



“Efecto de la tolerancia a *Zymoseptoria tritici*, la fertilización nitrogenada y distintos fungicidas sobre la expresión del rendimiento y la calidad panadera del trigo”

Ing. Agr. Ana Carolina Castro

La Plata, 28 de marzo de 2016

Trabajo de Tesis para optar por el título de Doctor de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP)

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

Co- director de tesis: Ing. Agr. Marcelo D. Asbornó

Jurado de tesis

MSc. Ing. Agr. Juan Gerardo Annone

Dr. Ing. Agr. Daniel Miralles

Dr. Ing. Agr. Ariel Vicente

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia.

A mis padres Susana y Raúl que me han dado la vida. Ellos son el cariño, el abrazo, la palabra de aliento, el apoyo incondicional, mi ejemplo y mi guía siempre.

A mis hermanas Karina y María Gabriela.

A Santiaguito y Sofía.

A mis tías Marta y Graciela.

A Sebastián, que llena mi vida de luz y es el amor en mi vida.

Agradecimientos

Esta tesis es el resultado de muchos años de trabajo y esfuerzo. Son numerosos los agradecimientos porque en este tiempo han sido muchas las personas que me acompañaron y animaron.

Quiero agradecer primeramente a mi directora **Dra. María Rosa Simón** quien ha guiado mi tarea incondicionalmente, en estos años de estudio. Destaco su enorme dedicación al trabajo, su responsabilidad e idoneidad profesional que constituyen un verdadero ejemplo para sus alumnos.

A la **CIC** (Comisión de Investigaciones Científicas) de la Provincia de Buenos Aires y al **CONICET** (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) que financiaron mis estudios.

Al **Ing. Agr. Martín Pardi** que ha colaborado en mis ensayos de campo, tareas informáticas y en el aporte de datos meteorológicos y ha sido mi guía en mis primeros pasos en la investigación.

A la **Bioquímica Mirta Castaño** quien me ha enseñado a realizar los análisis de calidad en el laboratorio y ha sido una buena compañera.

A todos mis colegas y compañeros de Cerealicultura, especialmente al **Ing. Agr. Matías Schierenbeck** y al **Ing. Agr. Guillermo Gerard**, quienes han compartido y colaborado conmigo en distintas etapas del trabajo y muy especialmente a la **Ing. Agr. María Constanza Fleitas**, con quien he trabajado en los ensayos de campo y laboratorio, hemos compartido congresos, días de escritura de trabajos y me ha brindado fotografías de nuestra labor.

A los tesisistas de grado que codirigí y a todos los que colaboraron en las tareas de campo y laboratorio, especialmente a los **Ing. Agr. Nicolás Rusoci** y **Antonella Mattioda**.

A **Sebastián Amado** que ha colaborado con los ensayos de panificación, cálculo de área foliar, elaboración de tablas y diseño de esta tesis.

A todas mis amigas: **Luciana, Soledad, Consuelo, Florencia**, que siempre han estado firmes siguiendo mis proyectos y me han alentado en este camino.

A mis amigas, las profesoras de Inglés, **María Cristina Rodríguez Franco** y **María Julia del Rivero**.

A los directivos del **Colegio Nuestra Señora de la Misericordia**. En este colegio me formé y tengo el privilegio de ser docente también. Gracias por acompañarme y

concederme los tiempos necesarios en la realización de mis cursos y asistencia a jornadas.

A mis **compañeros y amigos** del Colegio Nuestra Señora de la Misericordia que me han acompañado en el recorrido, especialmente a quienes han sido mis maestras y profesoras. A ellos todo mi reconocimiento.

TRABAJOS PUBLICADOS Y EN EVALUACIÓN DERIVADOS DE ESTA TESIS

1. **“Efecto de la mancha de la hoja sobre la duración del área foliar verde, dinámica del N, rendimiento y calidad de trigo”** Castro, A.C; Golik, S.I; Simón, M.R. Revista FAVE – Ciencias Agrarias 14 (2) 2015. ISSN 1666-7719.

2. **Effect of tolerance to Septoria Leaf Blotch on grain yield, its components and grain quality in Argentinean wheat cultivars**”. Castro, A.C; Simón, M.R. Revista Crop Protection. *Estado: En corrección.*

3. **“Quality response to the control of *Mycosphaerella graminicola* in wheat affected by nitrogen rate and cultivar breadmaking aptitude”** Fleitas, M.C; Castro, A.C; Simón, M.R. *Enviado a la Revista Crop & Pasture Science. Estado: En revisión.*

TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS

1. **“Influencia de *Septoria tritici* en las propiedades reológicas de la harina de trigo con tres dosis de fertilizante nitrogenado y tres tratamientos de fungicidas”**. 2011. CASTRO, A.C; FLEITAS, M.C; CASTAÑO, M; SIMÓN, M.R. Libro de resúmenes del Segundo Congreso Argentino de Fitopatología. 1, 2 y 3 de Junio de 2011. “Hotel 13 de Julio” Mar del Plata, Pcia Bs As. Argentina. Pág. 286.

2. **“Efectos de fungicidas sobre el rendimiento y sus componentes en trigo inoculado con *Septoria tritici*”** FLEITAS, M.C; CASTRO, A. C; LIAUDAT, J.P; GOLIK, S.I; SIMÓN, M.R. Libro de resúmenes del Segundo Congreso Argentino de Fitopatología. 1, 2 y 3 de Junio de 2011. “Hotel 13 de Julio” Mar del Plata, Pcia. Bs. As. Argentina. Pág. 296.

3. **“Influencia de la mancha de la hoja sobre la concentración de proteínas en tres partes de la espiga de trigo”** LIAUDAT, J.P; CASTRO, A.C; SCHALAMUK, S; SIMÓN, M.R. Libro de resúmenes del Segundo Congreso Argentino de Fitopatología. 1, 2 y 3 de Junio de 2011. “Hotel 13 de Julio” Mar del Plata, Pcia. Bs. As. Argentina. Pág. 309.

4. **“Influence of Septoria Leaf Blotch on Protein accumulation and distribution among Grains in Wheat Spikes under N applications”**. Simón, M.R.; Liaudat, J.P.; Fleitas, M.C., Castro A.C.; Schalamuk, S. 2012. 6th International Crop Science Congress. 6-10 Agosto, 2012. Fundaparque Event Center, Bento Goncalvez, RS, Brasil. Session Agronomy. Presentación N° 3254.

5. **“Influence of Septoria tritici on yield and baking quality of wheat”**. Fleitas, M.C; Castro, A.C; Simón, M.R. ASA, CSSA, SSSA International Annual Meetings. Poster N° 603. Session Cereal, Pulses, and Feed Grains Crop Ecology, Management and Quality. Duke Energy Convention Center, Exhibit Hall AB, Level 1, 1. Oct. 21-24, 2012. Cincinnati, Ohio.

6. **“Efectos de la mancha de la hoja sobre el rendimiento, peso hectolítrico, proteína y gluten de cultivares de trigo con diferente tolerancia”** Castro, A.C; Golik, S.I; Simón, M.R. Congreso Latinoamericano de Fitopatología, Lambayaque Perú 1-5 Octubre 2013. Libro resúmenes del congreso. Pág 92/ Revista Fitopatología de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología ALF on line N°2: 2013. ISSN: 04306155. Seleccionado para presentación oral (Pág20).
7. **“Efecto de la septoriosis de la hoja sobre el nitrógeno removilizado, nitrógeno absorbido post-antesis, acumulado en grano y rendimiento en grano”** Golik, S.I; Castro, A.C; Fleitas, M.C; Simón, M.R” Congreso Latinoamericano de Fitopatología, Lambayaque Perú 1-5 Octubre 2013. Libro resúmenes del congreso. Pág 99. Revista Fitopatología de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología ALF on line N°2: 2013. ISSN: 04306155
8. **“Consecuencias de la Septoriosis de la hoja sobre la removilización del N, el rendimiento de grano y la calidad panadera en trigo”** Castro, A.C; Golik, S.I; Simón, M.R. Sesión II: Estrategias de mejoramiento para restricciones bióticas y abióticas. Aplicación de nuevas herramientas para el mejoramiento de cultivos. El “fenotipado automático a alto caudal”. II Workshop Internacional de Ecofisiología de Cultivos Aplicada al Mejoramiento Vegetal. Mar del Plata, 26 y 27 de Agosto de 2013. SEMA, Hotel Sheraton.
9. **“Tolerance to foliar diseases in wheat cultivars”** Session IV. Biotic Stress Resistance. Simón, M.R; Castro, A.C; Fleitas, M.C; Schierenbeck, M. EUCARPIA Cereals Section- ITMI Joint Conference Wernigerode, Germany, June 29- July 4, 2014. Cereals for food, Feed and Fuel Challenge for global improvement. Book of abstracts. Ulrike Lohwasser & Andreas Börner (eds) Pág 274.
10. **“Tolerancia a *Septoria tritici* en cultivares de trigo y su influencia en la calidad panadera”.** Castro, A.C; Simón, M.R. Seminario Internacional de trigo. INIA La Estanzuela. Colonia, Uruguay. 27 al 29 Agosto 2014. Sesión 3 de Pósters. Pág 51.
11. **“Tolerance to septoria leaf blotch and its association with wheat quality”.** Castro, A.C; Simón, M.R. International Wheat Conference 2015. 20-25 Sept. Sydney. Australia. Pág. 146.
12. **“Duración del área foliar, removilización y absorción de nitrógeno bajo distintas concentraciones de *Mycosphaerella graminicola* y su efecto sobre el rendimiento y calidad en trigo pan”** Castro, A.C; Golik, S.I; Simón, M.R. Libro de resúmenes de las XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. ISSN: 2451-8069. 1era Ed. Octubre 2015. Pág. 41. (Seleccionado por el comité científico para presentación oral).

INDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| Jurado de tesis | 2 |
| Dedicatoria | 3 |
| Agradecimientos | 4 |
| TRABAJOS PUBLICADOS Y EN EVALUACIÓN DERIVADOS DE ESTA TESIS | 6 |
| TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS | 6 |
| INDICE GENERAL | 8 |
| INDICE DE TABLAS..... | 14 |
| INDICE DE FIGURAS | 19 |
| RESUMEN..... | 29 |
| SUMMARY | 31 |
| CAPÍTULO 1..... | 33 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL | 33 |
| 1.2. La mancha de la hoja del trigo: características del organismo causal..... | 34 |
| 1.3. Ocurrencia y epidemiología de la enfermedad | 35 |
| 1.4. Condiciones predisponentes para el desarrollo de <i>Z. tritici</i> | 35 |
| 1.5. Expresión de los síntomas y el desarrollo de la enfermedad | 36 |
| 1.6. Importancia y difusión de la mancha de la hoja del trigo. Mecanismos de tolerancia..... | 40 |
| 1.7. El control químico de la mancha de la hoja del trigo | 43 |
| 1.8. Efectos de <i>Z. tritici</i> sobre la removilización y absorción de N post antesis..... | 46 |
| 1.9. Interacciones entre el cultivar y el fungicida sobre la concentración de proteína en el grano y calidad panadera | 47 |
| 1.10. Interacciones entre la fertilización nitrogenada y las aplicaciones de fungicidas con respecto a la concentración de proteína..... | 48 |
| 1.11. Interacciones entre el ambiente y la aplicación de fungicidas sobre la concentración de proteínas | 48 |
| 1.12. Hipótesis..... | 49 |
| 1.13. Objetivos | 50 |
| DIAGRAMA DE LA TESIS | 51 |
| CAPÍTULO 2..... | 52 |
| 2.1. Introducción..... | 52 |

| | |
|---|-----|
| 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 58 |
| 2.2.1. Características de los ensayos y diseño experimental..... | 58 |
| 2.2.2. Preparación del inóculo e inoculaciones realizadas..... | 59 |
| 2.2.3. Evaluación de la severidad de la enfermedad, ABCPE y dinámica del área foliar..... | 62 |
| 2.2.4. Cálculo del rendimiento de grano y sus componentes..... | 62 |
| 2.2.5. Molienda y determinación de las variables de calidad panadera e industrial..... | 63 |
| 2.2.6. Análisis estadístico..... | 67 |
| 2.3. RESULTADOS | 68 |
| 2.3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de cultivo | 68 |
| 2.3.2. Severidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)..... | 69 |
| 2.3.3. Dinámica del índice de área foliar total, verde | 73 |
| 2.3.4. Índice de área foliar no verde / Índice de área foliar total (%AFNV)..... | 80 |
| 2.3.5. Índice de área foliar verde por estratos foliares | 82 |
| 2.3.6. Rendimiento y sus componentes | 86 |
| 2.3.7. Tolerancia a <i>Z. tritici</i> entre cultivares de trigo..... | 93 |
| 2.3.8. Removilización y absorción post-antesis de N..... | 95 |
| 2.3.9. Parámetros de la calidad panadera: | 97 |
| 2.3.10. Parámetros del alveograma | 100 |
| 2.3.11. Parámetros del farinograma..... | 101 |
| 2.3.12. Ensayos de panificación | 110 |
| 2.3.13. Relación entre el progreso de la enfermedad y el %CPG..... | 114 |
| 2.3.14. Efecto de las precipitaciones y temperatura sobre la proteína del grano.. | 116 |
| 2.3.15. Efectos de la tolerancia a <i>Z. tritici</i> sobre la calidad panadera | 116 |
| 2.4. DISCUSIÓN | 118 |
| CAPÍTULO 3..... | 123 |
| 3.1. Introducción..... | 123 |
| 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 132 |
| 3.2.1. Características de los ensayos y diseño experimental..... | 132 |
| 3.2.2. Preparación del inóculo e inoculaciones realizadas..... | 132 |
| 3.2.3. Evaluación de la severidad, ABCPE y dinámica del área foliar | 133 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.4. Cálculo del rendimiento, sus componentes y variables de calidad comercial | 134 |
| 3.2.5. Molienda y determinación de las variables de calidad panadera e industrial | 134 |
| 3.2.6. Análisis estadístico..... | 134 |
| 3.3. RESULTADOS | 135 |
| 3.3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de cultivo | 135 |
| 3.3.2. Severidad y ABCPE | 136 |
| 3.3.3. Dinámica del índice de área foliar total, índice de área foliar verde y duración del área foliar verde | 140 |
| 3.3.4. Dinámica del índice de área foliar verde de los estratos foliares | 146 |
| 3.3.5. Duración del área foliar verde de los estratos foliares | 146 |
| 3.3.6. Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) | 152 |
| 3.3.7. El rendimiento de grano y sus componentes | 156 |
| 3.3.8. Contenido de proteína del grano y gluten | 164 |
| 3.3.9. Propiedades reológicas: Parámetros del alveograma..... | 166 |
| 3.3.10. Parámetros del farinograma..... | 175 |
| 3.3.11. Ensayos de panificación | 177 |
| 3.4. DISCUSIÓN | 180 |
| 3.4.1. Condiciones ambientales, severidad, ABCPE, dinámica del IAF y DAFV... .. | 180 |
| 3.4.2. Rendimiento en grano y sus componentes | 183 |
| 3.4.3. El efecto de la mancha de la hoja en el contenido de proteína del grano... .. | 184 |
| 3.4.4. Propiedades reológicas: parámetros del farinograma y alveograma | 186 |
| CAPÍTULO 4..... | 189 |
| DISCUSIÓN GENERAL Y CONSIDERACIONES FINALES | 189 |
| Discusión de resultados obtenidos considerando los objetivos planteados en los capítulos de la tesis..... | 190 |
| El efecto de los fungicidas sobre la dinámica del índice de área foliar total, verde, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial: | 196 |
| Dinámica del índice de área foliar, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial..... | 197 |
| Efecto de dosis crecientes de N sobre la dinámica del índice de área foliar verde, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial | 198 |

| | |
|--|-----|
| Consideraciones finales y aportes de esta tesis: | 199 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 200 |
| ANEXO: TABLAS DE MEDIAS DEL CAPÍTULO 2..... | 225 |
| ANEXO TABLAS DE MEDIAS CAPITULO 3..... | 235 |

ABREVIATURAS

MHT: Mancha de la hoja del trigo

RG: Rendimiento de grano (kg ha^{-1})

EPM²: espigas por metro cuadrado

GPE: Granos por espiga

PMG: Peso de mil granos (g)

PH: Peso hectolítrico (Kg HI^{-1})

CPG: Contenido de proteína del grano (%)

GH: Gluten húmedo (%)

GS: Gluten seco (%)

A: Absorción de agua (ml)

B: Tiempo de desarrollo de la masa (min)

D: Estabilidad de la masa (min)

E: Grado de ablandamiento (U.B) (Unidades Brabender)

P: Tenacidad de la masa (mm)

L: Extensibilidad de la masa (mm)

W: Fuerza panadera ($\text{J} \times 10^{-4}$)

P/L: Relación Tenacidad/ Extensibilidad

A: Año

T.I: Tratamiento Inoculación.

Cu: Cultivar

S.I: Sin inóculo (parcelas control)

B. C: Baja Concentración de esporas

A.C: Alta Concentración de esporas

0N: Parcelas sin fertilizante nitrogenado (control)

70N: Parcelas fertilizadas con 70 kgNha^{-1}

140N: Parcelas fertilizadas con 140 kgNha^{-1}

ABCPE: área bajo la curva del progreso de la enfermedad

EC: estado de crecimiento

IAFV: índice de área foliar verde

DAFV: Duración área foliar verde

DAFVHB: Duración área foliar verde de la hoja bandera

HB: Hoja bandera

HB-1: Hoja por debajo de la hoja bandera

HB-2: Hoja por debajo de la HB-1

HB-3: Hojas por debajo de la HB-2

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Temperatura media, mínima y máxima (°C), Humedad Relativa (%) durante el período de cultivo en 2010 y 2011 en La Plata. Se incluyen valores climáticos de referencia (temperatura 1967-2013). Pág 69.

Tabla 2.2. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto de dos años para la severidad de la enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici*. Pág 70.

Tabla 2.3. Medias de la severidad de la enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 71.

Tabla 2.4. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto de dos años para el índice de área foliar total (IAFT), duración área foliar total (DAFT) y tasa de caída del IAFT ($\text{m}^2 \text{ hoja.día}^{-1}$) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici*. Pág. 74.

Tabla 2.5. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde (IAFV), duración de área foliar verde (DAFV) y tasa de caída de IAFV para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 77.

Tabla 2.6. Cuadrados medios del ANAVA de porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) y tasa de incremento de %AFNV, para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 80.

Tabla 2.7. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para el índice de área foliar verde de la hoja bandera (HB), la duración del área foliar verde de la HB (DAFVHB) y la tasa de caída de IAFVHB para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 83.

Tabla 2.8. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para el índice de área foliar verde de la hoja bandera (HB-1), la duración del área foliar verde de la HB-1

(DAFVHB-1) y la tasa de caída de IAFVHB-1 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 84.

Tabla 2.9. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-2), duración de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (DAFVHB-2) y tasa de caída de IAFVHB-2 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 85.

Tabla 2.10. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-3), duración de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (DAFVHB-3) y tasa de caída de IAFVHB-3 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 86.

Tabla 2.11: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para rendimiento de grano (RG), espigas por metro cuadrado (EPM²), granos por espiga (GPE), peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 88.

Tabla 2.12: Cuadrado medio del análisis de varianza para las pendientes de la regresión entre duración de área foliar verde (DAFV) y rendimiento de grano (RG) para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 93.

Tabla 2.13. Pendientes de la regresión entre duración de área foliar verde (DAFV) y rendimiento de grano (RG) para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas. Pág 94.

Tabla 2.14. Cuadrados medios del ANAVA de N removilizado, N absorbido post-antesis y N en grano, de siete cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 96.

Tabla 2.15. Medias de N removilizado, N absorbido post-antesis y N en grano de siete cultivares de bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 96.

Tabla 2.16. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para %CPG (contenido proteína del grano), %GH (gluten húmedo), %GS (gluten seco) en diez cultivares con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 98.

Tabla 2.17. Cuadrados medios de los parámetros reológicos (alveograma y farinograma) para diez cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 103.

Tabla 2.18. Cuadrados medios (CM) del ANAVA para los parámetros de panificación para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 111.

Tabla 3.1. Temperatura media, mínima y máxima (°C), Humedad Relativa (%) durante el período de cultivo en 2009 y 2010 en La Plata y temperaturas de referencia (1967-2013). Pág 135.

Tabla 3.2: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para severidad en EC 33, 60, 82 y ABCPE en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 138.

Tabla 3.3: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar total (IAFT) y duración de área foliar total (DAFT) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 142.

Tabla 3.4: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde (IAFV) y duración de área foliar verde (DAFV) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 143.

Tabla 3.5: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) y duración de área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 147.

Tabla 3.6: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (IAFVHB-1) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (DAFVHB-1) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 148.

Tabla 3.7: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-2) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (DAFVHB-2) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 149.

Tabla 3.8. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (IAFVHB-3) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (DAFVHB-3) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 150.

Tabla 3.9: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) y tasa de incremento de %AFNV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 153.

Tabla 3.10: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para RG (Rendimiento de grano) y sus componentes en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 159.

Tabla 3.11: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para % CPG (Contenido proteína del grano), % GH (Gluten húmedo) y %GS (Gluten seco) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 165.

Tabla 3.12: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para parámetros del alveograma en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 175.

Tabla 3.13: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para parámetros del farinograma en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 177.

Tabla 3.14: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para valores de panificación en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 178.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Síntomas de *M. graminicola* (MHT) sobre hojas de trigo. Pág 38.

Figura 1.2: Aspecto de cultivares de trigo afectados por MHT. Pág 39.

Figura 1.3: Granos de trigo afectados por MHT. Pág 39.

Figura 1.4: Ciclo de vida de *M. graminicola*. Pág 40.

Figura 2.A: Medio de cultivo con desarrollo de *Z. tritici*. Pág 60.

Figura 2.B: Preparación del inóculo por cepillado de esporas. Pág 61.

Figura 2.C: Inoculación (*Z. tritici*) del ensayo experimental con mochila manual. Pág 61.

