40,3	33,6	34,7	36,2
BINTA3004	27,7	26,4	27,6	27,2	29,5	28,8	29,2	29,2	38,1	36,0	37,2	37,1	38,8	35,5	37,6	37,3
KGuerrero	32,7	30,4	31,2	31,4	35,4	31,3	31,0	32,6	39,9	38,7	39,6	39,4	45,6	38,6	38,5	40,9
Inoculación \bar{X}	31,4	29,3	29,8		33,1	30,6	30,8		37,4	35,2	36,0		39,2	34,9	35,7	
Patógeno \bar{X}	30,2				31,5				36,2				36,6			
Año \bar{X}	30,9								36,4							
LSD Año= 2,87*; Inoculación= 0,453**; Cultivar= 0,771**; Patógeno × Inoculación= 2,50*; Año × Cultivar= 2,51**; Inoculación × Cultivar= 1,33**; Año × Patógeno × Cultivar= 2,94* ; Año × Inoculación × Cultivar= 2,43 [‡]																

Tabla 2.13. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del rendimiento en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

Rendimiento en grano (kg/ha)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	Sin inóculo	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	6077	4612	4599	5096	6160	4358	4969	5162	6180	4603	4788	5190	3535	3969	4107	3870
KYarará	7193	5286	5364	5948	6032	4872	5078	5327	4982	3621	3335	3979	5547	4516	4935	4999
SLE2330	5652	4425	4482	4853	7111	6650	4924	6228	5392	6084	5297	5591	4486	4211	4175	4291
Bag11	5845	5809	4400	5351	5765	4867	4906	5179	5569	4382	3896	4616	5023	5244	4934	5067
BSY100	7504	5444	4493	5814	7356	5889	5653	6299	6004	4631	4982	5206	4150	4395	4398	4314
A303	5283	5613	5125	5340	6329	5518	4980	5609	6201	5257	3902	5120	4834	3916	3882	4211
Bag17	5419	5115	5467	5334	7321	5875	5399	6198	6614	4887	4663	5388	5963	5298	4129	5130
Bag18	6388	5631	4633	5551	7273	5615	5275	6054	7020	3956	4450	5142	5210	5188	4827	5075
BINTA3004	3461	3195	3185	3280	4224	3885	3266	3792	4996	4401	4326	4574	4351	4387	4730	4489
KGuerrero	6125	5347	5076	5516	6843	5562	4476	5627	4724	3170	3136	3677	5273	4744	5204	5074
Inoculación \bar{X}	5895	5048	4682		6441	5309	4893		5768	4499	4278		4837	4587	4532	
Patógeno \bar{X}	5208				5548				4848				4652			
Año \bar{X}	5378								4750							
LSD Inoculación= 511**; Cultivar= 400**; Año × Cultivar= 1810**; Patógeno × Cultivar= 1126 [‡] ; Año × Patógeno × Cultivar= 1783**																

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[‡]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 2.14. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del Contenido de nitrógeno en antesis (%Nant) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Contenido de nitrógeno en antesis (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	1,14	1,14	1,36	1,21	1,26	1,19	1,22	1,22	1,65	1,54	1,41	1,53	1,41	1,49	1,46	1,45
Yarará	1,15	1,22	1,23	1,20	1,43	1,16	1,17	1,25	1,58	1,45	1,47	1,50	1,41	1,40	1,56	1,46
Le 2330	1,15	1,18	1,06	1,13	1,26	0,992	1,09	1,11	1,66	1,64	1,50	1,60	1,50	1,49	1,47	1,49
Bag 11	1,14	1,26	1,17	1,19	1,38	1,30	1,19	1,289	1,59	1,51	1,50	1,53	1,39	1,48	1,37	1,42
SY 100	0,992	1,14	1,13	1,09	0,953	0,963	1,01	0,977	1,76	1,62	1,60	1,66	1,46	1,43	1,38	1,42
A303	1,18	1,04	1,19	1,14	1,22	1,12	1,11	1,15	1,52	1,59	1,46	1,52	1,45	1,33	1,44	1,41
Bag 17	1,13	1,14	1,30	1,19	1,13	1,20	1,17	1,16	1,63	1,62	1,65	1,63	1,40	1,48	1,51	1,46
Bag 18	0,961	1,03	1,13	1,04	0,986	1,14	1,29	1,14	1,64	1,45	1,41	1,50	1,41	1,44	1,52	1,45
INTA 3004	1,23	1,06	1,18	1,16	1,06	0,965	0,693	0,905	1,54	1,43	1,45	1,47	1,29	1,33	1,34	1,32
Guerrero	1,08	1,07	1,17	1,11	1,21	1,26	0,989	1,15	1,47	1,46	1,43	1,45	1,36	1,39	1,26	1,33
Inoculación \bar{x}	1,11	1,13	1,19		1,19	1,13	1,09		1,60	1,53	1,49		1,41	1,42	1,43	
Patógeno \bar{x}	1,115				1,14				1,54				1,42			
Año \bar{x}	1,14								1,48							
LSD Año=0.254*. Cultivar= 0.074**. Año × Cultivar= 0.106**: Año × Patógeno × Inoculación= 0.125*. Patógeno × Cultivar= 0.206*																

Tabla 2.15. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del Contenido de nitrógeno en planta entera a madurez (%Ncos) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Contenido de nitrógeno en planta entera a madurez (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	1,58	1,43	1,67	1,56	1,22	1,23	1,43	1,26	1,73	1,62	1,60	1,65	1,40	1,54	1,68	1,54
Yarará	1,24	1,34	1,41	1,33	1,27	1,16	1,46	1,30	1,55	1,52	1,53	1,53	1,48	1,59	1,58	1,55
Le 2330	1,47	1,40	1,21	1,36	1,32	1,23	1,39	1,31	1,47	1,68	1,48	1,54	1,53	1,58	1,72	1,61
Bag 11	1,19	1,33	1,47	1,33	1,10	1,35	1,42	1,29	1,59	1,56	1,45	1,53	1,52	1,46	1,53	1,50
SY 100	1,60	1,50	1,57	1,56	1,35	1,38	1,75	1,49	1,70	1,45	1,55	1,57	1,30	1,55	1,56	1,47
A303	1,24	1,31	1,56	1,37	0,969	1,31	1,35	1,21	1,60	1,69	1,54	1,61	1,48	1,46	1,80	1,58
Bag 17	1,33	1,43	1,40	1,39	1,36	1,17	1,50	1,34	1,60	1,48	1,70	1,59	1,44	1,49	1,47	1,47
Bag 18	1,33	1,25	1,31	1,30	1,02	1,39	1,57	1,33	1,59	1,35	1,38	1,44	1,38	1,38	1,46	1,41
INTA 3004	1,33	1,46	1,51	1,43	1,22	1,43	1,51	1,39	1,61	1,55	1,52	1,56	1,29	1,45	1,48	1,41
Guerrero	1,47	1,27	1,43	1,39	1,15	1,17	1,72	1,35	1,51	1,52	1,49	1,51	1,34	1,60	1,57	1,50
Inoculación \bar{x}	1,38	1,37	1,45		1,20	1,28	1,51		1,60	1,54	1,52		1,41	1,51	1,59	
Patógeno \bar{x}	1,40				1,33				1,55				1,50			
Año \bar{x}	1,37								1,53							
LSD Inoculación=0,049**; Año × Inoculación= 0,069*; Cultivar= 0,064**; Año × Cultivar= 0,090**; Patógeno × Inoculación= 0,069**; Patógeno × Cultivar= 0,124 [‡] ; Año × Inoculación × Cultivar= 0,162*																

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 2.16. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del contenido de nitrógeno en granos (%NG) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Contenido de nitrógeno en granos (%)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	1,99	2,07	2,24	2,10	2,12	2,06	2,08	2,09	2,22	2,27	2,31	2,27	2,32	2,19	2,22	2,25
Yarará	1,79	1,92	2,26	1,99	1,98	1,93	1,88	1,93	2,08	2,22	2,24	2,18	2,21	2,00	1,83	2,01
Le 2330	1,94	1,98	1,99	1,97	2,27	1,93	1,92	2,04	2,00	2,14	2,23	2,12	2,26	2,21	2,22	2,23
Bag 11	1,76	1,82	2,02	1,87	1,90	1,92	1,87	1,90	1,89	2,19	2,30	2,12	2,19	1,92	1,80	1,97
SY 100	1,62	1,84	1,97	1,81	2,01	1,89	1,81	1,90	1,86	1,87	2,02	1,92	1,86	1,86	1,83	1,85
A303	1,80	2,12	2,17	2,03	1,90	2,06	1,82	1,93	1,83	2,17	2,22	2,07	2,19	1,91	1,77	1,96
Bag 17	1,77	1,91	2,30	1,99	1,98	1,75	1,70	1,81	1,73	1,68	1,88	1,76	1,89	1,67	1,65	1,73
Bag 18	1,72	1,84	1,91	1,83	1,83	1,72	1,64	1,73	1,50	1,69	1,73	1,64	1,90	1,64	1,48	1,68
INTA 3004	2,09	2,39	2,69	2,39	2,13	1,99	1,97	2,03	1,89	2,01	2,15	2,02	2,05	1,94	1,83	1,94
Guerrero	1,90	2,11	2,08	2,03	1,92	1,92	1,88	1,90	1,88	1,95	2,11	1,98	1,95	1,78	1,62	1,78
Inoculación \bar{x}	1,84	2,00	2,16		2,00	1,92	1,86		1,89	2,02	2,12		2,08	1,91	1,83	
Patógeno \bar{x}	2,00				1,92				2,01				1,94			
Año \bar{x}	1,96								1,97							

LSD Cultivar= 0,088**; Año × Cultivar= 0,125**; Patógeno × Inoculación= 0,091**; Patógeno × Cultivar= 0,159*
LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 2.17. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Biomasa aérea EC60 en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Biomasa aérea EC60 (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	953	938	959	950	1292	1216	1170	1226	1205	1178	1041	1141	1156	1106	823	1028
Yarará	988	1061	817	955	1263	1202	1212	1226	1121	1162	898	1060	1574	1306	1084	1321
Le 2330	924	939	754	872	1216	1171	1183	1190	1223	1184	972	1126	1078	1030	828	979
Bag 11	808	735	736	760	1152	1206	1104	1154	1190	1077	937	1068	1360	1068	993	1140
SY 100	1177	914	894	995	1516	1516	1464	1498	1366	1303	1148	1272	1226	1110	866	1067
A303	919	830	647	799	1405	1478	1400	1428	1347	1130	906	1128	1136	1041	916	1031
Bag 17	1098	1138	893	1043	1661	1359	1213	1411	1467	1160	1185	1271	1478	1389	945	1271
Bag 18	1236	964	989	1063	1394	1370	1343	1369	1456	1190	1109	1252	1507	1326	939	1257
INTA 3004	962	883	672	839	1409	1400	1467	1425	1293	1196	990	1160	1369	1261	973	1201
Guerrero	933	920	670	841	1442	1254	1268	1321	1302	1228	903	1144	1413	1192	1083	1229
Inoculación \bar{x}	1000	932	803		1375	1317	1283		1297	1181	1009		1330	1183	945	
Patógeno \bar{x}	912				1325				1162				1153			
Año \bar{x}	1118								1157							

LSD Patógeno=139*; Año × Patógeno=196*; Inoculación= 51,8**; Cultivar= 82,7**; Patógeno × Cultivar= 157*; Inoculación × Cultivar= 133**; Año × Patógeno × Cultivar= 222* ; Año × Inoculación= 73,2*

Tabla 2.18. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Biomasa aérea EC95 en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{X} indica el promedio)

Biomasa aérea EC95 (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	1244	1125	1154	1174	1742	1390	1283	1472	1512	1400	1206	1373	1330	1250	1244	1125
Yarará	1220	1145	921	1095	1669	1540	1196	1468	1428	1326	1065	1273	1824	1454	1220	1145
Le 2330	1233	1203	1191	1209	1339	1032	946	1106	1604	1395	1214	1404	1344	1224	1233	1203
Bag 11	1078	1049	694	940	1495	1195	960	1217	1455	1299	1114	1289	1572	1401	1078	1049
SY 100	970,5	953	866	930	1319	1214	936	1156	1634	1515	1340	1497	1542	1274	971	953
A303	1055	1096	857	1003	1879	1334	1154	1456	1614	1357	1091	1354	1516	1264	1055	1096
Bag 17	1086	1136	1066	1096	1533	1522	1118	1391	1778	1497	1358	1544	1902	1701	1086	1136
Bag 18	938	895	897	910	1386	1202	1162	1251	1690	1397	1262	1450	1739	1569	938	895
INTA 3004	1010	866	672	849	1135	915	700	917	1588	1414	1193	1398	1526	1346	1010	866
Guerrero	1150	1190	838	1059	1638	1485	770	1298	1509	1374	1075	1319	1702	1324	1150	1190
Inoculación \bar{X}	1098	1066	916		1514	1283	1023		1581	1397	1192		1600	1381	1098	
Patógeno \bar{X}	1027				1273				1390				1358			
Año \bar{X}	1150								1374							
LSD Año=189*; Inoculación= 62,1**; Cultivar= 83,7**; Año × Cultivar= 118**; Año × Patógeno=199†; Patógeno × Cultivar= 159**; Patógeno × Inoculación= 87,8*; Año × Patógeno × Cultivar= 225*																

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 2.19. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Nitrógeno acumulado en antesis (Nant) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{X} indica el promedio)

Nitrógeno acumulado en antesis (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	10,9	10,4	12,7	11,3	16,1	14,4	14,2	14,9	20,2	18,2	14,7	17,7	16,3	16,5	12,1	15,0
Yarará	11,2	13,0	10,1	11,4	18,0	13,8	14,2	15,3	17,8	17,3	13,2	16,1	22,2	18,3	16,9	19,1
Le 2330	10,6	11,0	7,93	9,84	16,5	11,5	12,9	13,6	20,2	19,3	14,5	18,0	16,2	15,3	12,3	14,6
Bag 11	9,27	9,32	8,04	8,88	15,8	15,3	13,1	14,7	18,6	16,0	14,2	16,3	19,1	15,8	13,6	16,1
SY 100	11,6	10,5	10,2	10,8	14,3	14,5	14,1	14,3	24,2	21,5	18,4	21,4	17,8	15,9	12,0	15,2
A303	10,7	8,8	7,62	9,03	17,1	16,6	15,5	16,4	20,7	18,1	13,3	17,4	16,4	13,8	13,1	14,5
Bag 17	12,4	13,0	11,4	12,3	18,6	16,4	14,0	16,3	23,8	18,8	19,6	20,7	20,8	20,6	14,2	18,5
Bag 18	11,9	9,90	11,2	11,0	13,5	15,7	17,3	15,5	24,2	17,7	15,6	19,1	21,3	19,0	14,3	18,2
INTA 3004	11,9	9,32	7,93	9,73	13,8	12,9	10,5	12,4	20,0	17,4	14,5	17,3	17,7	16,7	13,0	15,8
Guerrero	9,9	9,99	7,84	9,23	17,1	15,9	12,6	15,2	19,1	17,9	12,9	16,6	19,2	16,6	13,6	16,5
Inoculación \bar{X}	11,0	10,5	9,51		16,1	14,7	13,8		20,9	18,2	15,1		18,7	16,9	13,5	
Patógeno \bar{X}	10,4				14,9				18,1				16,3			
Año \bar{X}	12,6								17,2							
LSD Año = 5,08†; Cultivar= 1,27**; Inoculación=1,05**; Año × Patógeno= 4,92*; Año × Inoculación= 1,48*; Patógeno × Cultivar= 3,47*; Año × Patógeno × Cultivar= 4,90*																

Tabla 2.20. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Nitrógeno total acumulado en madurez (Ncos) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Nitrógeno total acumulado en madurez (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	19,2	16,2	19,5	18,3	20,2	17,2	18,4	18,6	26,3	22,9	19,3	22,8	18,6	19,3	15,3	17,7
Yarará	15,0	15,2	13,1	14,4	21,1	17,9	17,5	18,8	22,0	20,5	16,3	19,6	27,0	23,1	20,7	23,6
Le 2330	18,1	16,9	14,4	16,4	17,6	12,7	13,2	14,5	23,6	23,4	17,9	21,7	20,5	19,4	18,8	19,6
Bag 11	12,8	14,2	10,2	12,4	16,0	16,3	13,7	15,3	23,2	20,4	16,1	19,9	23,9	20,5	17,9	20,8
SY 100	15,7	14,4	13,7	14,6	17,4	16,7	16,4	16,8	27,9	22,2	20,7	23,6	20,0	19,8	15,4	18,4
A303	13,2	14,4	13,4	13,6	18,1	17,4	15,6	17,0	26,0	23,0	16,8	21,9	22,5	18,5	16,6	19,2
Bag 17	14,7	16,2	14,7	15,2	20,4	17,8	16,8	18,4	28,4	22,1	23,0	24,5	27,4	25,2	16,5	23,0
Bag 18	12,4	11,2	11,8	11,8	14,2	16,5	18,2	16,3	27,0	18,9	17,5	21,1	23,9	21,7	14,5	20,1
INTA 3004	13,1	12,7	10,2	12,0	13,8	13,1	10,6	12,5	25,6	22,0	18,1	21,9	19,6	19,5	17,4	18,8
Guerrero	16,6	15,1	12,0	14,5	17,6	17,7	12,7	16,0	22,8	21,0	16,1	20,0	22,8	21,2	20,0	21,3
Inoculación \bar{x}	15,1	14,6	13,3		17,6	16,3	15,3		25,3	21,6	18,2		22,6	20,8	17,3	
Patógeno \bar{x}	14,3				16,4				21,7				20,2			
Año \bar{x}	15,4								21,0							

LSD Año = 4,69*; Cultivar= 1,15**; Inoculación=0,943**; Año × Inoculación=1,33*; Patógeno × Cultivar= 2,88**; Año × Cultivar= 1,63**; Año × Patógeno × Cultivar= 4,07*; Año × Inoculación × Cultivar= 2,95*

Tabla 2.21. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Nitrógeno vegetativo acumulado en madurez (Ncveg) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Nitrógeno vegetativo acumulado en madurez (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	7,18	6,68	9,25	7,71	7,27	8,38	8,15	7,94	12,5	12,3	8,1	11,0	10,2	10,6	6,2	8,98
Yarará	2,05	4,89	0,91	2,61	9,25	8,56	7,93	8,58	11,6	12,5	8,8	11,0	14,8	14,1	11,7	13,5
Le 2330	7,12	8,11	1,91	5,71	1,62	0,12	3,88	1,87	12,8	10,4	6,2	9,8	10,3	10,0	9,61	10,0
Bag 11	2,50	3,49	2,91	2,97	5,18	1,12	4,31	3,53	12,6	10,5	6,8	10,0	12,9	10,4	9,04	10,8
SY 100	3,57	4,47	3,91	3,99	2,63	2,12	6,11	3,62	16,7	13,5	10,7	13,6	12,2	11,6	7,35	10,4
A303	3,64	2,51	4,91	3,69	6,19	3,12	6,54	5,28	14,7	11,4	8,2	11,4	11,9	10,9	9,70	10,8
Bag 17	5,02	6,36	5,91	5,76	5,79	4,12	7,64	5,85	16,9	13,8	14,2	15,0	16,1	16,4	9,45	14,0
Bag 18	1,40	0,83	6,91	3,05	1,00	5,12	9,46	5,19	16,2	12,4	10,0	12,9	14,0	13,2	7,47	11,6
INTA 3004	6,12	0,83	6,91	4,62	4,86	6,12	4,17	5,05	16,1	13,1	8,9	12,7	10,7	11,0	8,76	10,1
Guerrero	4,88	0,83	6,91	4,21	4,76	7,12	4,40	5,43	13,9	14,9	9,5	12,8	12,5	12,7	11,6	12,3
Inoculación \bar{x}	4,35	3,90	5,04		4,86	4,59	6,26		14,4	12,5	9,1		12,6	12,1	9,08	
Patógeno \bar{x}	4,43				5,23				12,0				11,2			
Año \bar{x}	4,83								11,6							

LSD Año = 3,69*; Cultivar= 1,30**; Inoculación=1,02**; Año × Inoculación=1,44**; Año × Cultivar=1,83**; Patógeno × Cultivar=2,63**; Año × Patógeno × Cultivar=3,72*

Tabla 2.22. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del Nitrógeno acumulado en granos (NREM) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{X} indica el promedio)

Nitrógeno removilizado (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	3,71	3,70	3,45	3,62	8,84	5,98	6,07	6,96	7,61	5,98	6,59	6,73	6,12	5,93	5,89	5,98
Yarará	9,17	8,09	9,22	8,83	8,74	5,24	6,32	6,76	6,25	4,76	4,37	5,13	7,44	4,22	5,22	5,63
Le 2330	3,47	2,91	2,48	2,95	14,9	11,64	8,99	11,8	7,46	8,94	8,33	8,24	5,89	5,29	2,66	4,61
Bag 11	6,77	5,83	6,65	6,42	10,6	8,27	8,75	9,20	6,02	5,55	7,34	6,30	6,12	5,40	4,55	5,36
SY 100	7,98	6,03	5,34	6,45	11,7	8,92	7,99	9,54	7,52	8,00	7,75	7,76	5,60	4,28	4,62	4,83
A303	7,04	6,27	5,35	6,22	10,9	10,66	8,97	10,2	6,03	6,73	5,09	5,95	4,54	2,94	3,43	3,63
Bag 17	7,39	6,65	8,95	7,66	12,8	8,85	6,36	9,35	6,93	5,03	5,39	5,78	4,65	4,12	4,80	4,53
Bag 18	10,48	9,07	8,27	9,27	12,5	8,64	7,81	9,65	8,00	5,33	5,54	6,29	7,25	5,80	6,80	6,62
INTA 3004	5,82	4,25	6,27	5,44	8,93	7,61	6,32	7,62	3,91	4,35	5,63	4,63	7,00	5,74	4,24	5,66
Guerrero	4,98	6,25	6,42	5,88	12,3	8,79	8,21	9,78	5,20	2,97	3,36	3,84	6,67	3,87	2,02	4,19
Inoculación \bar{X}	6,68	5,91	6,24		11,2	8,46	7,58		6,49	5,76	5,94		6,13	4,76	4,42	
Patógeno \bar{X}	6,27				9,09				6,07				5,10			
Año \bar{X}	7,68								5,58							

LSD Inoculación= 0,834*; Cultivar= 1,43 †; Año × Cultivar= 2,02*; Año × Patógeno= 3,04 †; Patógeno × Inoculación= 1,18*; Año × Patógeno × Cultivar= 3,62**
LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 2.23. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar de Nitrógeno absorbido en post-antesis (NPA) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{X} indica el promedio)

Nitrógeno absorbido en post-antesis (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{X}
A315	8,31	5,81	6,78	6,97	4,05	2,87	4,17	3,70	6,13	4,60	4,60	5,11	2,23	2,75	3,24	2,74
Yarará	3,79	2,27	2,94	3,00	3,07	4,11	3,21	3,47	4,15	3,21	3,14	3,50	4,82	4,83	3,77	4,47
Le 2330	7,46	5,85	6,45	6,59	1,12	1,21	0,320	0,885	3,39	4,10	3,40	3,63	4,30	4,03	6,55	4,96
Bag 11	3,51	4,90	2,17	3,53	0,273	0,984	0,590	0,616	4,57	4,39	1,98	3,65	4,85	4,66	4,31	4,61
SY 100	4,10	3,93	3,41	3,81	3,08	2,19	2,26	2,51	3,71	0,675	2,32	2,24	2,21	3,90	3,44	3,18
A303	2,46	5,60	5,78	4,61	1,00	0,744	0,061	0,603	5,29	4,87	3,50	4,55	6,04	4,65	3,48	4,72
Bag 17	2,30	3,14	3,24	2,90	1,81	1,45	2,79	2,01	4,59	3,30	3,34	3,74	6,61	4,66	2,24	4,50
Bag 18	0,534	1,28	0,602	0,802	0,665	0,838	0,928	0,810	2,82	1,17	1,95	1,98	2,65	2,69	0,27	1,87
INTA 3004	1,16	3,35	2,29	2,27	0,053	0,138	0,092	0,094	5,55	4,55	3,53	4,54	1,94	2,77	4,42	3,04
Guerrero	6,70	5,06	4,13	5,30	0,539	1,80	0,127	0,822	3,72	3,12	3,19	3,34	3,62	4,61	6,37	4,87
Inoculación \bar{X}	4,03	4,12	3,78		1,57	1,63	1,46		4,39	3,40	3,09		3,93	3,96	3,81	
Patógeno \bar{X}	3,98				1,55				3,63				3,90			
Año \bar{X}	2,76								3,76							

LSD Patógeno= 0,748*; Cultivar= 1,28**; Año × Cultivar= 1,80 †; Año × Patógeno= 1,05*; Año × Patógeno × Cultivar= 2,54 †
LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 2.24. Medias de la interacción Año × Patógeno × Inoculación × Cultivar del Nitrógeno acumulado en granos (NG) en un ensayo con tres tratamientos de inoculación con *P. tritici-repentis* y *P. triticina* en diez cultivares de trigo durante 2012 y 2013 (\bar{x} indica el promedio)

Nitrógeno acumulado en granos (g.m ⁻²)																
	2012								2013							
	Mancha amarilla				Roya de la hoja				Mancha amarilla				Roya de la hoja			
Cultivar	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}	SI	BCI	ACI	Cultivar \bar{x}
A315	12,0	9,52	10,2	10,6	12,9	8,85	10,2	10,7	13,7	10,6	11,2	11,8	8,35	8,67	9,13	8,72
Yarará	13,0	10,35	12,2	11,8	11,8	9,3	9,53	10,2	10,4	7,98	7,51	8,63	12,3	9,05	8,99	10,1
Le 2330	10,9	8,76	8,93	9,54	16,0	12,9	9,32	12,7	10,9	13,0	11,7	11,9	10,20	9,32	9,22	9,58
Bag 11	10,3	10,7	8,82	9,94	10,9	9,26	9,34	9,82	10,6	9,94	9,31	9,94	11,0	10,1	8,86	9,97
SY 100	12,1	9,96	8,75	10,3	14,8	11,1	10,3	12,1	11,2	8,68	10,1	9,99	7,80	8,2	8,05	8,01
A303	9,50	11,9	11,12	10,8	11,9	11,4	9,03	10,8	11,3	11,6	8,59	10,5	10,6	7,59	6,90	8,36
Bag 17	9,70	9,8	12,2	10,6	14,6	10,3	9,15	11,4	11,5	8,33	8,73	9,53	11,3	8,78	7,04	9,03
Bag 18	11,0	10,3	8,9	10,1	13,2	9,48	8,74	10,5	10,8	6,50	7,49	8,27	9,90	8,49	7,07	8,49
INTA 3004	6,98	7,59	8,56	7,71	8,98	7,75	6,41	7,71	9,46	8,90	9,16	9,17	8,94	8,51	8,65	8,70
Guerrero	11,7	11,3	10,6	11,2	12,9	10,59	8,34	10,6	8,92	6,09	6,55	7,19	10,3	8,48	8,39	9,06
Inoculación \bar{x}	10,7	10,0	10,0		12,8	10,1	9,03		10,9	9,16	9,03		10,1	8,71	8,23	
Patógeno \bar{x}	10,3				10,6				9,69				9,00			
Año \bar{x}	10,5								9,35							

LSD Cultivar= 0,985**; Año × Cultivar= 1,39*; Inoculación= 0,974*; Año × Patógeno × Cultivar= 2,76**
LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Anexo III