Figura 2.D: Molino Experimental Buhler MLU 202. 2. E. Equipo Micro Kjeldahl. 2. F. Farinógrafo de Brabender. 2. G. Alveógrafo de Chopin. 2. H. Glutomatic 2000. Pág 66.

Figura 2.I: Proceso de Panificación experimental. Amasado. Realizado de *punch*. Armado del pan. Fermentado y cocción de los panes. Pág 67.

Figura 2.1: Distribución mensual de precipitaciones registradas durante el ciclo de cultivo en 2010 y 2011 en La Plata. Se presentan valores históricos de precipitación de La Plata (1911- 2013). Pág 69.

Figura 2.2: Medias de la interacción A × Ti para ABCPE en diez cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 73.

Figura 2.3: Medias de la interacción Ti × Cu para duración de área foliar total (DAFT) en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 74.

Figura 2.4: Medias de la interacción A × Cu para duración de área foliar total (DAFT) en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 75.

Figura 2.5: Índice de área foliar total (IAFT) (m^2 hoja m^{-2} suelo.día⁻¹) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 75.

Figura 2.6: Índice de área foliar total (IAFT) (m^2 hoja m^{-2} suelo. día^{-1}) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 76.

Figura 2.7: Medias del índice de área foliar verde (IAFV) en EC 39 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Pág 78.

Fig. 2.8: Medias de la duración de área foliar verde (DAFV) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Pág 78.

Figura 2.9: Índice de área foliar total (IAFV) (m^2 hoja m^{-2} suelo. día^{-1}) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 79.

Figura 2.10: Índice de área foliar total (IAFV) (m^2 hoja m^{-2} suelo. día^{-1}) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 79.

Figura 2.11: Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) en EC 39 en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 81.

Figura 2.12: Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) en EC 60 en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 81.

Figura 2.13: Tasa de incremento de %AFNV en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 82.

Figura 2.14: Medias de la duración del área foliar verde de la hoja bandera en la interacción A \times Cu para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 84.

Figura 2.15: Medias de la duración del área foliar verde de la hoja bandera menos uno en la interacción A \times Cu para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 85.

Figura 2.16: Rendimiento en grano (kg ha^{-1}) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 88.

Figura 2.17: Rendimiento en grano (kg ha^{-1}) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 89.

Figura 2.18: Relación entre el rendimiento de grano en cultivares enfermos (BC y AC) y sanos (SI) para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 89.

Figura 2.19: Medias de la interacción $A \times Ti$ para EPM^2 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 90.

Figura 2.20: Relación entre las espigas por metro cuadrado (EPM^2) en cultivares enfermos (BC y AC) y sanos (SI) para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 90.

Figura 2.21: Medias de granos por espiga (GPE) y peso de mil granos (PMG) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 91.

Figura 2.22: Relación entre el número de granos por espiga (GPE) en cultivares enfermos (BC y AC) y sanos (SI) para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 91.

Figura 2.23: Relación entre el peso de mil granos (PMG) en cultivares enfermos (BC y AC) y sanos (SI) para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* de trigo en dos años. Pág 92.

Figura 2.24: Medias de la interacción $A \times Cu$ para peso hectolítrico para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 92.

Figura 2.25: Pendientes de la regresión lineal entre duración del área foliar verde y rendimiento de grano para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 94.

Figura 2.26: Pendientes de la regresión lineal entre duración del área foliar verde y rendimiento de grano para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 95.

Figura 2.27: Medias de N removilizado, absorbido post anéthesis y N en grano en siete cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Pág 97.

Figura 2.28: Medias de %CPG (contenido proteína del grano), %GH (gluten húmedo), %GS (gluten seco) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 99.

Figura 2.29: Medias de la interacción A × Cu para %CPG (contenido proteína del grano) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 99.

Figura 2.30: Medias de la interacción A × Cu para gluten húmedo (%GH) y gluten seco (%GS) en diez cultivares con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 100.

Figura 2.31: Medias de la interacción A × Ti × Cu para la tenacidad (P) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 104.

Figura 2.32: Medias de la interacción A × Cu para la extensibilidad (L) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 104.

Figura 2.33: Medias de la interacción A × Cu para la relación P/L en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 105.

Figura 2.34: Medias de fuerza panadera (W) para los tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* para diez cultivares de trigo en dos años. Pág 105.

Figura 2.35: Medias de la interacción A × Cu para la fuerza panadera (W) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 106.

Figura 2.36: Medias de la interacción A × Ti para la absorción de agua (A) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 106.

Figura 2.37: Medias de la interacción A × Cu para la absorción de agua (A) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 107.

Figura 2.38: Medias de tiempo de desarrollo de la masa (B) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 107.

Figura 2.39: Medias de estabilidad farinográfica (D) en los tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* para diez cultivares de trigo en dos años. Pág 108.

Figura 2.40: Medias de estabilidad farinográfica (D) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 108.

Figura 2.41: Medias de la interacción A × Ti para grado de aflojamiento (E) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 109.

Figura 2.42: Medias de la interacción A × Cu para grado de aflojamiento (E) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 109.

Figura 2.43: Medias de la interacción Ti × Cu para el peso de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 111.

Figura 2.44: Medias de la interacción Ti × Cu para el volumen de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 112.

Figura 2.45: Efecto de la concentración de inóculo sobre el volumen de pan en el cultivar ACA 801 (arriba) y el cultivar K. Escorpión (abajo). Pág 113.

Figura 2.46: Medias de la interacción $Ti \times Cu$ para el volumen específico de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Pág 113.

Figura 2.47: Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 114.

Figura 2.48: Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 115.

Figura 2.49: Regresión entre DAFVHB y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Pág 115.

Figura 2.50: Regresión entre DAFVHB y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Pág 116.

Figura 3.1: Distribución mensual de lluvias (mm acumulados) en el período de cultivo durante 2009 y 2010 y precipitación histórica en el período 1911-2008 en la Estación Experimental J. Hirschhorn. Pág 136.

Figura 3.2: Medias de la interacción $Fu \times N$ para la severidad en EC 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 139.

Figura 3.3: Medias de la interacción $A \times Fu \times N$ para la severidad en EC 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 139.

Figura 3.4: Medias de la interacción $A \times N$ de ABCPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 140.

Figura 3.5: Medias de la interacción $A \times Fu \times N$ para IAFT en EC 39 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 144.

Figura 3.6: Medias de la interacción $Fu \times N \times Cu$ para DAFT en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 144.

Figura 3.7: Medias de la interacción $A \times Cu$ para la DAFT en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 145.

Figura 3.8: Medias de la interacción $A \times Cu$ para la DAFV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 145.

Figura 3.9: Medias de la interacción $Fu \times N \times Cu$ para la DAFV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 146.

Figura 3.10: Medias de la interacción $A \times N \times Cu$ de DAFVHB en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 151.

Figura 3.11: Medias de IAFV por estratos: Hoja bandera (HB), hoja por debajo de la HB (HB-1), hoja por debajo de la HB-1 (HB-2) y hoja por debajo de la HB-2 (HB-3) en EC 39, 60 y 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pag 151.

Figura 3.12: Medias de la interacción $A \times N$ de %área foliar no verde (%AFNV) en EC60 de tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 154.

Figura 3.13: Medias de la interacción $Fu \times N$ para %área foliar no verde (%AFNV) en EC82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 154.

Figura 3.14: Medias de tasa de incremento de %AFNV en EC82 – EC39 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 155.

Figura 3.15: Medias de la interacción Fu × N para Tasa de incremento de %AFNV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 155.

Figura 3.16: Medias de la interacción A × N de rendimiento de grano (RG) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 159.

Figura 3.17: Medias de la interacción A × N de EPM² en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 160.

Figura 3.18: Medias de la interacción Fu × N de EPM² en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 161.

Figura 3.19: Medias de la interacción A × Cu de EPM² en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 161.

Figura 3.20: Medias de la interacción A × Fu × N de GPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 162.

Figura 3.21: Medias de la interacción A × Cu de GPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 162.

Figura 3.22: Medias de la interacción A × Cu de PMG en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 163.

Figura 3.23: Medias de la interacción $A \times Fu \times N$ de PMG en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 163.

Figura 3.24: Medias de %CPG en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 165.

Figura 3.25: Medias de la interacción $A \times Fu$ de Tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 167.

Figura 3.26: Medias de la interacción $Fu \times N$ de Tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 167.

Figura 3.27: Medias de la interacción $Cu \times Fu$ de Tenacidad (mm) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 168.

Figura 3.28: Medias de la interacción $N \times Cu$ de la Tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 169.

Figura 3.29: Medias de la interacción $A \times N$ de L (extensibilidad) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 170.

Figura 3.30: Medias de la interacción $A \times Cu$ de L (extensibilidad) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 170.

Figura 3.31: Medias de la interacción $Fu \times N$ de la relación P/L en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 171.

Figura 3.32: Medias de la interacción A × Cu de la relación P/L en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 172.

Figura 3.33: Medias de la interacción A × Fu de W (fuerza panadera) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 173.

Figura 3.34: Medias de la interacción A × Cu de W (fuerza panadera) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 174.

Figura 3.35: Medias de la interacción A × Fu × N de A (absorción de agua) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 176.

Figura 3.36: Medias de volumen de pan (V) (cm³) entre tratamientos de N en un ensayo de trigo inoculado con *Z. tritici* en tres cultivares de trigo bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 178.

Figura 3.37: Efecto del N sobre el volumen de los panes (V) en un ensayo con tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en 2010. 3.37a. B. Guapo. 3.37 b. K. Escorpión. 3.37 c. Bag. 10. Pág 179.

Figura 3.38: Medias de Volumen de pan (cm³) en un ensayo de trigo inoculado con *Z. tritici* en tres cultivares de trigo bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 179.

Figura 3.39. Medias de volumen de pan (cm³) en la interacción Fu × Cu en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Pág 180.

RESUMEN

Las enfermedades foliares fúngicas son las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento de trigo en Argentina. La mancha de la hoja del trigo causada por el hongo hemibiótrofo *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt] es una enfermedad de amplia difusión e importancia en el mundo y en nuestro país, debido a los porcentajes de pérdida de rendimiento y la calidad de los granos. A pesar de las importantes disminuciones en el rendimiento, el mejoramiento que se ha realizado no ha logrado los resultados esperados y entre los factores causales pueden mencionarse la alta variabilidad genética del patógeno, la escasa profundización de estudios sobre la genética de la resistencia de cultivares de distinto origen y de otros mecanismos como la tolerancia que minimicen las pérdidas de rendimiento, como así también al hecho de que la resistencia está condicionada por poligenes que determinan una resistencia parcial y cuya selección en mejoramiento puede resultar complicada. Del mismo modo, la tolerancia a enfermedades en trigo es un complemento importante de la resistencia genética, ya que implica una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de infección de la enfermedad. Las ventajas en el uso de la tolerancia se basan en que puede ser un complemento de la resistencia genética, y modificar los umbrales de control reduciendo la aplicación de fungicidas. La tolerancia a mancha de la hoja del trigo podría impactar también en otras variables como los componentes de la calidad industrial del cereal, a través de las modificaciones que puede producir sobre ésta, el efecto de una menor reducción en el rendimiento ante la misma severidad de la enfermedad. Considerando los antecedentes mencionados, el objetivo general que se planteó en esta tesis fue evaluar diferencias en tolerancia a la pérdida de rendimiento por el patógeno hemibiótrofo *Zymoseptoria tritici* entre cultivares de trigo como un complemento de la resistencia genética y su efecto sobre la expresión de la calidad comercial y panadera. Se encontró que el cultivar Bag. 10 fue el que presentó mayor tolerancia, en tanto que K. Chajá fue el cultivar más sensible. Sin embargo varios cultivares tuvieron valores significativamente similares a Bag.10. Ellos fueron B. Brasil, B. 75 Aniversario, K.