Tabla 3.1. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la severidad en hoja bandera (EC39) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Severidad en EC39 (%)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	5,17	4,86	5,19	5,07	4,44	4,11	3,27	3,94	3,85	3,58	3,64	3,69	3,12	3,51	3,78	3,47	3,36	3,6	3,05	3,34	3,14	2,83	2,78	2,92
Baguette 11	11,9	9,03	7,73	9,54	5,41	4,04	4,08	4,51	5,32	4,34	4,11	4,59	9,26	12,2	13,1	11,5	4,5	3,84	3,82	4,05	2,94	2,91	3,33	3,06
ACA 303	6,34	4,97	5,43	5,58	4,24	3,49	2,62	3,45	4,07	3,94	3,53	3,85	4,55	3,89	5,65	4,70	3,66	3,22	2,69	3,19	2,54	2,89	3,53	2,99
Nitrógeno \bar{x}	7,79	6,29	6,12		4,70	3,88	3,32		4,41	3,95	3,76		5,64	6,54	7,51		3,84	3,55	3,19		2,87	2,88	3,21	
Fungicida \bar{x}	6,73				3,97				4,04				6,57				3,53				2,99			
Patógeno \bar{x}	4,91												4,36											
Año \bar{x}	4,64																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,79	2,62	2,8	2,74	2,39	2,21	1,76	2,12	2,08	1,93	1,96	1,99	1,55	1,89	2,04	1,83	1,81	1,94	1,64	1,8	1,69	1,32	1,07	1,36
Baguette 11	6,39	4,87	4,17	5,14	2,92	2,18	2,20	2,43	2,87	2,34	2,21	2,47	4,25	6,56	6,21	5,67	2,43	2,07	2,06	2,19	1,58	1,57	1,80	1,65
ACA 303	3,42	2,68	2,93	3,01	2,29	1,88	1,41	1,86	2,19	2,12	1,9	2,07	2,45	2,10	3,05	2,53	1,98	1,74	1,45	1,72	1,37	1,56	1,40	1,44
Nitrógeno \bar{x}	4,20	3,39	3,30		2,53	2,09	1,79		2,38	2,13	2,02		2,75	3,52	3,77		2,07	1,92	1,72		1,55	1,48	1,42	
Fungicida \bar{x}	3,63				2,13				2,17				3,34				1,90				1,48			
Patógeno \bar{x}	2,64												2,24											
Año \bar{x}	2,44																							

LSD Año (A)=0,261**; Patógeno (Pa)=0,334*; Fungicida (Fu)=0,266**; A × Fu=0,376**; Pa × Fu=0,376*; Nitrógeno (N)=0,209*; Pa × N=0,296**; Fu × N=0,362*; Pa × Fu × N=0,512**; Cultivar (Cu)=0,209**; A × Cu=0,296**; Pa × Cu=0,363*; Fu × Cu=0,389**; A × Fu × Cu=0,550**; Pa × Fu × Cu=0,550**; Pa × N × Cu=0,512**; A × Pa × Fu × Cu=0,778†; Pa × Fu × N × Cu=0,887**

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.2. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la severidad en anthesis (EC60) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

Severidad en EC60 (%)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	53,2	48,0	45,8	49,0	36,7	33,2	30,0	33,3	29,7	29,5	25,8	28,3	22,9	28,8	39,3	30,4	29,5	28,2	26,0	27,9	24,6	19,9	11,1	18,5
Baguette 11	76,1	69,4	54,1	66,5	43,1	39,7	34,3	39,0	34,3	35,1	29,9	33,1	60,9	73,9	78,3	71,0	46,2	41,4	37,6	41,7	36,6	35,8	38,2	36,9
ACA 303	46,9	46,6	41,6	45,0	36,1	33,4	26,6	32,0	30,8	28,5	21,8	27,0	30,7	35,5	40,7	35,7	29,1	29,3	24,6	27,7	23,7	20,5	12,9	19,0
Nitrógeno \bar{x}	58,7	54,7	47,1		38,6	35,4	30,3		31,6	31,0	25,8		38,2	46,1	52,8		34,9	33,0	29,4		28,3	25,4	20,7	
Fungicida \bar{x}	53,5				34,8				29,5				45,7				32,4				24,8			
Patógeno \bar{x}	39,3												34,3											
Año \bar{x}	36,8																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	36,4	32,9	31,4	33,6	25,2	22,7	20,5	22,8	20,3	20,2	17,7	19,4	15,7	19,7	26,9	20,8	20,2	19,3	17,8	19,1	16,9	13,6	7,61	12,7
Baguette 11	52,1	47,5	37,0	45,6	29,5	27,2	23,5	26,7	23,5	24,0	20,5	22,7	41,7	50,6	53,6	48,7	31,6	28,4	25,8	28,6	25,1	24,5	26,2	25,2
ACA 303	32,1	31,9	28,5	30,8	24,7	22,9	18,2	21,9	21,1	19,5	14,9	18,5	21,1	24,3	27,9	24,4	19,9	20,1	16,9	19,0	16,3	14,0	8,82	13,0
Nitrógeno \bar{x}	40,2	37,4	32,3		26,5	24,3	20,8		21,6	21,2	17,7		26,2	31,6	36,2		23,9	22,6	20,2		19,4	17,4	14,2	
Fungicida \bar{x}	36,7				23,8				20,2				31,3				22,2				17,0			
Patógeno \bar{x}	26,9												23,5											
Año \bar{x}	25,2																							

LSD Año (A)=0,875**; Patógeno (Pa)=2,04*; Fungicida (Fu)=2,31**; A × Fu=3,26*; Nitrógeno (N)=1,19**; Pa × N=1,68**; Fu × N=2,05**; Pa × Fu × N=2,90**; Cultivar (Cu)=1,19**; A × Cu=1,68**; Pa × Cu=2,17**; Fu × Cu=2,79**; Pa × Fu × Cu=3,95**; Pa × N × Cu=2,90*; Fu × N × Cu=3,56*; Pa × Fu × N × Cu=5,03†
LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.3. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la severidad en grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Severidad en EC82 (%)																									
2014																									
	Mancha amarilla												Roya de la hoja												
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC				
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	
ACA 315	99,7	86,2	87,6	91,2	92,9	85,7	79,3	86,0	84,0	79,1	76,7	79,9	74,3	84,1	94,9	84,4	77,9	68,5	59,2	68,5	60,4	52,0	35,6	49,3	
Baguette 11	100	100	93,6	97,9	94,0	90,5	82,4	89,0	89,2	82,5	79,1	83,6	85,2	99,0	100	94,7	84,8	85,0	86,4	85,4	82,2	80,9	83,6	82,2	
ACA 303	97,2	92,2	85,6	91,7	93,9	88,1	79,5	87,2	86,5	79,4	77,0	81,0	72,5	84,4	88,9	81,9	78,9	60,5	56,6	65,3	69,9	59,9	45,6	58,5	
Nitrógeno \bar{x}	99,0	92,8	88,9		93,6	88,1	80,4		86,6	80,3	77,6		77,3	89,2	94,6		80,5	71,3	67,4		70,8	64,3	54,9		
Fungicida \bar{x}	93,6				87,4				81,5				87,0				73,1				63,3				
Patógeno \bar{x}	87,5												74,5												
Año \bar{x}	81,0																								

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	91,1	76,8	78,0	82,0	82,7	76,3	70,6	76,5	74,8	70,5	68,3	71,2	66,2	74,9	84,5	75,2	69,4	61,0	52,7	61,0	53,8	46,3	31,7	43,9
Baguette 11	98,6	94,3	83,3	92,1	86,1	80,6	73,3	80,0	79,4	73,5	70,5	74,5	75,9	90,2	98,0	88,0	75,5	75,7	76,9	76,0	73,2	72,1	74,4	73,2
ACA 303	87,6	82,1	76,2	82,0	83,6	78,5	70,8	77,6	77,0	70,7	68,6	72,1	64,6	75,1	79,2	73,0	70,2	53,9	50,4	58,2	62,3	53,3	40,6	52,1
Nitrógeno \bar{x}	92,4	84,4	79,2		84,1	78,5	71,6		77,1	71,6	69,1		68,9	80,1	87,2		71,7	63,5	60,0		63,1	57,2	48,9	
Fungicida \bar{x}	85,3				78,1				72,6				78,7				65,1				56,4			
Patógeno \bar{x}	78,1												66,7											
Año \bar{x}	72,7																							

LSD Año (A)=0,80**; Patógeno (Pa)=2,98**; Fungicida (Fu)=2,45**; A × Fu=3,46*; Nitrógeno (N)=1,61**; Pa × N=2,28**; Fu × N=2,80**; Pa × Fu × N=3,96**; Cultivar (Cu)=1,61**; Pa × Cu=3,10**; Fu × Cu=3,27**; N × Cu=2,80**; Pa × Fu × Cu=4,63**; Pa × N × Cu=3,96**; Fu × N × Cu=4,84*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.4. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

ABCPE																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	705	637	615	652	507	460	412	459	416	409	366	397	336	403	532	424	407	389	355	383	340	279	169	263
Baguette 11	1026	925	734	895	588	536	471	532	485	481	418	461	810	977	1048	945	611	551	508	557	487	477	510	491
ACA 303	642	625	567	611	498	458	368	441	432	401	319	384	428	483	561	491	405	394	334	378	329	290	201	274
Nitrógeno \bar{x}	791	729	639		531	485	417		444	430	368		525	621	714		474	445	399		385	349	293	
Fungicida \bar{x}	719				477				414				620				439				342			
Patógeno \bar{x}	537												467											
Año \bar{x}	502																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	488	439	424	450	351	319	286	319	289	271	254	271	329	372	480	394	255	273	279	269	242	246	231	240
Baguette 11	703	635	503	614	407	372	326	368	335	323	290	316	554	659	658	624	355	382	419	385	338	331	354	341
ACA 303	443	431	390	421	345	319	257	307	300	268	222	263	333	358	393	361	246	279	275	267	230	234	266	243
Nitrógeno \bar{x}	545	502	439		368	336	290		308	287	255		405	463	511		285	311	324		270	270	284	
Fungicida \bar{x}	495				331				283				459				307				275			
Patógeno \bar{x}	370												347											
Año \bar{x}	358																							

LSD Año (A)=23,5*; Patógeno (Pa)=22,3*; A × Pa=31,6*; Fungicida (Fu)=28,6**; A × Fu=40,4*; Nitrógeno (N)=14,3**; A × N=20,2*; Pa × N=20,2**; Fu × N=24,8*; A × Fu × N=35,0†; Pa × Fu × N=35,0**; A × Pa × Fu × N=49,5*; Cultivar (Cu)=14,3**; A × Cu=20,2**; Pa × Cu=24,5**; Fu × Cu=34,3**; A × Pa × Cu=34,7**; A × Fu × Cu=48,5**;

Pa × N × Cu=35,0*; Fu × N × Cu=42,9*; Pa × Fu × N × Cu=60,6†;

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.5. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde (IAFV) en hoja bandera (EC39) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFV en EC39																										
2014																										
	Mancha amarilla												Roya de la hoja													
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC					
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}		
ACA 315	4,03	5,53	8,08	5,88	5,15	5,98	9,17	6,77	5,69	7,39	8,84	7,31	4,44	5,55	7,18	5,72	4,80	7,08	8,68	6,85	5,55	7,29	9,33	7,39		
Baguette 11	4,54	5,36	7,87	5,92	6,19	7,73	9,32	7,75	6,47	9,52	10,6	8,87	4,66	5,82	7,99	6,16	6,49	8,61	9,64	8,25	6,94	8,83	10,58	8,78		
ACA 303	4,84	6,76	8,46	6,69	5,90	8,48	9,48	7,95	5,60	8,53	11,2	8,46	4,94	6,15	7,87	6,32	5,47	8,03	8,98	7,49	5,89	8,26	9,17	7,77		
Nitrógeno \bar{x}	4,47	5,88	8,14		5,75	7,40	9,32		5,92	8,48	10,2		4,68	5,84	7,68		5,59	7,91	9,10		6,13	8,13	9,69			
Fungicida \bar{x}	6,16				7,49				8,21				6,07				7,53				7,98					
Patógeno \bar{x}	7,29													7,19												
Año \bar{x}	7,24																									

2015																									
	Mancha amarilla												Roya de la hoja												
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC				
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	
ACA 315	3,55	4,87	7,12	5,18	4,54	5,27	8,08	5,96	5,01	6,51	7,79	6,44	3,91	4,89	6,33	5,04	4,23	6,24	7,65	6,04	4,89	6,42	8,22	6,51	
Baguette 11	4,00	4,72	6,94	5,22	5,45	6,81	8,21	6,82	5,70	8,39	9,37	7,82	4,11	5,13	7,04	5,43	5,72	7,58	8,50	7,27	6,12	7,78	9,32	7,74	
ACA 303	4,27	5,96	7,45	5,89	5,20	7,47	8,35	7,01	4,94	7,51	9,92	7,46	4,35	5,42	6,94	5,57	4,82	7,08	7,91	6,60	5,19	7,27	8,08	6,85	
Nitrógeno \bar{x}	3,94	5,18	7,17		5,06	6,52	8,21		5,22	7,47	9,03		4,12	5,15	6,77		4,92	6,97	8,02		5,40	7,16	8,54		
Fungicida \bar{x}	5,43				6,60				7,24				5,35				6,64				7,03				
Patógeno \bar{x}	6,42													6,34											
Año \bar{x}	6,38																								

LSD Año (A)=0,088**; Fungicida (Fu)=0,339**; Nitrógeno (N)=0,179**; A × N=0,253†; Pa × N=0,253*; Fu × N=0,310**; Cultivar (Cu)=0,179**; Pa × Cu=0,352**;
Fu × Cu=0,414**; N × Cu=0,310*; Fu × N × Cu=0,538†; Pa × Fu × N × Cu=0,760*
LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.6. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde (IAFV) en antesis (EC60) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

IAFV en EC60																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,04	2,79	4,58	3,14	2,69	4,08	5,79	4,19	3,09	4,47	5,26	4,27	3,56	3,52	3,08	3,39	2,54	3,98	5,12	3,88	3,42	4,32	5,36	4,37
Baguette 11	1,72	2,41	3,76	2,63	3,18	4,42	5,57	4,39	3,40	5,40	5,99	4,93	2,36	1,56	1,23	1,72	3,30	3,59	4,01	3,63	2,93	3,79	4,70	3,81
ACA 303	2,26	3,52	4,75	3,51	2,74	4,98	5,90	4,54	3,10	5,11	6,63	4,95	3,02	3,43	3,62	3,36	3,85	4,11	5,08	4,35	3,27	4,47	5,07	4,27
Nitrógeno \bar{x}	2,01	2,91	4,36		2,87	4,49	5,75		3,20	4,99	5,96		2,98	2,84	2,64		3,23	3,89	4,74		3,21	4,19	5,04	
Fungicida \bar{x}	3,09				4,37				4,72				2,82				3,95				4,15			
Patógeno \bar{x}	4,06												3,64											
Año \bar{x}	3,85																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,18	2,98	4,90	3,35	2,88	4,36	6,19	4,48	3,30	4,78	5,62	4,57	3,80	3,61	2,96	3,46	2,72	4,25	5,47	4,15	3,66	4,62	5,73	4,67
Baguette 11	1,84	2,57	4,02	2,81	3,40	4,72	5,95	4,69	3,64	5,78	6,41	5,28	2,57	1,59	2,06	2,07	3,53	3,83	4,29	3,88	3,13	4,06	5,03	4,07
ACA 303	2,41	3,76	5,08	3,75	2,93	5,32	6,30	4,85	3,32	5,46	7,09	5,29	4,07	3,51	2,74	3,44	4,11	4,39	5,43	4,64	3,50	4,78	5,42	4,57
Nitrógeno \bar{x}	2,14	3,10	4,67		3,07	4,80	6,15		3,42	5,34	6,37		3,48	2,90	2,59		3,45	4,16	5,06		3,43	4,49	5,39	
Fungicida \bar{x}	3,30				4,67				5,04				2,99				4,22				4,44			
Patógeno \bar{x}	4,34												3,88											
Año \bar{x}	4,11																							

LSD Año (A)=0,057*; Patógeno (Pa)=0,307*; Fungicida (Fu)=0,212**; Nitrógeno (N)=0,166**; Pa × N=0,234**; Fu × N=0,287**; Pa × Fu × N=0,406**; Cultivar (Cu)=0,166**; Pa × Cu=0,319**; Fu × Cu=0,309**; N × Cu=0,287*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.7. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde (IAFV) en grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. tritricina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFV en EC82																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,115	0,462	0,597	0,391	0,269	0,607	0,925	0,600	0,477	0,809	0,964	0,750	0,566	0,511	0,434	0,504	0,426	0,715	0,686	0,609	0,650	0,843	1,284	0,926
Baguette 11	0,021	0,110	0,435	0,189	0,274	0,547	0,899	0,573	0,423	0,908	0,988	0,773	0,330	0,135	0,049	0,171	0,470	0,548	0,430	0,483	0,467	0,607	0,844	0,639
ACA 303	0,162	0,375	0,691	0,409	0,239	0,586	0,921	0,582	0,374	0,882	1,232	0,829	0,502	0,446	0,481	0,476	0,526	0,580	1,025	0,710	0,676	0,886	0,972	0,845
Nitrógeno \bar{x}	0,099	0,316	0,574		0,261	0,580	0,915		0,425	0,866	1,061		0,466	0,364	0,321		0,474	0,614	0,714		0,598	0,779	1,033	
Fungicida \bar{x}	0,330				0,585				0,784				0,384				0,601				0,803			
Patógeno \bar{x}	0,566												0,696											
Año \bar{x}	0,581																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,135	0,542	0,701	0,459	0,315	0,713	1,085	0,704	0,560	0,949	1,131	0,880	0,664	0,600	0,509	0,591	0,500	0,939	0,942	0,794	0,763	0,989	1,507	1,086
Baguette 11	0,024	0,129	0,510	0,221	0,321	0,642	1,055	0,673	0,496	1,066	1,159	0,907	0,387	0,158	0,058	0,201	0,551	0,744	0,566	0,620	0,548	0,712	0,991	0,750
ACA 303	0,190	0,440	0,811	0,480	0,281	0,687	1,081	0,683	0,439	1,036	1,446	0,974	0,589	0,523	0,565	0,559	0,618	0,781	1,394	0,931	0,793	1,040	1,141	0,991
Nitrógeno \bar{x}	0,116	0,370	0,674		0,306	0,681	1,074		0,498	1,017	1,245		0,547	0,427	0,377		0,556	0,821	0,967		0,701	0,914	1,213	
Fungicida \bar{x}	0,387				0,687				0,920				0,450				0,782				0,943			
Patógeno \bar{x}	0,665												0,725											
Año \bar{x}	0,695																							

LSD Año (A)=0,016*; Fungicida (Fu)=0,059**; Nitrógeno (N)=0,043**; Pa × N=0,061**; Fu × N=0,075**; Pa × Fu × N=0,106**; Cultivar (Cu)=0,043**; Pa × Cu=0,096**; Fu × Cu=0,083*; N × Cu=0,075**; Pa × Fu × Cu=0,106*; Fu × N × Cu=0,130†; Pa × Fu × N × Cu=0,183**

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.8. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la duración del índice de área foliar verde (DAFV) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

DAFV (días)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	57,7	79,3	122	86,2	74,9	98,1	145	106	84,2	115	136	112	79,0	87,9	96,7	87,9	70,2	106	133	103	86,9	112	142	113
Baguette 11	58,4	73,3	110	80,7	89,3	117	144	117	94,4	144	160	133	66,9	67,4	82,1	72,1	93,4	115	128	112	92,9	119	144	119
ACA 303	67,2	98,2	127	97,4	81,8	130	149	120	83,5	132	173	130	77,0	92,0	109	92,6	91,0	116	135	114	88,0	122	137	116
Nitrógeno \bar{x}	61,1	83,6	120		82,0	115	146		87,4	130	156		74,3	82,4	95,9		84,9	112	132		89,3	118	141	
Fungicida \bar{x}	88,1				114				124				84,2				110				116			
Patógeno \bar{x}	109												103											
Año \bar{x}	106																							

2015																								
	Mancha amarilla								Roya de la hoja															
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	55,3	76,0	117	82,8	71,8	95,3	140	102	80,9	111	131	108	77,3	83,4	88,0	82,9	67,4	102	128	99,4	84,1	108	136	109
Baguette 11	55,2	69,8	105	76,8	85,6	113	139	112	90,5	138	154	128	64,7	62,0	83,6	70,1	89,5	109	122	107	88,3	113	137	113
ACA 303	64,1	94,2	122	93,5	78,0	125	144	116	80,3	127	167	125	84,0	86,8	90,7	87,2	88,6	111	130	110	84,7	117	132	111
Nitrógeno \bar{x}	58,2	80,0	115		78,5	111	141		83,9	125	151		75,3	77,4	87,4		81,8	107	127		85,7	113	135	
Fungicida \bar{x}	84,4				110				120				80,1				105				111			
Patógeno \bar{x}	105												98,9											
Año \bar{x}	102																							

LSD Año (A)=0,960**; Patógeno (Pa)=6,20†; Fungicida (Fu)=4,67**; Nitrógeno (N)=2,90**; Pa × N=4,60**; Fu × N=5,02**; Pa × Fu × N=7,10*; Cultivar (Cu)=2,90**; A × Cu=4,10*; Pa × Cu=6,26*; Fu × Cu=6,07**; N × Cu=5,02*; Pa × N × Cu=7,10†; Fu × N × Cu=8,69*; Pa × Fu × N × Cu=12,3*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.9. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la tasa de caída del índice de pareo foliar verde (IAFV/día) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Tasa de caída del IAFV (IAFV/día)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	-0,126	-0,161	-0,242	-0,176	-0,157	-0,178	-0,270	-0,202	-0,168	-0,214	-0,256	-0,213	-0,132	-0,166	-0,212	-0,170	-0,140	-0,205	-0,260	-0,202	-0,160	-0,209	-0,259	-0,209
Baguette 11	-0,141	-0,166	-0,236	-0,181	-0,190	-0,233	-0,274	-0,232	-0,194	-0,278	-0,311	-0,261	-0,138	-0,173	-0,235	-0,182	-0,192	-0,252	-0,289	-0,244	-0,203	-0,258	-0,306	-0,256
ACA 303	-0,149	-0,205	-0,251	-0,202	-0,180	-0,257	-0,280	-0,239	-0,169	-0,249	-0,325	-0,248	-0,145	-0,184	-0,234	-0,188	-0,165	-0,238	-0,256	-0,220	-0,168	-0,236	-0,264	-0,223
Nitrógeno \bar{x}	-0,139	-0,177	-0,243		-0,176	-0,223	-0,275		-0,177	-0,247	-0,297		-0,138	-0,174	-0,227		-0,166	-0,232	-0,268		-0,177	-0,234	-0,276	
Fungicida \bar{x}	-0,186				-0,224				-0,240				-0,180				-0,222				-0,229			
Patógeno \bar{x}	-0,227												-0,211											
Año \bar{x}	-0,214																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	-0,088	-0,111	-0,166	-0,122	-0,109	-0,119	-0,182	-0,137	-0,115	-0,144	-0,172	-0,144	-0,086	-0,111	-0,147	-0,115	-0,096	-0,137	-0,174	-0,136	-0,107	-0,141	-0,173	-0,140
Baguette 11	-0,101	-0,118	-0,165	-0,128	-0,132	-0,160	-0,185	-0,159	-0,134	-0,189	-0,212	-0,178	-0,096	-0,124	-0,175	-0,132	-0,133	-0,174	-0,202	-0,170	-0,142	-0,180	-0,212	-0,178
ACA 303	-0,104	-0,142	-0,171	-0,139	-0,126	-0,176	-0,189	-0,164	-0,116	-0,168	-0,219	-0,168	-0,099	-0,126	-0,160	-0,128	-0,110	-0,162	-0,168	-0,147	-0,113	-0,160	-0,179	-0,151
Nitrógeno \bar{x}	-0,098	-0,124	-0,167		-0,122	-0,152	-0,185		-0,122	-0,167	-0,201		-0,094	-0,120	-0,161		-0,113	-0,158	-0,181		-0,121	-0,160	-0,188	
Fungicida \bar{x}	-0,130				-0,153				-0,163				-0,125				-0,151				-0,156			
Patógeno \bar{x}	-0,149												-0,144											
Año \bar{x}	-0,146																							

LSD Año (A)=0,036**; Fungicida (Fu)=0,101**; Nitrógeno (N)=0,005**; A × N=0,007**; Fu × N=0,009*; Cultivar (Cu)=0,005**; Pa × Cu=0,012**; Fu × Cu=0,012**; N × Cu=0,009*; Fu × N × Cu=0,016*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.10. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFV) en hoja bandera (EC39) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

IAFVHB en EC39																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,05	1,50	2,23	1,59	1,17	1,48	2,25	1,63	1,26	1,93	2,21	1,80	1,14	1,32	1,74	1,40	1,05	1,65	1,91	1,54	1,21	1,81	2,06	1,69
Baguette 11	1,16	1,46	1,91	1,51	1,41	1,84	2,10	1,78	1,44	2,19	2,64	2,09	1,13	1,41	1,83	1,46	1,41	1,60	2,17	1,72	1,51	2,17	2,24	1,97
ACA 303	1,22	1,68	2,09	1,66	1,16	1,90	2,20	1,75	1,16	2,05	2,62	1,94	1,17	1,42	1,80	1,46	0,99	1,64	1,95	1,53	1,11	1,71	1,97	1,60
Nitrógeno \bar{x}	1,14	1,55	2,08		1,25	1,74	2,18		1,29	2,06	2,49		1,15	1,38	1,79		1,15	1,63	2,01		1,28	1,90	2,09	
Fungicida \bar{x}	1,59				1,72				1,94				1,44				1,60				1,75			
Patógeno \bar{x}	1,75												1,60											
Año \bar{x}	1,67																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,856	1,28	1,97	1,37	1,11	1,40	2,13	1,55	1,20	1,83	2,10	1,71	0,941	1,11	1,51	1,19	1,00	1,56	1,81	1,46	1,14	1,72	1,95	1,60
Baguette 11	0,962	1,24	1,67	1,29	1,34	1,74	1,99	1,69	1,36	2,07	2,51	1,98	0,931	1,19	1,59	1,24	1,33	1,81	2,06	1,73	1,44	2,06	2,12	1,87
ACA 303	1,01	1,45	1,84	1,43	1,10	1,80	2,09	1,66	1,10	1,95	2,49	1,84	0,965	1,20	1,56	1,24	0,943	1,55	1,85	1,45	1,05	1,62	1,87	1,51
Nitrógeno \bar{x}	0,943	1,33	1,83		1,18	1,65	2,07		1,22	1,95	2,36		0,946	1,17	1,56		1,09	1,64	1,90		1,21	1,80	1,98	
Fungicida \bar{x}	1,37				1,63				1,84				1,22				1,55				1,66			
Patógeno \bar{x}	1,61												1,48											
Año \bar{x}	1,55																							

LSD Año (A)=0,014**; Patógeno (Pa)=0,135*; Fungicida (Fu)=0,079**; Nitrógeno (N)=0,048**; Pa × N=0,069**; Fu × N=0,084**; Cultivar (Cu)=0,048**; Pa × Cu=0,132**;
Fu × Cu=0,102**; N × Cu=0,084*; Pa × Fu × N × Cu=0,206†;