Escorpión y K. Flecha, que por lo tanto también evidenciaron buenos niveles de tolerancia. Otros cultivares no fueron significativamente diferentes de ambos grupos. El rendimiento de grano y sus componentes fueron reducidos por la inoculación con *Z. tritici*. El porcentaje de pérdida fluctuó entre 25% y 50% dependiendo del cultivar y la concentración de inóculo aplicada. Con respecto al impacto de *Z. tritici* sobre la acumulación y removilización de N, se encontró que este patógeno afecta principalmente la removilización de N al grano y en menor medida la absorción post-antesis. Considerando las variables de calidad, *Z. tritici* provocó cambios en el contenido de proteína, parámetros alveográficos y farinográficos así como en el volumen del pan. El contenido de proteína, gluten, extensibilidad, fuerza panadera, tiempo de desarrollo de la masa, estabilidad y volumen, aumentaron con las dosis crecientes de inóculo mientras que la tenacidad, relación P/L disminuyeron y los parámetros absorción de agua y grado de aflojamiento de la masa no evidenciaron cambios. En cuanto a la relación entre tolerancia y variaciones en proteína debido a *Z. tritici*, grupo de calidad de cultivares y variables alveográficas, farinográficas y de panificación no resultó significativa. Es evidente la importancia de la tolerancia en el manejo integrado de las enfermedades pero la investigación al respecto no ha sido suficiente, lo que sumado a la baja efectividad de la resistencia genética conduce a que el control químico siga siendo muy utilizado para combatir la enfermedad. La aplicación de fungicidas controló la mancha de la hoja del trigo aunque no hubo diferencias significativas entre los principios activos utilizados triazol- estrobilurina y triazol en los valores de severidad, área bajo la curva progreso de la enfermedad, índice de área foliar verde, rendimiento. Sin embargo los fungicidas mostraron un efecto diferencial sobre la proteína. Asimismo, la aplicación de dosis crecientes de N incrementó el rendimiento y la calidad panadera.

SUMMARY

Foliar fungal diseases are the main biotic restrictions which reduce the wheat grain yield in Argentina. Septoria leaf blotch (SLB) is caused by the hemibiotrophic fungus *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorph *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt] is a wide spread disease all around the world, even in our country, due to the percentages of grain yield loss and the grain quality. In spite of the great yield decrease, the improvement done did not obtain the expected results. Some causal factors can be specified: the high genetic variability of the pathogen, the scarce studies on the genetic resistance to the cultivars from different origins and other mechanisms such as the tolerance that could minimize the grain yield loss, as well as the fact that resistance is conditioned by polygenes which determine a partial resistance and whose breeding selection can result complicated. Likewise, wheat tolerance disease is an important complement of genetic resistance, since it implies a reduction in grain yield loss when encountered with similar levels of disease infection. The advantages of the use of tolerance are founded in the fact that it can be a complement of the genetic resistance, and therefore, modify the control threshold by reducing the use of fungicides. Tolerance to SLB could also influence the cereal industrial quality components. Considering the facts mentioned above, the aim of this thesis was to evaluate differences in grain yield loss tolerance caused by the hemibiotrophic pathogen on wheat cultivars as a complement of genetic resistance and its effect on the commercial and baking quality. Throughout two years, Bag. 10 and B. 75 Aniversario cultivars showed consistent low regression slopes which could be considered tolerant, while K. Chaja presented considerably high regression slopes, reason why it could be an intolerant cultivar to SLB. As for the mean values of the slopes of regression, Bag. 10 was the cultivar which showed major tolerance, while K. Chaja was intolerant. However, many cultivars have had considerably similar slopes of regression to B.10, such as B. Brasil, B. 75 Aniversario, K. Escorpion and K. Flecha, which evidenced good levels of tolerance. Other cultivars presented no significant differences from both groups. Grain yield and its components were reduced due to the *Z. tritici* inoculation. The percentage of loss

fluctuated between 25 and 50% depending on the cultivar and the inoculation treatment applied.

As for the impact of *Z. tritici* on the accumulation and remobilization of N, it was observed that this pathogen affects the remobilization of N to the grain mainly, and in a lower degree to the post-anthesis absorption. Considering quality variables, *Z. tritici* generated changes, not only, on the protein content, and alveographical and farinographical parameters, but also on the bread volume. Grain protein content, gluten content, extensibility, dough strength, development time, stability and bread volume, increased with the growing inoculum concentration doses, while tenacity, P/L ratio decreased. Water absorption and degree of softening parameters did not experiment relevant changes. The relationship among tolerance and the protein variations due to *Z. tritici*, cultivar quality group, and quality variables did not prove to be significant. Even though we acknowledge the importance of tolerance in the integrated disease management, research in this matter, has not been sufficient enough, fact which added to the low efficiency of the genetic resistance, leads to admit that the use of chemical control continues to be relevant. The use of fungicides controlled SLB. There were no significant differences among the applied active principles, in the severity values, area under disease progress curve, green leaf area index and grain yield. However, fungicide treatment showed a differential effect on GPC. In addition, the application of growing doses of N increased grain yield and baking quality.

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La alimentación es fundamental para el crecimiento y desarrollo de los habitantes del mundo, un pueblo bien alimentado en cuanto a calidad y cantidad es la base para despertar las potencialidades de una nación. Estimaciones de la FAO (2013) indican que el 12,5% de la población mundial está sub-nutrida en cuanto al consumo de energía alimentaria. Los cereales son la fuente más importante de alimentos, por eso, lo que suceda en este sector será crucial para la alimentación mundial. Argentina ocupa el décimo lugar en el mundo, y el décimo cuarto en Latinoamérica en cuanto a producción de cereales (FAO, 2013). Entre los cereales, el trigo pan (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo más importante en el consumo mundial. La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa ‘quebrado’, ‘triturado’ o ‘trillado’, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre. El trigo es uno de los tres cereales más cultivados globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad (Gómez Pallares *et al.*, 2007).

Mantener el ritmo del crecimiento de la productividad agrícola seguirá siendo decisivo en las próximas décadas, ya que la producción de alimentos básicos deberá aumentar un 60% para satisfacer el crecimiento de la demanda esperado (FAO, 2013). En Argentina la producción de trigo cayó un 1,2% anual entre 2000 y 2011. Esto fue debido a la disminución del área cultivada, y al incremento anual de rendimientos (2,1%) que fue menor a la tasa global. En el último decenio la superficie total sembrada osciló entre 3,1 y 6,3 millones de hectáreas, con una producción de entre 8 y 16 millones de toneladas (SIIA, 2014). En nuestro país el trigo fue el producto que más terreno perdió con la introducción de la soja. Es importante destacar la fuerte reducción que tuvo la producción en la campaña 2012/13, producto de una menor área y de menores rendimientos. Desde la década del 70 a la actualidad el área de cultivo ha disminuido en un 49% mientras que la producción se incrementó en un 59% aproximadamente, gracias a los avances tecnológicos que permitieron un incremento en los rendimientos (SIIA, 2014). En este sentido, es importante destacar que el rendimiento potencial de

un cultivo se define como aquel obtenido por un genotipo que crece en condiciones favorables, sin limitantes hídricas, nutricionales, libre de plagas y enfermedades (Evans, 1993). Sin embargo existen adversidades abióticas (estrés térmico, hídrico, déficit nutricionales) y bióticas (plagas, malezas y enfermedades) que perjudican el cultivo de trigo produciendo mermas de su rendimiento, que lo aleja del potencial deseable y se afecta la calidad comercial e industrial de los granos.

Las enfermedades foliares fúngicas son las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento en los planteos productivos de trigo en Argentina (Annone *et al.*, 1994). Por su frecuencia de aparición y severidad se destacan la “mancha de la hoja del trigo” (MHT) o “septoriosis” causada por *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt], la “roya de la hoja” (*Puccinia triticina* Eriks) y la “mancha amarilla” [*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (anamorfo *Drechslera tritici-repentis*) (Died.) Shoem] entre otras (Annone *et al.*, 1994; Carmona, 2001).

1.2. La mancha de la hoja del trigo: características del organismo causal

El agente causal de la MHT es el hongo patógeno *Mycosphaerella graminicola* que fue descrito por Sanderson en 1972 y es el estado teleomorfo o sexual que en Argentina fue hallado por primera vez por Cordo *et al.* (1990), resultando importante en el ciclo de la enfermedad. En la naturaleza, este hongo se presenta también en estado anamorfo o asexual (*Septoria tritici* = *Zymoseptoria tritici*), descrito por Desmazieres en 1842 y es el más comúnmente encontrado. A pesar de que la forma sexual se ha encontrado en varios países, es su forma asexual la que causa la mayoría de los síntomas de la enfermedad y las pérdidas de rendimiento en el cultivo de trigo (Eyal *et al.*, 1987 a).

Desde el punto de vista del hábito nutricional, este hongo se considera hemibiótrofo (Kema y Silfhout, 1996), ya que inmediatamente después de la penetración, las hifas colonizan los espacios intercelulares sin causar la muerte de las células por un período de 3 a 5 semanas antes de que ocurran la necrosis y la esporulación. Además, se caracteriza por ser casi enteramente dependiente del rastrojo y por lo tanto se ha visto beneficiado en los últimos años por la siembra directa. Al no presentar estructuras de

resistencia en el suelo, su supervivencia está casi completamente condicionada a la colonización de los tejidos durante el ciclo del cultivo, antes de que haya terminado la senescencia o muerte natural de la planta (Stewart *et al.*, 2002). *Z. tritici* produce picnidios con picnidiosporas unicelulares, septadas (con 3 a 7 septos) o no. La forma sexual produce, sobre las lesiones necróticas de la lámina de la hoja, pseudotecios con ascos bitunicados que llevan ascosporas bicelulares en su interior (Eyal *et al.*, 1987 a). Sanderson (1972) comprobó la conexión entre los estados sexual y asexual.