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.11. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) en antesis (EC60) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFVHB en EC60																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,00	1,39	2,12	1,50	1,13	1,89	2,27	1,76	1,22	1,91	2,35	1,83	1,78	1,12	0,484	1,13	0,793	1,24	1,74	1,26	1,08	1,53	2,05	1,55
Baguette 11	0,993	1,36	1,82	1,39	1,36	2,03	2,46	1,95	1,51	2,40	2,65	2,18	1,58	0,558	0,264	0,800	1,09	1,20	1,53	1,27	0,865	1,60	1,96	1,48
ACA 303	0,986	1,55	2,04	1,53	1,07	2,06	2,28	1,80	1,16	2,05	2,78	2,00	1,61	0,825	0,432	0,960	0,882	1,26	1,57	1,24	0,903	1,67	1,92	1,50
Nitrógeno \bar{x}	0,993	1,43	2,00		1,19	1,99	2,34		1,30	2,12	2,59		1,66	0,836	0,393		0,922	1,23	1,61		0,949	1,60	1,98	
Fungicida \bar{x}	1,47				1,84				2,00				0,961				1,25				1,51			
Patógeno \bar{x}	1,77												1,24											
Año \bar{x}	1,51																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,950	1,32	2,01	1,43	1,07	1,79	2,16	1,67	1,15	1,81	2,23	1,73	1,39	1,20	0,659	1,08	0,752	1,17	1,65	1,19	1,02	1,32	1,87	1,40
Baguette 11	0,941	1,29	1,72	1,32	1,29	1,92	2,33	1,85	1,44	2,27	2,51	2,07	1,17	0,763	0,250	0,728	1,03	1,14	1,45	1,21	0,821	1,39	1,78	1,33
ACA 303	0,935	1,47	1,94	1,45	1,01	1,95	2,16	1,71	1,10	1,94	2,64	1,90	1,36	0,782	0,577	0,906	0,836	1,19	1,49	1,17	0,856	1,46	1,74	1,35
Nitrógeno \bar{x}	0,942	1,36	1,89		1,13	1,89	2,22		1,23	2,01	2,46		1,31	0,915	0,495		0,874	1,17	1,53		0,900	1,39	1,80	
Fungicida \bar{x}	1,40				1,74				1,90				0,906				1,19				1,36			
Patógeno \bar{x}	1,68												1,15											
Año \bar{x}	1,42																							

LSD Año (A)=0,029*; Patógeno (Pa)=0,135**; Fungicida (Fu)=0,077*; Nitrógeno (N)=0,048**; Pa × N=0,068*; Fu × N=0,084*; A × Fu × N=0,119†; Pa × Fu × N=0,119**;
A × Pa × Fu × N=0,168†; Pa × Cu=0,133*; Fu × Cu=0,100*; N × Cu=0,084*; Fu × N × Cu=0,145*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.12. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) en grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

IAFVHB en EC82																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,113	0,317	0,556	0,329	0,203	0,482	0,680	0,455	0,381	0,663	0,733	0,592	0,435	0,428	0,284	0,382	0,285	0,479	0,770	0,511	0,421	0,744	0,972	0,712
Baguette 11	0,021	0,107	0,364	0,164	0,261	0,464	0,686	0,470	0,374	0,775	0,769	0,639	0,238	0,080	-0,010	0,103	0,331	0,353	0,487	0,390	0,284	0,657	1,037	0,659
ACA 303	0,153	0,352	0,545	0,350	0,191	0,551	0,706	0,483	0,294	0,775	0,922	0,664	0,343	0,336	0,338	0,339	0,300	0,508	0,646	0,485	0,394	0,822	1,103	0,773
Nitrógeno \bar{x}	0,096	0,259	0,488		0,218	0,499	0,691		0,350	0,738	0,808		0,339	0,281	0,204		0,305	0,447	0,634		0,366	0,741	1,037	
Fungicida \bar{x}	0,281				0,469				0,632				0,275				0,462				0,715			
Patógeno \bar{x}	0,461												0,484											
Año \bar{x}	0,472																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	0,133	0,371	0,651	0,385	0,237	0,564	0,796	0,532	0,446	0,776	0,858	0,693	0,542	0,501	0,332	0,458	0,334	0,561	0,901	0,599	0,493	0,691	1,01	0,732
Baguette 11	0,024	0,126	0,426	0,192	0,306	0,543	0,803	0,551	0,437	0,541	0,899	0,626	0,279	0,105	0,003	0,129	0,387	0,414	0,570	0,457	0,333	0,589	0,808	0,577
ACA 303	0,179	0,412	0,637	0,409	0,224	0,645	0,826	0,565	0,345	0,907	1,079	0,777	0,501	0,393	0,263	0,386	0,351	0,594	0,756	0,567	0,461	0,782	0,923	0,722
Nitrógeno \bar{x}	0,112	0,303	0,571		0,256	0,584	0,808		0,409	0,741	0,945		0,441	0,333	0,199		0,357	0,523	0,742		0,429	0,687	0,914	
Fungicida \bar{x}	0,329				0,549				0,699				0,324				0,541				0,677			
Patógeno \bar{x}	0,526												0,514											
Año \bar{x}	0,520																							

LSD Año (A)=0,044*; Fungicida (Fu)=0,051**; Nitrógeno (N)=0,035**; Pa × N=0,050**; Fu × N=0,061**; A × Pa × N=0,070†; Pa × Fu × N=0,086**; Cultivar (Cu)=0,035**; Pa × Cu=0,114*; Fu × Cu=0,069**; N × Cu=0,061*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.13. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{X} indica el promedio)

DAFVHB																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	20,5	28,9	43,6	31,0	23,1	34,5	45,6	34,4	24,9	38,7	46,2	36,6	30,4	24,3	20,5	25,1	18,2	28,4	36,6	27,7	22,9	33,3	41,6	32,6
Baguette 11	21,3	28,1	37,3	28,9	27,8	39,1	46,5	37,8	29,8	46,5	53,3	43,2	27,9	18,4	18,6	21,6	24,6	27,6	36,2	29,5	23,0	37,2	42,1	34,1
ACA 303	21,8	32,3	41,5	31,9	22,2	40,1	45,3	35,9	23,4	41,4	54,7	39,8	28,6	21,7	20,4	23,6	18,7	28,6	34,9	27,4	20,0	34,2	39,3	31,2
Nitrógeno \bar{x}	21,2	29,8	40,8		24,4	37,9	45,8		26,0	42,2	51,4		29,0	21,5	19,8		20,5	28,2	35,9		22,0	34,9	41,0	
Fungicida \bar{x}	30,6				36,0				39,9				23,4				28,2				32,6			
Patógeno \bar{x}	35,5												28,1											
Año \bar{x}	31,8																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	18,3	26,2	40,2	28,2	21,9	32,8	43,3	32,7	23,7	36,7	43,9	34,8	24,2	23,5	20,6	22,8	17,3	27,0	34,8	26,4	21,7	30,1	38,6	30,1
Baguette 11	19,0	25,5	34,2	26,2	26,4	37,2	44,2	35,9	28,3	44,0	50,6	41,0	21,5	18,9	16,4	18,9	23,4	28,7	34,4	28,8	21,8	33,8	38,9	31,5
ACA 303	19,4	29,4	38,2	29,0	21,1	38,1	43,0	34,1	22,2	39,3	52,0	37,8	24,1	19,4	20,1	21,2	17,8	27,2	33,1	26,0	19,0	30,9	36,3	28,7
Nitrógeno \bar{x}	18,9	27,0	37,5		23,1	36,0	43,5		24,7	40,0	48,8		23,3	20,6	19,0		19,5	27,6	34,1		20,8	31,6	37,9	
Fungicida \bar{x}	27,8				34,2				37,9				21,0				27,1				30,1			
Patógeno \bar{x}	33,4												26,1											
Año \bar{x}	29,7																							

LSD Año (A)=0,46*; Patógeno (Pa)=1,79**; Fungicida (Fu)=1,44**; Nitrógeno (N)=0,74**; Pa × N=1,04**; Fu × N=1,28**; Pa × Fu × N=1,81**; Cultivar (Cu)=0,74*; Pa × Cu=1,78**; Fu × Cu=1,74**; N × Cu=1,28**; Fu × N × Cu=2,21*; Pa × Fu × N × Cu=3,13*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.14. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la tasa caída del índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB/día) entre hoja bandera (EC39) y grano pastoso (EC82) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Tasa de caída del IAFV de la hoja bandera (IAFVHB/día)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	-0,033	-0,041	-0,059	-0,044	-0,034	-0,039	-0,056	-0,043	-0,031	-0,045	-0,054	-0,043	-0,030	-0,030	-0,043	-0,034	-0,026	-0,039	-0,039	-0,035	-0,027	-0,036	-0,039	-0,034
Baguette 11	-0,040	-0,048	-0,055	-0,048	-0,041	-0,050	-0,053	-0,048	-0,039	-0,052	-0,067	-0,053	-0,035	-0,041	-0,055	-0,044	-0,036	-0,042	-0,055	-0,044	-0,039	-0,050	-0,041	-0,043
ACA 303	-0,036	-0,047	-0,055	-0,046	-0,034	-0,049	-0,054	-0,046	-0,031	-0,046	-0,062	-0,046	-0,033	-0,034	-0,042	-0,036	-0,024	-0,038	-0,044	-0,035	-0,024	-0,031	-0,031	-0,029
Nitrógeno \bar{x}	-0,033	-0,041	-0,059	-0,044	-0,034	-0,039	-0,056	-0,043	-0,031	-0,045	-0,054	-0,043	-0,030	-0,030	-0,043	-0,034	-0,026	-0,039	-0,039	-0,035	-0,027	-0,036	-0,039	-0,034
Fungicida \bar{x}	-0,046				-0,046				-0,047				-0,039				-0,038				-0,035			
Patógeno \bar{x}	-0,046												-0,046											
Año \bar{x}	-0,042																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	-0,019	-0,024	-0,035	-0,026	-0,023	-0,023	-0,036	-0,027	-0,020	-0,028	-0,033	-0,027	-0,012	-0,016	-0,029	-0,019	-0,017	-0,026	-0,024	-0,022	-0,017	-0,026	-0,025	-0,023
Baguette 11	-0,025	-0,030	-0,033	-0,029	-0,027	-0,032	-0,032	-0,030	-0,025	-0,041	-0,043	-0,036	-0,018	-0,028	-0,039	-0,028	-0,024	-0,036	-0,038	-0,033	-0,028	-0,038	-0,034	-0,033
ACA 303	-0,022	-0,028	-0,032	-0,027	-0,023	-0,031	-0,034	-0,029	-0,020	-0,028	-0,038	-0,029	-0,013	-0,021	-0,032	-0,022	-0,015	-0,025	-0,028	-0,023	-0,015	-0,022	-0,025	-0,021
Nitrógeno \bar{x}	-0,022	-0,027	-0,033		-0,024	-0,029	-0,034		-0,022	-0,032	-0,038		-0,014	-0,022	-0,033		-0,019	-0,029	-0,030		-0,020	-0,029	-0,028	
Fungicida \bar{x}	-0,028				-0,029				-0,031				-0,023				-0,026				-0,025			
Patógeno \bar{x}	-0,029												-0,025											
Año \bar{x}	-0,027																							

LSD Año (A)=0,001**; Patógeno (Pa)=0,006*; Nitrógeno (N)=0,002**; A × N=0,002*; Pa × N=0,002*; Fu × N=0,003*; A × Pa × N=0,003*; Pa × Fu × N=0,004**; Cultivar (Cu)=0,002**; Pa × Cu=0,005**; Fu × Cu=0,003*; Pa × Fu × N × Cu=0,006†

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.16. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del número de espigas (NESP) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NESP (espigas/m²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	413	508	590	504	470	549	637	552	495	586	644	575	400	531	578	503	500	550	593	548	501	578	625	568
Baguette 11	426	520	617	521	487	585	630	567	480	613	637	577	432	493	559	495	510	522	612	548	472	561	627	553
ACA 303	477	530	592	533	498	562	631	564	476	584	647	569	500	517	572	530	444	555	611	537	474	556	626	552
Nitrógeno \bar{x}	439	519	600		485	565	633		484	594	643		444	514	570		485	542	605		482	565	626	
Fungicida \bar{x}	519				561				574				509				544				558			
Patógeno \bar{x}	551												537											
Año \bar{x}	544																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	528	565	639	577	586	632	650	623	608	676	650	645	518	568	615	567	570	632	653	618	585	643	686	638
Baguette 11	479	524	603	535	604	641	649	631	620	657	658	645	535	577	626	579	572	621	663	619	580	637	632	616
ACA 303	539	591	654	595	598	646	630	625	610	649	652	637	538	578	614	577	574	626	666	622	606	661	667	645
Nitrógeno \bar{x}	515	560	632		596	640	643		613	661	653		530	574	618		572	626	661		590	647	662	
Fungicida \bar{x}	569				626				642				574				620				633			
Patógeno \bar{x}	613												609											
Año \bar{x}	611																							

LSD Año (A)=19,8*; Nitrógeno (N)=7,6**;
LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 3.17. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del número de espigas (NESP) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NGT (número de granos/m²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	12243	14867	17396	14835	15968	18634	21528	18710	17541	20630	23614	20595	13206	15095	18232	15511	14872	16737	18274	16628	16317	19950	21050	19106
Baguette 11	15918	19982	23791	19897	21260	25238	28049	24849	20619	26425	28255	25100	16432	19191	21897	19173	18297	19640	24364	20767	20398	23738	27114	23750
ACA 303	15258	17887	20560	17902	18070	20597	23258	20642	17796	22548	24924	21756	14907	17548	20050	17502	14324	17121	19700	17048	17636	18539	22148	19441
Nitrógeno \bar{x}	14473	17579	20582		18433	21490	24278		18652	23201	25598		14848	17278	20060		15831	17833	20779		18117	20742	23437	
Fungicida \bar{x}	17545				21400				22484				17395				18148				20766			
Patógeno \bar{x}	20476												18770											
Año \bar{x}	19623																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	10671	11898	15461	12677	13918	16299	18422	16213	15289	16947	22367	18201	11511	13028	14312	12950	12963	16497	19711	16390	14222	16821	20901	17315
Baguette 11	13875	14488	17279	15214	18530	20734	22346	20537	17972	19388	22542	19967	14322	16471	19031	16608	15948	19010	21565	18841	17779	19970	23934	20561
ACA 303	13299	17246	19656	16734	15750	20850	22015	19538	15512	18494	21103	18370	12993	13760	18469	15074	12485	16596	19858	16313	15372	17075	24357	18935
Nitrógeno \bar{x}	12615	14544	17465		16066	19294	20928		16258	18276	22004		12942	14420	17271		13799	17368	20378		15791	17955	23064	
Fungicida \bar{x}	14875				18763				18846				14877				17181				18937			
Patógeno \bar{x}	17494												16999											
Año \bar{x}	17247																							

LSD Año (A)=297**; Nitrógeno (N)=515**; Fungicida (Fu)=879**; Cultivar (Cu)=515**; A × Cu=728**; Pa × Fu=1243*; Fu × Cu=1116*
LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.18. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del número de granos por espiga (NGE) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NGE (granos/espiga)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	27,5	27,8	28,3	27,8	31,7	31,9	32,5	32,0	34,7	34,9	35,5	35,0	29,7	29,9	30,4	30,0	30,6	30,9	31,4	31,0	33,4	33,6	34,1	33,7
Baguette 11	34,1	34,4	34,9	34,5	38,7	38,9	39,5	39,0	38,9	39,1	39,6	39,2	35,2	35,5	36,0	35,6	38,2	38,5	39,0	38,6	41,3	41,6	42,1	41,7
ACA 303	31,3	31,6	32,1	31,7	34,1	34,3	34,8	34,4	36,6	36,9	37,4	37,0	33,2	33,4	33,9	33,5	30,7	30,9	31,5	31,0	34,0	34,2	34,7	34,3
Nitrógeno \bar{x}	31,0	31,2	31,8		34,8	35,1	35,6		36,7	37,0	37,5		32,7	32,9	33,4		33,2	33,4	33,9		36,2	36,5	37,0	
Fungicida \bar{x}	31,3				35,2				37,1				33,0				33,5				36,5			
Patógeno \bar{x}	34,5												34,4											
Año \bar{x}	34,4																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	24,4	25,7	31,4	27,2	28,1	31,3	33,4	30,9	30,7	32,3	40,6	34,5	26,3	28,2	29,1	27,8	27,1	32,7	36,9	32,2	29,5	33,2	38,7	33,8
Baguette 11	30,2	30,0	33,6	31,3	34,3	36,6	37,5	36,1	34,4	35,3	39,3	36,3	31,2	34,0	37,1	34,1	33,8	38,1	41,0	37,6	36,6	39,0	44,3	39,9
ACA 303	27,7	34,3	36,9	33,0	30,2	38,3	38,3	35,6	32,4	36,6	39,3	36,1	29,4	29,5	37,1	32,0	27,2	34,2	38,6	33,3	30,1	31,8	42,9	34,9
Nitrógeno \bar{x}	27,4	30,0	34,0		30,8	35,4	36,4		32,5	34,7	39,7		28,9	30,6	34,4		29,4	35,0	38,8		32,1	34,6	42,0	
Fungicida \bar{x}	30,5				34,2				35,6				31,3				34,4				36,2			
Patógeno \bar{x}	33,4												33,9											
Año \bar{x}	33,7																							

LSD Fungicida (Fu)=1,06**; Nitrógeno (N)=0,73**; A × N=1,04**; Cultivar (Cu)=0,73**; A × Cu=1,04**; Pa × Cu=3,14**; Fu × Cu=1,45*
LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)^{*}; ($p < 0,001$)^{**}

Tabla 3.19. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Peso de mil granos (PMG) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

PMG (g)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	36,2	36,4	37,0	36,5	38,7	38,9	39,4	39,0	39,2	39,4	39,9	39,5	38,3	38,5	39,0	38,6	37,5	37,7	38,3	37,8	38,5	38,7	39,2	38,8
Baguette 11	33,9	34,2	34,7	34,3	39,5	39,8	40,3	39,9	39,6	39,8	40,3	39,9	36,5	36,7	37,2	36,8	39,2	39,4	39,9	39,5	37,7	37,9	38,5	38,0
ACA 303	36,2	36,5	37,0	36,6	37,0	37,3	37,8	37,3	40,6	40,8	41,4	40,9	38,1	38,4	38,9	38,5	35,8	36,0	36,6	36,1	38,4	38,6	39,1	38,7
Nitrógeno \bar{x}	35,5	35,7	36,2		38,4	38,6	39,2		39,8	40,0	40,5		37,6	37,9	38,4		37,5	37,7	38,2		38,2	38,4	38,9	
Fungicida \bar{x}	35,8				38,7				40,1				37,9				37,8				38,5			
Patógeno \bar{x}	38,2												38,1											
Año \bar{x}	38,1																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	37,2	36,6	35,0	36,3	39,7	38,7	36,1	38,2	40,2	39,0	39,3	39,5	39,3	36,3	32,1	35,9	38,5	38,0	38,2	38,2	39,5	40,8	39,8	40,0
Baguette 11	34,8	32,1	30,9	32,6	40,6	41,7	38,0	40,1	40,6	42,6	40,9	41,4	37,4	33,4	28,7	33,1	40,2	41,6	40,1	40,6	38,7	43,1	41,3	41,0
ACA 303	37,2	36,2	33,9	35,8	38,0	39,4	37,8	38,4	41,7	40,5	38,9	40,4	39,2	34,9	31,6	35,2	36,8	40,0	38,7	38,5	39,4	39,9	41,5	40,3
Nitrógeno \bar{x}	36,4	35,0	33,3		39,4	39,9	37,3		40,8	40,7	39,7		38,6	34,9	30,8		38,5	39,9	39,0		39,2	41,3	40,9	
Fungicida \bar{x}	34,9				38,9				40,4				34,7				39,1				40,4			
Patógeno \bar{x}	38,0												38,1											
Año \bar{x}	38,0																							

LSD Fungicida (Fu)=0,894**; A × Fu=1,26*; A × Pa × Fu=1,79†; Nitrógeno (N)=0,501*; A × N=0,709**; Fu × N=0,868**; A × Fu × N=1,23**; Pa × Fu × N=1,23*; A × Pa × Fu × N=1,74*; Fu × Cu=1,12**; A × Fu × Cu=1,58*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.20. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del rendimiento en grano en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Rendimiento en grano (kg/ha)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	4687	5230	5855	5257	6164	6796	6916	6625	6186	6612	7716	6838	4666	4974	5413	5018	4953	5542	6496	5664	5432	6139	7087	6219
Baguette 11	5238	5464	5661	5454	7228	7841	7990	7686	6757	7800	8714	7757	4925	4712	4702	4779	6166	7012	8039	7072	6176	7252	7909	7112
ACA 303	5292	6061	6244	5866	6255	7067	7319	6880	7024	7473	8171	7556	5350	5259	5204	5271	5036	6313	7035	6128	6058	6808	8116	6994
Nitrógeno \bar{x}	5073	5585	5920		6549	7235	7408		6655	7295	8200		4980	4982	5106		5385	6289	7190		5889	6733	7704	
Fungicida \bar{x}	5526				7064				7384				5023				6288				6755			
Patógeno \bar{x}	6658												6029											
Año \bar{x}	6343																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	4283	5273	6415	5323	5632	6787	7006	6475	5652	6430	8447	6843	4263	4827	5628	4906	4525	5602	7344	5824	4963	6255	7986	6401
Baguette 11	4786	5198	5557	5180	6603	7723	7996	7441	6173	8079	9748	8000	4499	4110	4091	4234	5634	7178	9055	7289	5643	7608	8808	7353
ACA 303	4835	6240	6575	5883	5714	7198	7658	6857	6417	7238	8513	7389	4888	4722	4621	4744	4601	6935	8254	6597	5535	6906	9294	7245
Nitrógeno \bar{x}	4634	5570	6182		5983	7236	7553		6081	7249	8903		4550	4553	4780		4920	6572	8218		5380	6923	8696	
Fungicida \bar{x}	5462				6924				7411				4628				6570				7000			
Patógeno \bar{x}	6599												6066											
Año \bar{x}	6332																							

LSD Patógeno (Pa)=691 †; Fungicida (Fu)=234**; Nitrógeno (N)=136**; A × N=235**; Fu × N=288**; Pa × Fu × N=408**; Cultivar (Cu)=166**; Fu × Cu=325**;
Fu × N × Cu=499*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.21. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la biomasa aérea en hoja bandera (BA39) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

BA39 (g.m ⁻²)																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	682	860	999	847	719	895	1141	918	786	955	1126	956	534	749	925	736	599	832	1059	830	598	837	1159	865
Baguette 11	635	852	993	827	692	917	1085	898	748	959	1113	940	559	702	871	710	619	821	1011	817	640	833	1014	829
ACA 303	744	901	979	875	788	990	1110	963	838	1026	1128	997	665	795	935	798	714	906	1108	909	749	897	1140	929
Nitrógeno \bar{x}	687	871	990		733	934	1112		791	980	1123		586	749	910		644	853	1059		663	856	1104	
Fungicida \bar{x}	849				926				964				748				852				874			
Patógeno \bar{x}	913												825											
Año \bar{x}	869																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	810	946	1078	945	941	1143	1247	1110	1048	1198	1304	1183	807	950	1028	928	831	988	1105	975	868	1032	1109	1003
Baguette 11	857	1019	1221	1032	1030	1160	1337	1176	1096	1231	1336	1221	809	948	1053	936	828	978	1074	960	893	1058	1133	1028
ACA 303	870	1108	1211	1063	1040	1121	1277	1146	1052	1197	1344	1198	803	920	1007	910	911	963	1065	980	918	999	1097	1005
Nitrógeno \bar{x}	846	1024	1170		1004	1141	1287		1065	1209	1328		806	939	1029		857	977	1081		893	1030	1113	
Fungicida \bar{x}	1013				1144				1201				925				971				1012			
Patógeno \bar{x}	1119												969											
Año \bar{x}	1044																							

LSD Año (A)=9,68**; Patógeno (Pa)=155[†]; Fungicida (Fu)=20,4**; Nitrógeno (N)=19,2**; A × N=27,2**; A × Pa=28,9[†]; A × Pa × Fu=40,8*; Cultivar (Cu)=19,2**; A × Cu=22,6**; A × Pa × N=38,4*; A × Pa × Cu=38,4[†]

LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.22. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la biomasa aérea en antesis (BA60) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

BA60 (g.m ⁻²)																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla								Roya de la hoja															
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	809	998	1136	981	873	1055	1223	1050	976	1160	1334	1156	695	889	1016	866	704	987	1185	959	779	993	1229	1000
Baguette 11	827	1025	1118	990	885	1100	1235	1074	931	1154	1326	1137	658	862	933	818	788	1002	1182	990	782	1037	1226	1015
ACA 303	847	991	1124	987	925	1093	1235	1084	981	1142	1289	1137	743	924	1020	896	785	1083	1201	1023	844	1039	1202	1028
Nitrógeno \bar{x}	828	1004	1126		894	1083	1231		963	1152	1316		698	892	990		759	1024	1189		802	1023	1219	
Fungicida \bar{x}	986				1069				1143				860				991				1015			
Patógeno \bar{x}	1066												955											
Año \bar{x}	1011																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla								Roya de la hoja															
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1200	1361	1487	1349	1335	1421	1676	1477	1403	1514	1697	1538	1154	1332	1494	1326	1250	1409	1594	1418	1259	1474	1649	1461
Baguette 11	1164	1332	1490	1329	1286	1462	1657	1468	1354	1507	1705	1522	1158	1355	1477	1330	1262	1514	1630	1468	1270	1506	1664	1480
ACA 303	1131	1250	1487	1289	1328	1444	1662	1478	1394	1537	1671	1534	1163	1340	1476	1326	1274	1388	1595	1419	1270	1462	1656	1463
Nitrógeno \bar{x}	1165	1314	1488		1316	1442	1665		1384	1519	1691		1158	1342	1482		1262	1437	1606		1266	1481	1656	
Fungicida \bar{x}	1322				1474				1531				1328				1435				1468			
Patógeno \bar{x}	1443												1410											
Año \bar{x}	1426																							

LSD Año (A)=117*; Fungicida (Fu)=12,6**; Nitrógeno (N)=14,6**; Pa × N=20,7*; A × N=20,7*; Fu × N=25,3*; A × Cu=104*; A × Pa × Fu=25,3*; Pa × Fu=17,9*
LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.23. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar de la biomasa aérea a cosecha (BA95) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

BA95 (g.m ²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	945	1204	1366	1171	1099	1352	1551	1334	1185	1380	1591	1385	952	1214	1361	1176	1059	1378	1582	1340	1098	1433	1686	1406
Baguette 11	972	1187	1385	1181	1050	1353	1517	1306	1184	1406	1551	1380	963	1146	1235	1115	1127	1353	1534	1338	1135	1399	1591	1375
ACA 303	991	1214	1381	1195	1105	1358	1520	1328	1142	1368	1579	1363	994	1147	1324	1155	1080	1424	1505	1337	1132	1474	1594	1400
Nitrógeno \bar{x}	969	1201	1377		1085	1354	1529		1170	1384	1573		970	1169	1307		1089	1385	1541		1122	1435	1624	
Fungicida \bar{x}	1183				1323				1376				1148				1338				1394			
Patógeno \bar{x}	1294												1293											
Año \bar{x}	1294																							

2015																									
	Mancha amarilla												Roya de la hoja												
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC				
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	
ACA 315	1525	1639	1709	1624	1613	1757	1943	1771	1729	1764	2034	1842	1382	1522	1830	1578	1450	1721	2025	1732	1514	1821	2077	1804	
Baguette 11	1468	1544	1692	1568	1580	1785	1970	1778	1664	1903	2121	1896	1423	1650	1782	1619	1476	1751	2021	1749	1530	1799	2054	1794	
ACA 303	1422	1494	1630	1515	1577	1740	1988	1768	1736	1870	2062	1889	1431	1624	1800	1619	1437	1730	1987	1718	1494	1777	1997	1756	
Nitrógeno \bar{x}	1472	1559	1677		1590	1761	1967		1710	1846	2072		1412	1599	1804		1454	1734	2011		1512	1799	2043		
Fungicida \bar{x}	1569				1772				1876				1605				1733				1785				
Patógeno \bar{x}	1739													1708											
Año \bar{x}	1723																								