1.3. Ocurrencia y epidemiología de la enfermedad

La MHT ocurre en todo el mundo, con importante incidencia en países como Argentina, Etiopía, Irán, EE.UU, Holanda, Rusia, Nueva Zelanda y Australia y otros. Aproximadamente el 70% del volumen estimado de fungicidas usado en cereales en Europa está aplicado al control de la MHT. En Argentina, la MHT comenzó a mencionarse en 1930 y cobró importancia epidémica en la década del 70, con la incorporación del germoplasma mejicano por cruzamiento con los genotipos argentinos (Annone, 1990; Cordo *et al.*, 1994). Van Beuningen y Kohli (1990) puntualizaron que en la región de la Pampa húmeda se observaron los niveles más altos de presión de la enfermedad en el cono sur. La MHT es una enfermedad con desarrollo policíclico que se ha incrementado en los últimos años por sistemas de siembra conservacionistas, como la siembra directa (King *et al.*, 1983; Eyal *et al.*, 1987 b) y depende de las condiciones ambientales y especialmente de la humedad del año en que se desarrolle. En nuestro país, esta enfermedad es endémica solo en el sudeste de la provincia de Buenos Aires mientras que en el resto de las áreas de cultivo depende de las variables ambientales (Cordo *et al.*, 2005).

1.4. Condiciones predisponentes para el desarrollo de *Z. tritici*

El desarrollo y ciclo de la enfermedad están altamente influenciados por las condiciones ambientales (lluvias frecuentes y temperaturas moderadas) y fundamentalmente se requiere humedad para todos los estadios de infección: germinación, penetración, desarrollo del micelio dentro del tejido de la planta y la posterior formación de picnidios (Hooker, 1957; Shaner y Finney, 1976; Browning, 1979). Períodos de 72 a 96 h de

mojado de hoja resultan en niveles similares de enfermedad, mientras que 48 h pueden producir menor enfermedad y 24 h de humedad es generalmente insuficiente para producir síntomas (Hess y Shanner, 1985). La temperatura cardinal registrada para la germinación de los conidios de *Z. tritici* es un mínimo de 2-3 °C y una máxima de 33-37 °C, con un óptimo de 20-25 °C. La infección se puede retrasar en el campo con temperaturas inferiores a 7°C durante dos noches consecutivas (Shaner y Finney, 1976; Shaner, 1981). Las bajas temperaturas (4 °C) afectan la germinación de las esporas, el crecimiento del micelio y el desarrollo de picnidios. La MHT se ve favorecida por siembras tempranas de otoño, temporadas lluviosas, variedades precoces, monocultivo o rotaciones cortas, siembra en labranza cero sin quema de rastrojo, alta densidad de plantas, entre las más importantes. En síntesis, las condiciones ideales para el desarrollo de *Z. tritici* son días lluviosos, nublados y temperaturas entre 20 y 25 °C.

1.5. Expresión de los síntomas y el desarrollo de la enfermedad

Los primeros síntomas de la infección de *Z. tritici* se expresan en las hojas inferiores como manchas foliares pequeñas, cloróticas e irregulares. Sin embargo, el tiempo de la primera expresión depende del cultivar y las condiciones ambientales durante el proceso de infección. De 3 a 6 días más tarde, a 18-24 °C y humedad relativa alta, se desarrollan lesiones necróticas sobre las áreas cloróticas. Las lesiones necróticas aparecen hundidas y verde grisáceas al principio. Posteriormente estas lesiones se extienden y coalescen, expandiéndose por toda la hoja, y con frecuencia resultan en una necrosis completa (Perelló *et al.*, 1988). Sosteniendo la hoja a contra luz, puede observarse el comienzo de la formación de los picnidios (asexual) a los 15-21 días de la inoculación. Los picnidios presentan una coloración marrón, desarrollados en forma dispersa sobre las lesiones necróticas y pueden estar en el haz o el envés de la hoja. Son globosos y representan el signo de la enfermedad. Además, la generación de esporas sobre las lesiones es altamente dependiente de las condiciones ambientales, de la variedad de trigo y del aislamiento de *Z. tritici* de que se trate con lo cual puede extenderse hasta 40 días luego de la infección (Shaw, 1999). Las picnidiosporas germinan en un sustrato adecuado luego de la liberación desde el picnidio cuando las plantas están mojadas. La germinación ocurre ya sea por la elongación de la célula

apical o por gemación. El tubo germinativo del hongo puede penetrar en la hoja a través de estomas o por la pared celular de la epidermis foliar. Las esporas son producidas en una matriz espesa y pegajosa que contiene una alta concentración de azúcares y proteínas. Este medio de preservación o exudado permite que las picnidiosporas sigan siendo viables durante períodos secos.

Las esporas producidas en estas lesiones serán las que producirán nuevos ciclos infectivos en el cultivo y son las que permitirán el avance de la enfermedad. A su vez, para que estas sean dispersadas requieren de salpicaduras (gotas) de lluvia, lo cual condiciona de manera importante tal avance, más aún si las esporas deben alcanzar hojas superiores en cultivos encañados y con un canopeo cerrado (Lovell *et al.*, 1997; Shaw, 1999). El inóculo primario puede surgir probablemente de esporas diseminadas por el viento desde rastrojos infectados, ascosporas en el rastrojo y por el aire, trigos espontáneos, otras gramíneas susceptibles que actúan como hospedantes voluntarios. La forma sexual es la mayor causa de infección de los cultivos de trigo invernales durante el otoño en el Reino Unido (Shaw y Royle, 1989), y en EE.UU (Schuh, 1990). La presencia del estado sexual en Argentina y en varios países del mundo incorpora mayor variabilidad al patógeno. Hunter *et al.*, 1999 y Cordo *et al.*, 2005 demostraron que las ascosporas tienden a ser liberadas durante todo el año. En Argentina, las ascosporas fueron observadas en el cultivo desde antes de la floración, incrementando su presencia hacia fines de la cosecha, sugiriendo que el estado sexual es importante en el inicio de la infección en el próximo ciclo de cultivo (Cordo *et al.*, 1999). Chen y McDonald (1996) sugirieron que las ascosporas constituyen la fuente primaria de inóculo más importante para generar la enfermedad, ya que juegan un rol significativo en la biología poblacional y en la epidemiología de la MHT a escala regional al recorrer distancias de hasta 100 km. La MHT es una enfermedad cuyo desarrollo y expresión está estrictamente ligado a la lluvia. La lluvia se encarga de diseminar las picnidiosporas desde los picnidios de las hojas inferiores a las hojas superiores (inóculo secundario) y plantas vecinas. La ausencia o disminución de la lluvia tiene un impacto directo en una menor expresión de esta patología.



Figura 1.1. Síntomas de *M. graminicola* (MHT) sobre hojas de trigo.



Figura 1.2. Aspecto de cultivares de trigo afectados por MHT.



Figura 1.3. Granos de trigo afectados por la MHT.

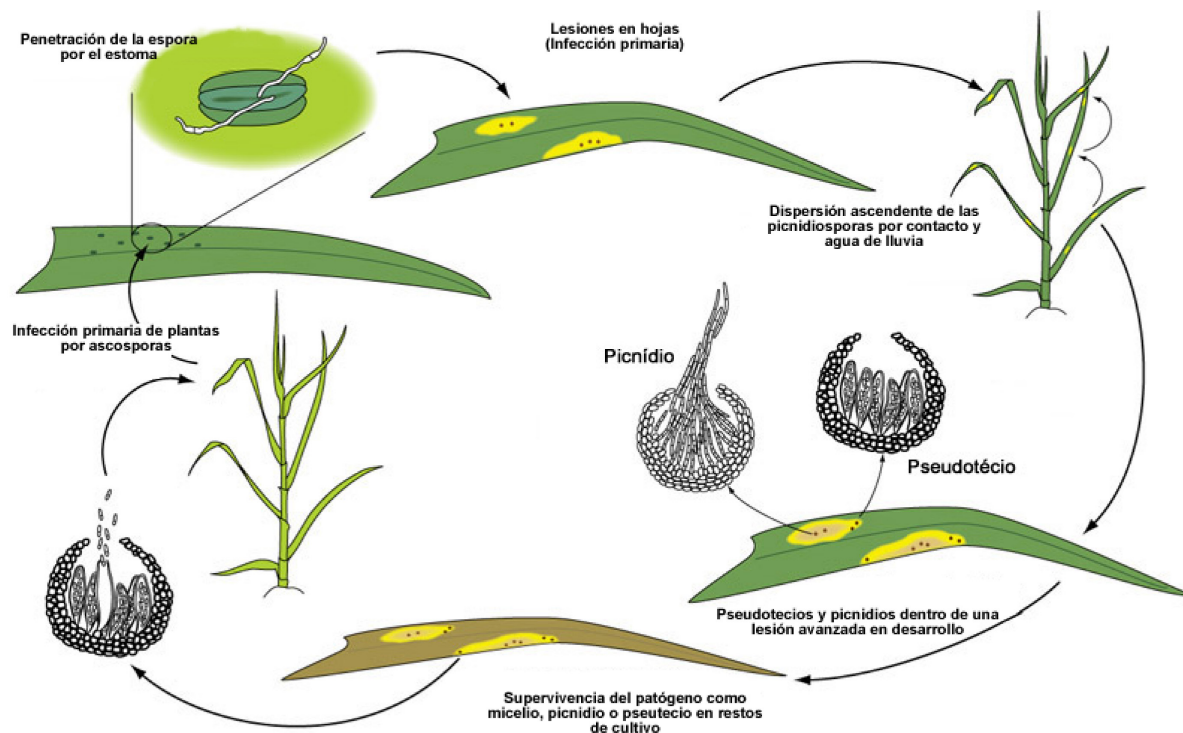


Figura 1.4. Ciclo de vida de *Mycosphaerella graminicola* (Fuente: Página web de la APS. Ponomarenko A, Goodwin SB y Kema GHJ. 2011. Septoria tritici blotch (STB) of wheat. Plant Health Instructor. DOI:10.1094/PHI-I-2011-0407-01. Adaptado por Ana C. Castro)

1.6. Importancia y difusión de la mancha de la hoja del trigo. Mecanismos de tolerancia

En el mundo, la MHT produce daños que oscilan entre el 17 y 54% de reducción en el rendimiento (Eyal *et al.*, 1987 a), dependiendo del estado fenológico en el que ocurre, del índice de infección y del genotipo. En Argentina, se han registrado pérdidas en el rendimiento de grano (RG) de 20 a 50% (Annone *et al.*, 1991) y en los componentes del rendimiento se verificaron reducciones en el peso de mil granos (PMG) de 1 a 13% y 2,6 a 21,6% (Simón *et al.*, 1996; 2002). A pesar de estas importantes disminuciones en el rendimiento, el mejoramiento que se ha realizado no ha logrado los resultados esperados y entre los factores causales pueden mencionarse la alta variabilidad genética del patógeno (Gurung *et al.*, 2011; Drabesová *et al.*, 2013), la escasa profundización de estudios sobre la genética de la resistencia de cultivares de distinto origen y de otros mecanismos como la tolerancia que minimicen las pérdidas de

rendimiento, como así también el hecho de que la resistencia está condicionado por poligenes que determinan una resistencia parcial y cuya selección en mejoramiento puede resultar más complicada. Aunque se han identificado y mapeado numerosos marcadores de ADN ligados a genes mayores y QTLs con resistencia a la MHT, el despliegue de estos genes y los marcadores moleculares en los programas de mejoramiento de trigo no han sido suficientemente explotados debido a la falta de genes efectivos frente a la mayoría de las poblaciones de *Z. tritici* (Arraiano y Brown 2006; Ghaffary *et al.*, 2012; Mergoum *et al.*, 2007). Además, es posible que muchos de los genes de resistencia no sean duraderos y es necesario un esfuerzo continuo en la búsqueda de recursos genéticos efectivos para el manejo de esta enfermedad (Adhikari *et al.*, 2015).