LSD Año (A)=140*; Fungicida (Fu)=19**; Nitrógeno (N)=17,6**; A × N=24,8*; A × Pa × Fu=38,0**; A × Cu=125 †; A × Pa × N=35,1**; A × Pa × Fu × Cu=61,3*; Pa × N=24,8**; Fu × N=30,4**; Pa × N × Cu =43,0*

LSD de factores significativos ($p < 0,10$) †; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.24. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del % Nitrógeno en antesis (%Nant) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

%Nant																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	Sin fungicida												Sin fungicida											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,48	1,45	1,76	1,56	1,39	1,49	1,69	1,52	1,52	1,61	1,77	1,63	1,41	1,45	1,64	1,50	1,43	1,44	1,64	1,50	1,38	1,45	1,59	1,47
Baguette 11	1,54	1,56	1,56	1,55	1,43	1,48	1,56	1,49	1,52	1,71	1,64	1,62	1,45	1,45	1,69	1,53	1,45	1,52	1,59	1,52	1,43	1,48	1,60	1,50
ACA 303	1,56	1,64	1,65	1,61	1,37	1,62	1,60	1,53	1,53	1,53	1,74	1,60	1,42	1,36	1,67	1,48	1,42	1,37	1,63	1,47	1,38	1,45	1,62	1,48
Nitrógeno \bar{x}	1,53	1,55	1,65		1,39	1,53	1,62		1,52	1,61	1,72		1,43	1,42	1,66		1,43	1,44	1,62		1,39	1,46	1,60	
Fungicida \bar{x}	1,58				1,51				1,62				1,50				1,50				1,48			
Patógeno \bar{x}	1,57												1,49											
Año \bar{x}	1,53																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	SF												SF											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,19	1,10	1,36	1,22	1,25	1,35	1,44	1,35	1,29	1,38	1,45	1,37	0,96	1,06	1,34	1,12	1,07	1,08	1,43	1,19	1,10	1,11	1,46	1,22
Baguette 11	1,22	1,18	1,27	1,22	1,30	1,33	1,35	1,33	1,18	1,46	1,44	1,36	1,06	1,20	1,15	1,14	1,11	1,22	1,25	1,19	1,13	1,08	1,14	1,12
ACA 303	1,32	1,26	1,36	1,32	1,38	1,42	1,46	1,42	1,29	1,30	1,37	1,32	1,27	1,27	1,19	1,24	1,05	1,29	1,26	1,20	1,08	1,22	1,31	1,20
Nitrógeno \bar{x}	1,24	1,18	1,33		1,31	1,37	1,42		1,25	1,38	1,42		1,10	1,17	1,23		1,08	1,19	1,31		1,10	1,14	1,30	
Fungicida \bar{x}	1,25				1,36				1,35				1,17				1,19				1,18			
Patógeno \bar{x}	1,32												1,18											
Año \bar{x}	1,25																							

LSD Año (A)=0,103*; Patógeno (Pa)=0,034**; A × Pa=0,084*; Fungicida (Fu)=0,030*; A × Fu=0,042*; Pa × Fu=0,042 †; A × Pa × Fu=0,059†; Nitrógeno (N)=0,020*; A × N=0,028†; Pa × N= 0,028*; A × Cu=0,084†; N × Cu=0,035**; A × Pa × N=0,040*; Pa × Fu × N=0,049*; Pa × Fu × Cu=0,057*; A × N × Cu=0,049*; A × Pa × Fu × N=0,069*; A × Pa × N × Cu=0,069**; Pa × Fu × N × Cu=0,085*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.25. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del % Nitrógeno a cosecha (%Ncos) en planta entera en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

%Ncos																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	Sin fungicida												Sin fungicida											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,39	1,35	1,62	1,45	1,28	1,32	1,50	1,37	1,42	1,51	1,68	1,53	1,18	1,19	1,37	1,24	1,09	1,18	1,36	1,21	1,11	1,16	1,33	1,20
Baguette 11	1,45	1,46	1,37	1,42	1,37	1,35	1,47	1,40	1,34	1,57	1,66	1,52	1,10	1,18	1,38	1,22	1,17	1,29	1,40	1,29	1,16	1,26	1,40	1,27
ACA 303	1,45	1,48	1,48	1,47	1,27	1,44	1,49	1,40	1,46	1,42	1,65	1,51	1,19	1,20	1,38	1,25	1,15	1,18	1,47	1,26	1,17	1,21	1,41	1,26
Nitrógeno \bar{x}	1,43	1,43	1,49		1,31	1,37	1,48		1,41	1,50	1,66		1,15	1,19	1,37		1,13	1,21	1,41		1,15	1,21	1,38	
Fungicida \bar{x}	1,43				1,39				1,52				1,24				1,25				1,25			
Patógeno \bar{x}	1,45												1,25											
Año \bar{x}	1,35																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	SF												SF											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,05	1,04	1,34	1,14	1,15	1,23	1,39	1,26	1,15	1,31	1,39	1,28	0,90	1,04	1,23	1,06	1,02	1,00	1,29	1,11	1,04	1,03	1,34	1,14
Baguette 11	1,06	1,13	1,25	1,14	1,17	1,22	1,28	1,22	1,03	1,28	1,35	1,22	0,97	1,08	1,05	1,03	1,07	1,19	1,16	1,14	1,06	1,05	1,08	1,06
ACA 303	1,15	1,19	1,39	1,24	1,27	1,30	1,35	1,31	1,15	1,22	1,28	1,22	0,94	1,16	1,08	1,06	1,02	1,20	1,19	1,14	1,05	1,18	1,28	1,17
Nitrógeno \bar{x}	1,08	1,12	1,32		1,20	1,25	1,34		1,11	1,27	1,34		0,94	1,09	1,12		1,04	1,13	1,21		1,05	1,09	1,23	
Fungicida \bar{x}	1,18				1,26				1,24				1,05				1,13				1,12			
Patógeno \bar{x}	1,23												1,92											
Año \bar{x}	1,16																							

LSD Año (A)=0,073*; Patógeno (Pa)=0,038**; A × Pa=0,054*; Fungicida (Fu)=0,023**; A × Fu=0,033**; Pa × Fu=0,033 *; A × Pa × Fu=0,047*; Nitrógeno (N)=0,016**; Cultivar (Cu)=0,016**; A × N=0,023*; A × Cu=0,057*; Fu × Cu=0,032*; N × Cu=0,028**; A × Pa × N=0,032*; A × Fu × N=0,040*; Pa × Fu × N=0,040*; A × Fu × Cu=0,045†; Pa × Fu × Cu=0,045†; A × N × Cu=0,040*; Fu × N × Cu=0,049†; A × Pa × Fu × N=0,056**; A × Pa × N × Cu=0,056**; Pa × Fu × N × Cu=0,064**

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)†; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.26. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno acumulado en antesis (Nant) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Nant (g.m²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	12,0	14,5	20,0	15,5	12,1	15,7	20,7	16,2	14,9	18,7	23,5	19,0	9,75	12,8	16,6	13,1	10,0	14,2	19,4	14,6	10,7	14,4	19,5	14,9
Baguette 11	12,8	16,0	17,5	15,4	12,6	16,2	19,3	16,0	14,1	19,6	21,8	18,5	9,50	12,5	15,8	12,6	11,3	15,2	18,8	15,1	11,1	15,3	19,6	15,3
ACA 303	13,2	16,2	18,5	16,0	12,7	17,8	19,8	16,7	15,1	17,5	22,5	18,4	10,5	12,5	17,0	13,4	11,1	14,8	19,6	15,1	11,6	15,1	19,5	15,5
Nitrógeno \bar{x}	12,6	15,6	18,7		12,5	16,6	19,9		14,7	18,6	22,6		9,93	12,6	16,5		10,8	14,7	19,3		11,1	14,9	19,5	
Fungicida \bar{x}	15,6				16,3				18,6				13,0				14,9				15,2			
Patógeno \bar{x}	16,9												14,4											
Año \bar{x}	15,6																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	14,3	15,1	20,3	16,6	16,8	19,2	24,2	20,1	18,2	20,9	24,7	21,3	11,1	14,1	20,0	15,1	13,4	15,2	22,8	17,1	13,9	16,4	24,0	18,1
Baguette 11	14,2	15,8	18,9	16,3	16,6	19,5	22,4	19,5	15,8	21,9	24,6	20,8	12,3	16,2	17,0	15,2	14,0	18,4	20,3	17,6	14,3	16,3	18,9	16,5
ACA 303	14,9	15,8	20,4	17,0	18,3	20,4	24,3	21,0	18,1	20,1	22,9	20,4	12,0	17,0	17,6	15,5	13,4	17,8	20,0	17,1	13,7	17,8	21,6	17,7
Nitrógeno \bar{x}	14,5	15,5	19,8		17,3	19,7	23,6		17,3	21,0	24,1		11,8	15,8	18,2		13,6	17,2	21,0		14,0	16,8	21,5	
Fungicida \bar{x}	16,6				20,2				20,8				15,3				17,3				17,4			
Patógeno \bar{x}	19,2												16,7											
Año \bar{x}	17,9																							

LSD Año (A)=2,06*; Patógeno (Pa)=2,11*; Fungicida (Fu)=0,324**; A × Fu=0,458**; Pa × Fu= 0,458**; A × Pa × Fu=0,647*; Nitrógeno (N)=0,256**; Cultivar (Cu)=0,256*; A × N=0,363*; Pa × N=0,363*; Fu × N=0,444**; Fu × Cu=0,475*; N × Cu=0,444**; A × Pa × N=0,513*; Pa × Fu × N=0,628*; Pa × Fu × Cu=0,672*; A × N × Cu=0,628*; Pa × N × Cu=0,628*; A × Pa × Fu × N=0,888*; A × Pa × N × Cu=0,888**; Pa × Fu × N × Cu=1,09 †

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.27. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno acumulado en planta entera a cosecha (Ncos) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Ncos (g.m ⁻²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	13,2	16,2	22,1	17,2	14,1	17,8	23,3	18,4	16,9	20,8	26,7	21,4	11,1	14,5	18,3	14,7	11,5	16,2	21,5	16,4	12,2	16,7	22,4	17,1
Baguette 11	14,1	17,3	18,9	16,8	14,4	18,3	22,2	18,3	15,8	22,0	25,7	21,2	10,6	13,5	17,0	13,7	13,2	17,3	21,5	17,3	13,1	17,6	22,3	17,7
ACA 303	14,4	17,9	20,5	17,6	14,1	19,6	22,6	18,8	16,8	19,4	26,1	20,8	11,8	13,7	18,3	14,6	12,3	16,8	22,0	17,1	13,3	17,8	22,5	17,9
Nitrógeno \bar{x}	13,9	17,2	20,5		14,2	18,6	22,7		16,5	20,7	26,1		11,2	13,9	18,0		12,3	16,8	21,7		12,9	17,4	22,4	
Fungicida \bar{x}	17,2				18,5				21,1				14,3				16,9				17,5			
Patógeno \bar{x}	18,9												16,3											
Año \bar{x}	17,6																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	15,9	17,1	22,8	18,6	18,7	21,6	27,0	22,4	20,1	23,1	28,3	23,8	12,4	15,9	22,5	16,9	14,8	17,3	26,1	19,4	15,7	18,9	27,8	20,8
Baguette 11	15,5	17,4	21,1	18,0	18,5	21,7	25,1	21,8	17,1	24,3	28,7	23,4	13,8	17,8	18,7	16,8	15,8	20,8	23,5	20,0	16,2	18,9	22,2	19,1
ACA 303	16,4	17,8	22,6	18,9	20,1	22,7	26,8	23,2	20,0	22,9	26,3	23,1	13,5	18,8	19,3	17,2	14,7	20,7	23,6	19,7	15,7	20,9	25,5	20,7
Nitrógeno \bar{x}	15,9	17,4	22,2		19,1	22,0	26,3		19,1	23,4	27,8		13,2	17,5	20,2		15,1	19,6	24,4		15,9	19,5	25,2	
Fungicida \bar{x}	18,5				22,5				23,4				17,0				19,7				20,2			
Patógeno \bar{x}	21,5												19,0											
Año \bar{x}	20,2																							

LSD Año (A)=1,59*; Patógeno (Pa)=2,21*; Fungicida (Fu)=0,324**; A × Fu=0,458*; Pa × Fu=0,458*; A × Pa × Fu=0,648*; Nitrógeno (N)=0,270**; Cultivar (Cu)=0,270*; A × N=0,382*; Fu × N=0,468**; Fu × Cu=0,490†; N × Cu=0,468**; A × Pa × N=0,540†; Pa × Fu × N=0,661†; Pa × Fu × Cu=0,693*; A × N × Cu=0,661*; Pa × N × Cu=0,661*; A × Pa × Fu × N=0,935*; A × Pa × N × Cu=0,935**; Pa × Fu × N × Cu=1,15*; A × Pa × Fu × N × Cu=1,62†

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.28. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del % Nitrógeno en grano (%NG) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