La tolerancia a enfermedades en trigo es una herramienta no suficientemente explotada en el mejoramiento del cultivo, siendo un complemento importante de la resistencia genética. El término tolerancia es a veces confundido con resistencia parcial. Sin embargo, la tolerancia implica una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de infección de la enfermedad. Las plantas son infectadas sin padecer efectos importantes en el crecimiento o el rendimiento (Hammerschmidt, 2004). Asimismo, la tolerancia a las enfermedades resulta en una interacción entre patógeno y hospedante, siendo una ventaja ya que ambos pueden sobrevivir (Roy *et al.*, 2000). Puede utilizarse como una medida de control, ser un complemento de la resistencia genética, y modificar los umbrales de control reduciendo la aplicación de fungicidas. Los mecanismos que la condicionan han sido escasamente estudiados. La tolerancia puede estar asociada a características genotípicas del cultivar (incremento de biomasa, aumento del índice de área foliar, aumento en la capacidad fotosintética en el área verde remanente, incremento en la eficiencia de la intercepción de la radiación, mayor coeficiente de extinción, aumento en la duración del área foliar verde, capacidad de reserva de los tallos y translocación de carbohidratos, etc.). Probablemente puede estar influenciada por las condiciones ambientales que ejercen un efecto sobre los genotipos (diferentes ambientes que predisponen diferentes patrones en el desarrollo de los cultivares) o factores culturales (como la fertilización N) que conducen a un

comportamiento diferencial de los genotipos por condicionar variaciones en esas características morfofisiológicas y en la acumulación y removilización del N al grano.

Para un rango limitado de variedades, se han encontrado diferencias en tolerancia a *Mycosphaerella graminicola* como consecuencia de incrementos en la tasa de fijación de dióxido de carbono por unidad de clorofila (Zuckerman *et al.*, 1997). Para cuantificar la tolerancia se ha considerado la relación entre el área afectada por enfermedades y la pérdida de rendimiento, sin embargo la relación entre síntomas de enfermedades y pérdidas de rendimiento no es consistente entre sitios y años (Bryson *et al.*, 1997; Paveley *et al.*, 1997). Una razón es que frecuentemente se cuantifican las enfermedades en base al porcentaje de severidad que no aporta información sobre el área del canopeo y no da una idea temporal y espacial de la epifitía. La tolerancia ha sido más precisamente cuantificada en base a la relación entre la pérdida de rendimiento y la disminución del área verde causada por las enfermedades (Spitters *et al.*, 1990, Parker *et al.*, 2004). Parker *et al.* (2004) detectaron diferencias en tolerancia entre genotipos que fue más consistente a través de diferentes ambientes cuando se evaluó como relación entre la duración del área verde y la disminución en rendimiento.

Si bien las diferencias en tolerancia se pueden determinar más claramente cuando las variedades sufren iguales niveles de severidad y presentan el mismo ciclo, esto suele ser impracticable a campo, por lo que una forma precisa de evaluarla es cuantificar la relación entre disminución del área verde por estrato foliar (posición vertical dentro del canopeo) donde se manifiesta la enfermedad (Béasse *et al.*, 2000; Robert *et al.*, 2004; Bancal *et al.*, 2007) y las pérdidas de rendimiento para cada cultivar separadamente a través de la comparación de la pendiente de la regresión entre la enfermedad y el rendimiento. Esto se logra con un gradiente de enfermedad a través de la aplicación de diferentes concentraciones de inóculo, lo que limita el número de genotipos a usar, por lo que se necesita tener algún conocimiento previo de los mismos. La evaluación de la pérdida de rendimiento considerando el estrato foliar afectado es apropiado porque en el trigo, las tres hojas superiores capturan la mayor parte de la radiación fotosintéticamente activa durante el llenado de grano (Thorne *et al.*, 1998, Paveley, 1999) y además la importancia de la hoja bandera en la provisión de fotoasimilados a la

espiga ha sido mencionada ampliamente (Lupton, 1972; Gooding *et al.*, 2000; Gerhard, 2001).

La tolerancia a enfermedades foliares en el cultivo de trigo podría impactar también en otras variables como los componentes de la calidad industrial del cereal, a través de las modificaciones que puede producir sobre ésta, el efecto de una menor reducción en el rendimiento ante la misma severidad de la enfermedad, o por el hecho de que algunos cultivares puedan frente a similares niveles de severidad o disminución de área verde ser menos afectados en la cantidad o calidad de las proteínas o en variables alveográficas, farinográficas o de panificación. A pesar de su importancia en el manejo de las enfermedades, la tolerancia no ha sido suficientemente investigada, y se necesita cuantificarla previo a identificar genes y QTL's asociados con la misma.

1.7. El control químico de la mancha de la hoja del trigo

La escasa utilización y efectividad de la resistencia genética, implica una amplia utilización del control químico para combatir la enfermedad. Considerando los principios activos, existen dos tipos muy utilizados por su amplio espectro de acción: ellos son los triazoles y las estrobilurinas, y en los últimos años también las carboxamidas. Los triazoles son curativos y se mueven sistémicamente a través del xilema de las plantas. Retardan el crecimiento de los hongos porque inhiben la síntesis de ergosterol (Buchenauer, 1987) que resulta esencial en la construcción de las membranas celulares fúngicas. Por su acción curativa y la habilidad para redistribuirse en el cultivo, son efectivos contra infecciones tempranas. Por otro lado, las estrobilurinas que son derivados sintéticos de componentes naturales producidos por el basidiomicete *Strobilurus tenacellus* tienen gran espectro antifúngico y son inhibidores externos de la quinona (Qoi) que actúa interfiriendo la producción de energía, es decir inhiben la respiración mitocondrial (Vincelli, 2002). Asimismo, inhiben la germinación de esporas y la infección temprana siendo muy efectivos cuando se usan en forma preventiva (Wegulo y Stevens, 2011). Además tienen una propiedad deseable que consiste en inhibir la síntesis de etileno y en consecuencia retrasan la senescencia y así pueden incrementar el rendimiento. Pueden también incrementar la asimilación de N en cereales de invierno (Puricelli y Arregui, 2013).

La inclusión de fungicidas que contienen estrobilurinas para controlar enfermedades en trigo, están asociados con incrementos en el RG de grano y PMG (Bayles, 1999). Estos incrementos podrían estar asociados al mantenimiento de la fotosíntesis del canopeo durante el llenado de grano pero también a la prolongación de la duración verde de la hoja bandera (DAFVHB) (Dimmock y Gooding, 2002b). La hoja bandera tiene particular importancia debido a que es la última hoja en senescer, intercepta más luz que las hojas inferiores y está conectada vascularmente a la espiga en forma más próxima con respecto a las hojas basales (Gooding *et al.*, 2000). La fotosíntesis de la hoja bandera en trigo contribuye con el 30-50% de los fotoasimilados para el grano durante el llenado de grano (Sylvester- Bradley *et al.*, 1990) y la duración de la hoja bandera se correlaciona estrechamente con la acumulación de proteína en el grano (Pepler *et al.*, 2005). En este sentido, Gerhard (2001) sugirió que la aplicación de estrobilurinas no solo previene el efecto de las enfermedades fúngicas sino que también induce un incremento en la intensidad de la asimilación, optimiza la transpiración y mejora la eficiencia de uso del agua comparado con otros fungicidas. Asimismo Bayles (1999), Bayles y Hilton (2000), Bryson *et al.* (2000) y Gooding *et al.* (2000) registraron que las estrobilurinas son capaces de prolongar más la DAFVHB y aumentar el peso de los granos comparando con los fungicidas disponibles previamente como los triazoles.

Las experiencias de Dimmock y Gooding (2002) indican que la relación entre el efecto de los fungicidas en la DAFVHB y el rendimiento y mediciones del llenado de grano no varía sustancialmente entre triazoles y estrobilurinas. Del mismo modo, encuentran que las dosis de fungicidas recomendadas que contienen estrobilurinas generalmente producen mayor rendimiento comparado con las mismas dosis de triazoles. Esto es fundamentado por el retraso de la senescencia que producen los fungicidas que contienen estrobilurina (azoxystrobina) aunque no hay evidencia que estos fungicidas afecten la relación entre la DAFVHB y el rendimiento (Dimmock y Gooding, 2002).

Los patógenos fúngicos pueden clasificarse según su modo de nutrición en biótrosos, necrótrosos y hemibiótrosos. Los biótrosos colonizan los tejidos vivos del hospedante, evaden y suprimen sus defensas. Los patógenos hemibiótrosos primero establecen una interacción biotrófica con el hospedante, pero en estadíos de infección avanzados,

cambian a necrótrofos. Según Gooding *et al.*, (2000) la falta de efectos de los patógenos necrotróficos sobre la eficiencia de uso de la radiación estaría explicado por los limitados efectos sobre la fotosíntesis en los tejidos sanos, ya que no interactúan con células vivas, sin embargo, se caracterizan por una importante reducción en el aparato fotosintético de la planta acelerando la senescencia de las hojas debido a la necrosis foliar y que provoca una menor producción de fotoasimilados que podrán ser utilizados para la síntesis de materia seca. Las hojas que tienen regiones necróticas interceptan menor radiación solar aprovechable para el proceso de fotosíntesis (Bingham *et al.*, 2009).

Cuando predominan patógenos biótrófos, la infección puede ser más limitante para la acumulación de N en el grano que para la acumulación de materia seca. Esto ocasiona que frecuentemente la concentración de proteína aumente al controlar las royas con fungicidas (Petturson *et al.*, 1948). Cuando se trata de patógenos necrótrofos o hemibiótrófos como es el caso de las manchas foliares frecuentemente ocurre una situación inversa. El uso de fungicidas cuando *Z. tritici* (hemibiótrofo) es el patógeno dominante puede reducir la concentración proteica del grano (Gooding *et al.*, 1994; Puppala *et al.*, 1998). Sin embargo en algunos casos, los efectos del patógeno en la acumulación de N son más importantes que el efecto en la acumulación de materia seca del grano, de manera que se produce el efecto inverso (Dimmock y Gooding, 2000). McKendry *et al.*, 1995 determinaron un descenso en proteína pero un incremento en la calidad panadera e interacciones entre los tratamientos con inoculaciones y fungicidas y los cultivares sobre el contenido de proteínas y variables de calidad; aunque el nivel de resistencia de los cultivares no ejerció influencia sobre las modificaciones producidas por la enfermedad sobre las propiedades panaderas. Se ha mencionado que el retraso en la senescencia de la hoja bandera (HB) provoca incrementos en el rendimiento de materia seca y nitrógeno del grano y reducciones en la concentración de proteína del grano, sin evidencia de que haya influencia del ingrediente activo del fungicida (Dimmock y Gooding, 2002).