%NG																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	Sin fungicida												Sin fungicida											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,20	2,20	2,30	2,23	2,08	2,13	2,31	2,17	2,04	2,15	2,31	2,17	1,94	2,01	2,11	2,02	1,86	1,96	2,28	2,03	1,81	2,00	2,36	2,06
Baguette 11	2,07	2,02	1,99	2,03	1,67	1,90	2,04	1,87	1,60	1,68	2,12	1,80	1,62	1,72	1,83	1,72	1,60	1,71	1,92	1,74	1,68	1,83	2,05	1,85
ACA 303	1,86	1,96	1,99	1,94	1,66	1,74	1,87	1,76	1,62	1,78	1,94	1,78	1,77	1,81	1,88	1,82	1,84	1,94	2,09	1,96	1,86	2,05	2,24	2,05
Nitrógeno \bar{x}	2,04	2,06	2,09		1,80	1,92	2,07		1,75	1,87	2,12		1,78	1,85	1,94		1,77	1,87	2,10		1,78	1,96	2,22	
Fungicida \bar{x}	2,07				1,93				1,92				1,85				1,91				1,99			
Patógeno \bar{x}	1,97												1,92											
Año \bar{x}	1,94																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	SF												SF											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,17	2,15	2,21	2,18	2,02	2,06	2,20	2,09	1,93	1,99	2,23	2,17	1,85	1,87	1,97	1,90	1,84	1,97	2,21	2,01	1,84	1,99	2,31	2,05
Baguette 11	1,91	1,94	2,14	2,00	1,83	1,83	2,14	1,93	1,56	1,74	2,15	1,91	1,62	1,61	1,72	1,65	1,57	1,70	1,97	1,75	1,60	1,89	2,18	1,89
ACA 303	1,87	1,97	2,00	1,95	1,67	1,75	1,88	1,77	1,76	1,89	2,01	1,87	1,80	1,88	1,93	1,87	1,81	1,85	2,00	1,89	1,81	1,95	2,18	1,98
Nitrógeno \bar{x}	1,98	2,02	2,12		1,84	1,88	2,07		1,75	1,87	2,13	1,98	1,76	1,79	1,87		1,74	1,84	2,06		1,75	1,94	2,22	
Fungicida \bar{x}	2,04				1,93				1,92				1,81				1,88				1,97			
Patógeno \bar{x}	1,96												1,92											
Año \bar{x}	1,92																							

LSD Año (A)=0,026[†]; Patógeno (Pa)=0,053*; Fungicida (Fu)=0,033[†]; Pa × Fu=0,046**; Nitrógeno (N)= 0,028**; Cultivar (Cu)=0,040**; Pa × N=0,040[†]; Fu × N=0,049**; A × Cu=0,035*; Pa × Cu=0,040**; N × Cu=0,049*; Pa × Fu × Cu=0,072*; A × Pa × Fu × Cu=0,101[†]

LSD de factores significativos ($p < 0,10$)[†]; ($p < 0,05$)*; ($p < 0,001$)**

Tabla 3.29. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno acumulado en granos (NG) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NG (g.m ⁻²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	10,3	11,5	13,5	11,7	12,8	14,5	15,9	14,4	12,5	14,3	17,9	14,9	9,04	10,0	11,4	10,2	9,20	10,9	14,8	11,6	9,82	12,2	16,6	12,9
Baguette 11	10,9	11,1	11,3	11,1	12,1	14,8	16,3	14,4	10,9	13,1	18,5	14,2	7,99	8,12	8,58	8,23	9,85	12,0	15,5	12,4	10,4	13,3	16,2	13,3
ACA 303	9,9	11,9	12,4	11,4	10,4	12,4	13,8	12,2	11,4	13,3	15,9	13,5	9,47	9,50	9,79	9,59	9,22	12,2	14,7	12,1	11,3	13,9	18,2	14,5
Nitrógeno \bar{x}	10,3	11,5	12,4		11,8	13,9	15,3		11,6	13,5	17,4		8,83	9,21	9,94		9,42	11,7	15,0		10,5	13,2	17,0	
Fungicida \bar{x}	11,4				13,7				14,2				9,33				12,0				13,6			
Patógeno \bar{x}	13,1												11,6											
Año \bar{x}	12,4																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	9,26	11,3	14,3	11,6	11,4	14,0	15,4	13,6	11,0	12,7	18,8	14,2	7,86	9,05	11,1	9,34	8,31	11,0	16,2	11,8	9,13	12,4	18,4	13,3
Baguette 11	9,11	10,1	11,9	10,4	12,1	14,2	17,1	14,5	9,47	14,0	21,0	14,8	7,29	6,64	7,04	6,99	8,86	12,3	17,8	13,0	9,09	14,4	19,1	14,2
ACA 303	9,03	12,3	13,1	11,5	9,53	12,7	14,4	12,2	11,3	13,6	17,1	14,0	8,83	8,86	8,87	8,85	8,29	12,8	16,5	12,5	10,1	13,5	20,3	14,6
Nitrógeno \bar{x}	9,13	11,2	13,1		11,0	13,6	15,6		10,6	13,5	19,0		7,99	8,18	9,01		8,49	12,0	16,8		9,43	13,5	19,3	
Fungicida \bar{x}	11,2				13,4				14,3				8,39				12,5				14,0			
Patógeno \bar{x}	13,0												11,6											
Año \bar{x}	12,3																							

LSD Patógeno (Pa)=1,00*; Fungicida (Fu)=0,438**; Pa × Fu=0,620**; Nitrógeno (N)= 0,366**; A × N=0,518**; Pa × Cu=1,11**; Fu × Cu=0,664**; Pa × Fu × N=0,897**; Pa × Fu × Cu=0,939*; Fu × N × Cu=1,098*; Pa × Fu × N × Cu=1,55*

LSD de factores significativos ($p<0,10$)[†]; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.30. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno absorbido en post-antesis (NPA) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NPA (g.m ⁻²)																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	Sin fungicida												Sin fungicida											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,18	1,69	2,18	1,68	1,99	2,10	2,60	2,23	1,98	2,15	3,14	2,42	1,38	1,63	1,95	1,65	1,43	1,99	2,07	1,83	1,50	2,30	2,89	2,23
Baguette 11	1,28	1,34	1,42	1,35	1,75	2,11	2,92	2,26	1,70	2,35	3,84	2,63	1,05	1,08	1,22	1,12	1,82	2,12	2,70	2,21	2,04	2,36	2,70	2,37
ACA 303	1,24	1,67	1,96	1,62	1,37	1,82	2,86	2,02	1,67	1,90	3,60	2,39	1,23	1,13	1,28	1,21	1,29	2,01	2,46	1,92	1,71	2,68	3,00	2,46
Nitrógeno \bar{x}	1,23	1,57	1,85		1,70	2,01	2,79		1,78	2,13	3,53		1,22	1,28	1,48		1,51	2,04	2,41		1,75	2,45	2,86	
Fungicida \bar{x}	1,55				2,17				2,48				1,33				1,99				2,35			
Patógeno \bar{x}	2,07												1,89											
Año \bar{x}	1,98																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	SF												SF											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	1,58	2,03	2,53	2,05	1,88	2,41	2,81	2,37	1,88	2,21	3,65	2,58	1,33	1,78	2,48	1,86	1,46	2,03	3,32	2,27	1,81	2,50	3,83	2,71
Baguette 11	1,33	1,64	2,25	1,74	1,93	2,30	2,70	2,31	1,36	2,35	4,13	2,61	1,49	1,53	1,68	1,57	1,77	2,34	3,20	2,44	1,87	2,49	3,31	2,56
ACA 303	1,43	2,04	2,25	1,91	1,77	2,21	2,49	2,16	1,97	2,75	3,42	2,71	1,53	1,82	1,74	1,70	1,27	2,92	3,54	2,58	1,96	3,15	3,84	2,98
Nitrógeno \bar{x}	1,45	1,90	2,34		1,86	2,31	2,67		1,74	2,44	3,73		1,45	1,71	1,97		1,50	2,43	3,35		1,88	2,71	3,66	
Fungicida \bar{x}	1,90				2,28				2,64				1,71				2,43				2,75			
Patógeno \bar{x}	2,27												2,30											
Año \bar{x}	2,28																							

LSD Fungicida (Fu)=0,175**; Nitrógeno (N)= 0,165**; Fu × Cu=0,286**; Fu × N=0,286†

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.31. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno removilizado (NREM) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

NREM (g.m ⁻²)																								
2014																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	Sin fungicida												Sin fungicida											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	9,09	9,81	11,3	10,1	10,8	12,4	13,3	12,2	10,5	12,1	14,7	12,5	7,66	8,36	9,49	8,50	7,77	8,91	12,8	9,81	8,32	9,94	13,7	10,7
Baguette 11	9,61	9,72	9,86	9,73	10,3	12,7	13,4	12,1	9,17	10,7	14,7	11,5	6,94	7,04	7,36	7,11	8,02	9,83	12,8	10,2	8,30	10,9	13,5	10,9
ACA 303	8,63	10,2	10,5	9,78	9,00	10,6	10,9	10,2	9,73	11,4	12,3	11,1	8,25	8,37	8,51	8,38	7,94	10,2	12,2	10,1	9,57	11,3	15,2	12,0
Nitrógeno \bar{x}	9,11	9,92	10,5		10,0	11,9	12,5		9,81	11,4	13,9		7,62	7,92	8,45		7,91	9,65	12,6		8,73	10,7	14,2	
Fungicida \bar{x}	9,85				11,5				11,7				8,00				10,1				11,2			
Patógeno \bar{x}	11,0												9,75											
Año \bar{x}	10,4																							

2015																								
Cultivar (Cu)	Mancha amarilla				TE				TEC				Roya de la hoja				TE				TEC			
	SF												SF											
	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	7,68	9,30	11,7	9,57	9,51	11,6	12,6	11,2	9,08	10,5	15,2	11,6	6,53	7,27	8,63	7,48	6,85	9,01	12,8	9,57	7,32	9,93	14,5	10,6
Baguette 11	7,78	8,42	9,62	8,61	10,2	11,9	14,4	12,2	8,11	11,6	16,8	12,2	5,79	5,12	5,36	5,42	7,09	9,92	14,6	10,6	7,21	11,9	15,8	11,7
ACA 303	7,60	10,3	10,9	9,58	7,76	10,4	11,9	10,0	9,29	10,9	13,7	11,3	7,31	7,04	7,13	7,16	7,02	9,91	12,9	9,95	8,10	10,3	16,4	11,6
Nitrógeno \bar{x}	7,69	9,32	10,7		9,15	11,3	13,0		8,83	11,0	15,2		6,54	6,48	7,04		6,99	9,61	13,5		7,54	10,7	15,6	
Fungicida \bar{x}	9,25				11,1				11,7				6,69				10,0				11,3			
Patógeno \bar{x}	10,7												9,33											
Año \bar{x}	10,0																							

LSD Año (A)=0,536†; Patógeno (Pa)=0,855*; Fungicida (Fu)=0,415**; A × Fu=0,587†; Pa × Fu=0,587*; Nitrógeno (N)=0,353**; A × N=0,499**; Pa × N=0,499*; Fu × N=0,611**; Pa × Cu=0,849**; Fu × Cu=0,635*; Pa × Fu × N=0,864**; Pa × Fu × Cu=0,898†

LSD de factores significativos ($p<0,10$)†; ($p<0,05$)*; ($p<0,001$)**

Tabla 3.32. Medias de la interacción Año × Patógeno × Fungicida × Nitrógeno × Cultivar del Nitrógeno vegetativo acumulado a cosecha (Ncveg) en un ensayo inoculado con *Py. tritici-repentis* y *P. triticina* (\bar{x} indica el promedio)

Ncveg (g.m ⁻²)																								
2014																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	Sin fungicida				TE				TEC				Sin fungicida				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}	0N	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	2,88	4,73	8,70	5,44	1,31	3,34	7,32	3,99	4,33	6,55	8,80	6,56	2,09	4,46	7,14	4,56	2,26	5,33	6,66	4,75	2,37	4,43	5,78	4,19
Baguette 11	3,18	6,24	7,65	5,69	2,28	3,51	5,92	3,90	4,95	8,91	7,18	7,01	2,56	5,42	8,42	5,47	3,32	5,36	6,00	4,89	2,78	4,35	6,04	4,39
ACA 303	4,53	6,02	8,04	6,20	3,70	7,18	8,83	6,57	5,35	6,12	10,22	7,23	2,30	4,17	8,49	4,99	3,12	4,57	7,36	5,02	2,01	3,83	4,32	3,39
Nitrógeno \bar{x}	3,53	5,66	8,13		2,43	4,68	7,36		4,88	7,19	8,73		2,32	4,68	8,02		2,90	5,09	6,67		2,39	4,20	5,38	
Fungicida \bar{x}	5,77				4,82				6,93				5,01				4,89				3,99			
Patógeno \bar{x}	5,84												4,63											
Año \bar{x}	5,24																							

2015																								
	Mancha amarilla												Roya de la hoja											
	SF				TE				TEC				SF				TE				TEC			
Cultivar (Cu)	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}	ON	70N	140N	Cu \bar{x}
ACA 315	6,64	5,75	8,55	6,98	7,30	7,63	11,5	8,82	9,09	10,4	9,50	9,65	4,54	6,83	11,4	7,59	6,50	6,21	9,93	7,55	6,61	6,43	9,45	7,50
Baguette 11	6,41	7,35	9,26	7,67	6,43	7,56	8,01	7,33	7,66	10,3	7,76	8,57	6,52	11,12	11,7	9,77	6,92	8,52	5,67	7,04	7,11	4,38	3,03	4,84
ACA 303	7,32	5,55	9,49	7,45	10,6	10,0	12,4	11,0	8,76	9,23	9,23	9,07	4,69	9,91	10,5	8,35	6,37	7,90	7,10	7,12	5,63	7,45	5,21	6,10
Nitrógeno \bar{x}	6,79	6,22	9,10		8,10	8,40	10,6		8,50	9,97	8,83		5,25	9,29	11,2		6,60	7,54	7,57		6,45	6,09	5,90	
Fungicida \bar{x}	7,37				9,05				9,10				8,57				7,24				6,14			
Patógeno \bar{x}	8,51												7,32											
Año \bar{x}	7,91																							

LSD Año (A)=2,58*; Pa × Fu=0,830**; A × Pa × Fu=1,17*; Nitrógeno (N)=0,405**; Cultivar (Cu)=0,405*; A × N=0,573**; Fu × N=0,701**; Pa × Cu=2,54**; Fu × Cu=0,802**; N × Cu=0,701**; Pa × Fu × N=0,992**; A × Fu × Cu=1,13*; Pa × Fu × Cu=1,13*; A × Pa × Fu × N=1,40†; A × Pa × N × Cu=1,40*

LSD de factores significativos (p<0,10)†; (p<0,05)*; (p<0,001)**