1.8. Efectos de *Z. tritici* sobre la removilización y absorción de N post antesis

El contenido de N en grano proviene de dos fuentes: N almacenado antes de antesis y removilizado al grano durante el llenado del grano, que en los cereales invernales, representa alrededor del 75-80% y N absorbido durante el llenado del grano. Su absorción y partición se encuentran determinadas en gran medida por la disponibilidad y demanda durante varios estados fenológicos del cultivo (Campbell y De Jong, 2000). Si bien la removilización de N de las partes vegetativas constituye la mayor parte del N final en los granos (Simpson *et al.*, 1983), 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 (Sarandón *et al.*, 1997; Spiertz y Ellen, 1978). A su vez, Barbottin *et al.* (2005) encontraron que la removilización de N depende de la captación de N post-antesis y de la presión de las enfermedades durante el período de llenado del grano. Se ha demostrado que las enfermedades foliares a menudo disminuyen la removilización de N al grano a través de la retención del N en las partes enfermas de las plantas (Bastiaans, 1993; Kremer y Hoffman 1993), aunque esto puede variar con el tipo de patógeno involucrado. En los cereales, algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N y su translocación, en el caso de epidemias que ocurren antes de la floración, aunque, raramente afectan la absorción de N en post-floración (Bastiaans, 1993; Verreet y Hoffmann, 1978). Sin embargo Bancal *et al.* (2008) determinaron que las enfermedades afectan más la absorción de N post-floración que la removilización de N, lo que puede depender del estadio en que se presente la enfermedad. En la bibliografía no existe información detallada sobre el efecto de los tipos de patógenos (biotrófos, hemibiotrófos y necrotrofos) inoculados separadamente sobre la removilización y absorción post-antesis del N. Como se mencionó anteriormente, el efecto de los patógenos depende del hábito nutricional y en el caso de *Z. tritici*, hay pruebas que sugieren que regularmente disminuye el rendimiento de proteína en grano por unidad de superficie, reduciendo tanto la captación como partición de N al grano (Mc Cabe *et al.*, 2001; Ruske *et al.*, 2001). Sin embargo, otros investigadores han encontrado una disminución del rendimiento y un incremento en el contenido de proteína debido a un proceso de concentración.

1.9. Interacciones entre el cultivar y el fungicida sobre la concentración de proteína en el grano y calidad panadera

Asimismo se han encontrado interacciones entre el cultivar y el fungicida sobre la concentración de proteína en el grano. En un trigo pan, la concentración de proteína se incrementó con el control de *Z. tritici*, en tanto que en un trigo para galletitas no hubo efecto sobre la misma. Esto se debió a una menor respuesta en el incremento del rendimiento en el trigo pan cuando la enfermedad fue controlada, lo que implicó que el N se depositó en una mayor concentración que en el cultivar para galletitas (Dimmock y Gooding, 2002). Puppala *et al.* (1998) también indicaron un aumento en la concentración de proteínas con el control de la enfermedad en un cultivar con alto contenido de proteínas. McKendry *et al.* (1995) determinaron que un incremento en la severidad causada por *Z. tritici* también determinó un aumento en el contenido de proteínas y una disminución en la calidad panadera, en tanto que Arabi *et al.* (2007) determinaron una disminución del contenido de proteínas en cultivares severamente afectados por la enfermedad. La información a nivel internacional al respecto es escasa y en nuestro país no se dispone de información sobre el efecto que puede tener el control de *Z. tritici* sobre la calidad industrial en cultivares de distintas características panaderas y que presenten diferente tolerancia. Los estudios sobre la interacción de fungicidas, tipo de patógeno, disponibilidad de N y cultivares que difieran en su aptitud panadera son escasos y solo consideran algunos factores (Cox *et al.* 1989; Mc Kendry *et al.* 1995; Herrman *et al.* 1996; Simon *et al.* 2002; Ruske *et al.* 2003, 2004; Garrido Lestache *et al.* 2004; Arabi *et al.* 2007; Blandino and Reyneri, 2009; Godfrey *et al.* 2010; Rodrigo *et al.* 2015). Así como Dimmock y Gooding (2002) encontraron que cuando hay una menor respuesta en el rendimiento frente a la aplicación de fungicidas, el N se deposita en una mayor concentración, también puede suceder que aquellos cultivares que experimentan menores pérdidas de rendimiento con similar disminución de la duración del área verde (tolerancia) mantengan o incluso disminuyan su contenido de proteína; en tanto que aquéllos que pierden mucho rendimiento frente a la enfermedad (sensibles) pueden tener incluso aumentos en el contenido de proteína. La tolerancia de algunos cultivares de trigo a la pérdida de rendimiento frente al efecto de la enfermedad también podrían ocasionar que la concentración de proteína se mantenga o disminuya

en lugar de incrementarse, de manera que la aplicación de fungicidas aumente su contenido. Por otra parte podría suceder que existan cultivares que frente a una disminución de rendimiento causada por la enfermedad incrementen su concentración de proteínas en mayor medida, de manera que la aplicación de fungicidas no alcance a disminuirla con respecto a los testigos sanos. La reducción en el área foliar podría ocasionar también un desbalance en la concentración de gliadinas y gluteninas (mayor cantidad de gliadinas) al producir un acortamiento en el período de llenado del grano y que esto incidiría en una mayor extensibilidad (L del alveograma).

1.10. Interacciones entre la fertilización nitrogenada y las aplicaciones de fungicidas con respecto a la concentración de proteína

La información sobre cómo interactúan la fertilización nitrogenada y las aplicaciones de fungicidas con respecto a la concentración de proteína del grano es escasa. Penny *et al.* (1978) encontraron una interacción positiva entre la aplicación de fungicida y la aplicación de N líquido en la emergencia de la espiga sobre la concentración de proteína del trigo. En cebada Jenkyn y Finney (1981) encontraron que con dosis bajas de N, la aplicación de fungicida produjo una disminución de la concentración de N en el grano, en tanto que sucedió lo inverso con altas dosis de N. Asimismo una respuesta diferencial en el rendimiento de los cultivares al agregado de N puede ocasionar un efecto diferente en la concentración de proteína del grano y en la interacción con la tolerancia a la enfermedad.

1.11. Interacciones entre el ambiente y la aplicación de fungicidas sobre la concentración de proteínas

Se han encontrado interacciones entre el ambiente y la aplicación de fungicidas sobre la concentración de proteínas, determinando que algunos años los fungicidas causen una severa reducción en la concentración de proteínas del grano, en tanto en otros no hay reducciones. La temperatura, lluvia y radiación afectan la concentración de proteína del grano y el balance entre el N y la acumulación de materia seca (Smith y Gooding, 1999). Así, los resultados contradictorios sobre el efecto de los fungicidas en distintos ambientes pueden vincularse con la capacidad del cultivo de sostener una pérdida de área foliar en momentos del ciclo ontogénico en que se afectan el número de granos y/o

el peso de los mismos (Serrago *et al.*, 2009). Dimmock y Gooding (2002) encontraron que la lluvia durante las primeras etapas del cultivo, estuvo negativamente asociada con el coeficiente de regresión entre el efecto del fungicida sobre la concentración de proteína del grano y la duración del área foliar verde; en cambio la lluvia durante el llenado del grano estuvo positivamente asociada. La asociación de estas relaciones con las variables meteorológicas a través del ciclo del cultivo es de fundamental importancia y la información disponible es muy escasa. Las precipitaciones antes del llenado de grano reducirían la concentración de proteínas diluyendo el N por el crecimiento vegetativo y el incremento en el rendimiento, e incrementando las pérdidas de N (Dimmock y Gooding, 2002). En cambio las precipitaciones durante el llenado del grano posiblemente debido al efecto sobre la mineralización del N incrementarían la concentración de proteínas (Smith y Gooding, 1996) en un momento en que la disponibilidad del mismo tiene un impacto importante (Gooding y Davies, 1997). Asimismo, si las precipitaciones pre-antesis fueron escasas el rendimiento disminuirá, lo que conducirá a una mayor concentración de N en el grano. Asimismo altas temperaturas durante la etapa de generación de granos generaría un acortamiento de la fase reproductiva tardía y un menor número de granos, en tanto que altas temperaturas post-antesis reducirían el período de llenado de granos, causando una disminución en el peso de mil granos (Fisher, 1985; Slafer y Rawson, 1994; Branlard *et al.*, 2004).

1.12. Hipótesis

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

- Existe variabilidad genética para el carácter tolerancia al hongo patógeno *Z. tritici* causante de la mancha foliar en los cultivares argentinos de trigo.
- Las diferencias en tolerancia condicionan un diferente comportamiento de los cultivares en la acumulación de N y las variables de calidad comercial y panadera frente a la infección con *Z. tritici*. En los cultivares tolerantes al existir menores reducciones en el rendimiento la concentración de proteína disminuye con respecto

a los no tolerantes que la incrementan cuando son afectados por el patógeno al disminuir su rendimiento

- La MHT afecta la acumulación y partición de N al grano causando disminución de la removilización y absorción post- anthesis.
- La concentración de proteína del grano se incrementa cuando el cultivar es afectado por un patógeno hemibiótrofo, este incremento se potencia en condiciones de alta fertilización nitrogenada.
- El principio activo de los fungicidas no ejerce un efecto diferencial sobre el área foliar verde, el rendimiento y las variables de calidad comercial y panadera.
- Las diferencias ambientales (temperatura y lluvias antes y después de anthesis) inciden sobre el IAFV y el rendimiento lo cual puede influir en el efecto de la MHT en la concentración de proteínas.

1.13. Objetivos

El objetivo general es evaluar diferencias en tolerancia a la pérdida de rendimiento por el patógeno hemibiótrofo *Zymoseptoria tritici* entre cultivares de trigo como un complemento de la resistencia genética y su efecto sobre la expresión de la calidad comercial y panadera.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar diferencias en tolerancia para rendimiento en trigo frente al patógeno hemibiótrofo causante de la mancha foliar (*Z. tritici*) y su impacto sobre variables de calidad comercial y panadera.
- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la expresión de la tolerancia y las variables de calidad comercial y panadera de trigo.
- Evaluar el efecto de diferentes principios activos de fungicidas (triazol-estrobilurinas + triazoles) en caracteres morfofisiológicos y su efecto sobre el rendimiento y la calidad comercial y panadera de trigo.

- Evaluar el efecto de variables ambientales (temperatura y lluvias antes y después de antesis) que inciden sobre el efecto de la MHT en la concentración de proteínas.

DIAGRAMA DE LA TESIS

- Para cumplimentar los objetivos planteados en esta tesis se organizaron los contenidos en cuatro 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 capítulo 2 se desarrolla el tema “Tolerancia a la mancha de la hoja del trigo. Su efecto sobre el rendimiento y la calidad panadera”. Este capítulo contiene la sección 2.1 Introducción, 2.2 Materiales y métodos de trabajo, 2.3 Resultados de la investigación, 2.4 Discusión.
- En el capítulo 3 se describe “el efecto de la fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas en tres cultivares de trigo” Este capítulo contiene la sección 3.1 Introducción, 3.2 Materiales y métodos de trabajo, 3.3 Resultados de la investigación, 3.4 Discusión.
- Finalmente se desarrolla el capítulo 4 con la Discusión final, conclusiones, aportes significativos de esta tesis y perspectivas futuras.

CAPÍTULO 2

Tolerancia de cultivares argentinos de trigo a la mancha de la hoja. Su efecto sobre el rendimiento y la calidad.

2.1. Introducción

Las enfermedades foliares del trigo reducen el RG y la calidad en la región Pampeana Argentina (Annone *et al.*, 2001) y en otras regiones del mundo caracterizadas por clima templado y precipitaciones elevadas durante el ciclo del cultivo. La MHT causada por *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt] es una de las enfermedades más importantes a nivel mundial por la reducción del rendimiento y la pérdida de calidad de los granos (Gilbert y Tekauz, 1990., 1992; Bailey *et al.*, 1993). Cuando ocurren infecciones severas, puede causar pérdidas de rendimiento superiores al 60% (Arraiano *et al.*, 2001). En Argentina, Annone *et al.* (1991) registraron pérdidas de rendimiento entre 20-50% y Simón *et al.* (1996) encontraron reducciones del PMG de 1 a 13% y 2,6 a 21,6% (Simón *et al.*, 2002).

Por lo tanto, la MHT reduce el RG –definido por los componentes numéricos que comprenden el número de granos por unidad de área y el peso de los granos-. La influencia de la enfermedad en los componentes del rendimiento depende del estado fenológico en el que afecte al cultivo, el porcentaje de severidad y de su incidencia sobre la generación de biomasa. Las infecciones tempranas pueden producir reducciones en el número de espigas por metro cuadrado (EPM²), mientras que las infecciones tardías pueden disminuir los granos por espiga (GPE) o el PMG. Leitch y Jenkins (1995) encontraron reducciones de las EPM² en infecciones naturales de MHT cuando se aplicaron fungicidas desde macollaje, mientras que en infecciones tardías se produjeron mermas en el PMG (Simón *et al.*, 1996, Leyva- Mir *et al.*, 2006).

El mejoramiento genético para la incorporación de resistencia a *Z. tritici* es complicado debido a la alta variabilidad del patógeno, en parte causada por la presencia de los estados asexual y sexual (Simón *et al.*, 2012) y por el gran tamaño de la población del patógeno y el flujo de genes (Zhan y McDonald, 2004). Estas características permiten una adaptación a la resistencia del hospedante (Mundt *et al.*, 1999; Mundt, 2002) y a la

aplicación de fungicidas (Torriani *et al.*, 2009; Cools y Fraaije, 2013). Se ha registrado un incremento continuo de resistencia a los triazoles en poblaciones europeas de *Z. tritici* durante los últimos 10-15 años, así como también se ha observado resistencia a los inhibidores externos de quinona (estrobilurinas) (Estep *et al.*, 2014). Como consecuencia, la tolerancia a *Z. tritici* podría ser una herramienta interesante y prometedora en el manejo de las enfermedades. Se ha demostrado que existe tolerancia a la enfermedad en algunos cultivares de trigo (Ziv y Eyal, 1978), aunque el progreso para entender y explotar los mecanismos que confieren tolerancia han sido muy lentos (Parker *et al.*, 2004) debido al amplio e inconsistente uso del término y las dificultades prácticas para cuantificarla. Muchos autores han definido tolerancia, manteniendo múltiples interpretaciones (Schafer, 1971; Clarke, 1984; Parker *et al.*, 2004; Foulkes *et al.*, 2006). Asimismo, la tolerancia a *Z. tritici* no ha sido estudiada entre los cultivares argentinos de trigo. En esta tesis se considera tolerancia a la habilidad de un cultivo para mantener su rendimiento en presencia de los síntomas de la enfermedad (Foulkes *et al.*, 2006). Es la habilidad de una planta para soportar los efectos de una enfermedad sin morir, padecer graves daños o provocar pérdidas de rendimiento (Agrios, 1998). Es decir, que las plantas son infectadas sin padecer efectos importantes en el crecimiento o el rendimiento (Hammerschmidt, 2004). La tolerancia a las enfermedades resulta en una interacción entre patógeno y hospedante, siendo una ventaja ya que ambos pueden sobrevivir (Roy *et al.*, 2000). Es importante destacar las diferencias conceptuales entre tolerancia a la enfermedad y resistencia, que en ocasiones provoca confusiones. Politowski y Browning (1978) definieron el concepto de tolerancia como aquellos cultivares con un tipo de infección susceptible (refiriéndose a roya de la avena) y con igual cantidad de patógeno que otro cultivar pero con significativamente mayor rendimiento y calidad o con el mismo rendimiento y calidad que otro cultivar pero con mayor cantidad de patógeno. Kover y 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 todos los genotipos son igualmente tolerantes y la pérdida de rendimiento es consecuencia de la resistencia, se espera una correlación negativa entre el rendimiento y la severidad. De lo contrario los efectos en la pérdida del

rendimiento se deben a la tolerancia/sensibilidad de los genotipos. Asimismo regresiones entre tratamientos sanos y enfermos dentro de cada genotipo permiten comparar la pérdida de rendimiento que experimenta cada cultivar por unidad de severidad.

Han surgido distintos modelos para cuantificar la tolerancia a las enfermedades foliares. Uno de ellos considera la pendiente de la regresión entre el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) y el RG dentro de cada cultivar (Kramer *et al.*, 1980; Inglese y Paul, 2006). Este método no provee información sobre los mecanismos responsables de las diferencias en tolerancia, y así pueden existir variaciones entre localidades y años (Newton *et al.*, 1998, 2000). Esta falta de consistencia puede deberse al cálculo del ABCPE basado en la escala de severidad (Parker *et al.*, 2004), ya que esta evaluación no brinda información sobre el tamaño del canopeo afectado que difiere entre localidades y años, y así en el área funcional de tejidos sanos. La tolerancia es una característica cuantitativa, su expresión es altamente dependiente del ambiente y el genotipo (Parker *et al.*, 2004), por lo tanto sería necesario efectuar muchas combinaciones de ambientes y estaciones para identificar la presencia de tolerancia entre los genotipos (Kramer *et al.*, 1980; Newton *et al.*, 1998, 2000). Otro modelo que resulta más fiable está basado en la medición del área foliar sana (verde) o la radiación interceptada y el RG (Parker *et al.*, 2004; Foulkes *et al.*, 2006). Los modelos de pérdida de rendimiento inducida por una enfermedad basados en la medida absoluta de la duración del área foliar verde (DAFV) o en la intercepción de luz han demostrado ser más robustos entre sitios y estaciones que aquellos basados en el porcentaje de ABCPE o en los valores del índice de área foliar no verde (IAFNV) (Johnson, 1987; Waggoner y Berger, 1987; Madden y Nutter, 1995; Bryson *et al.*, 1997). La tolerancia a *Z. tritici* de muchas variedades de trigo ha sido cuantificada como la pendiente de la regresión entre la DAFV y el RG entre tratamientos de diferente presión de inóculo en cada cultivar (Parker *et al.*, 2004; Paveley *et al.*, 2005; Foulkes *et al.*, 2006). Por esta razón, es interesante efectuar una comparación entre los modelos que cuantifican la enfermedad con regresiones entre ABCPE o DAFV y RG.

Watson (1947) encontró que el rendimiento fue relacionado con el índice de área foliar verde (IAFV) (índice adimensional que relaciona la superficie foliar con la superficie de suelo que ocupa). Sin embargo, argumentó que el rendimiento fue correlacionado con la duración del área foliar (días) más que con el IAFV en sí mismo. Considerando que *Z. tritici* afecta el rendimiento a través de una disminución del IAFV, ocasionando un desbalance en la relación fuente- destino de los cultivos enfermos, parte de la radiación total interceptada es capturada por las porciones de las hojas afectadas por la enfermedad, que no son funcionales, reduciendo así la eficiencia de absorción de la radiación. Así, el total de la radiación absorbida puede ser disminuida por una reducción del IAFV, cobertura de la superficie foliar con lesiones, senescencia acelerada (Boote *et al.*, 1983; Serrago *et al.*, 2009; Carretero *et al.*, 2010) y defoliación o reducción del macollaje. También, es importante considerar el efecto de las enfermedades sobre los estratos foliares del cultivo. En el caso particular de *Z. tritici* infecta primeramente las hojas basales (estratos inferiores) y progresa hacia los estratos superiores. Sin embargo, Gooding *et al.*, 2000 sugieren que la hoja bandera (HB) tiene particular importancia ya que es la última hoja en emerger antes que la espiga, es la última hoja en senescer, se ubica en la parte superior del canopeo y así intercepta más radiación solar que las hojas de estratos inferiores y tiene mayor proximidad vascular con la espiga que otras hojas. En este sentido, Lupton (1972) estimó que un 45% de los carbohidratos del grano provienen de la HB y Verreet y Klink (2002) sostuvieron que las hojas superiores del canopeo son las que más contribuyen al rendimiento del cultivo de trigo.

El contenido de N en grano proviene de dos fuentes: N almacenado antes de antesis y removilizado al grano durante el llenado del grano y N absorbido post- antesis. Barbottin *et al.* (2005) encontraron que la removilización de N depende de la captación de N post-antesis y de la presión de las enfermedades durante el período de llenado del grano. Se ha demostrado que las enfermedades foliares a menudo disminuyen la removilización de N al grano a través de la retención del N en las partes enfermas de las plantas (Bastiaans, 1993; Kremer y Hoffman 1993), aunque esto puede variar con el tipo de patógeno involucrado. En los cereales, algunos autores han demostrado que las enfermedades foliares reducen la absorción de N y su translocación, en el caso de

epidemias que ocurren antes de la floración, sin embargo, raramente afectan la absorción de N en post-floración (Bastiaans, 1993; Verreet y Hoffmann, 1978). Sin embargo Bancal *et al.*, 2008 determinaron que las enfermedades afectan más la absorción de N post-floración que la removilización de N, lo que puede depender del estadio en que se presente la enfermedad. Así mismo, hay pruebas que sugieren que *Z. tritici* regularmente disminuye el rendimiento de proteína en grano por unidad de superficie, reduciendo tanto la captación como partición de N al grano (Mc Cabe *et al.*, 2001; Ruske *et al.*, 2001).

Además del efecto de las enfermedades en el rendimiento y la acumulación y partición de N en el grano, también puede disminuir la calidad panadera. Las estrategias nutricionales de los patógenos producen efectos diferentes en la fisiología de los cultivos y así influyen en la concentración de proteína del grano (%CPG), y otros parámetros de la calidad. Dimmock y Gooding (2002) observaron que cuando los clásicos biótrosos son controlados, la concentración de proteína a menudo se incrementa. Por lo tanto, el patógeno causa un mayor daño en la acumulación y partición de nitrógeno (N) en el grano, que en la partición y acumulación sobre la materia seca. La influencia de la mancha de la hoja sobre la proteína ha recibido poca atención a pesar de la gran importancia que ésta tiene en la determinación de la calidad y uso final de los granos (Shewry y Halford, 2002). El efecto de *Z. tritici* en la concentración de la proteína es variable. La mayoría de los registros del efecto de controlar patógenos necrotrófos o hemibiotrófos como *Z. tritici* encontraron que el uso de fungicidas está asociado a la reducción en la concentración de proteína, ya que el patógeno la incrementa. Es razonable suponer que los cultivares específicamente mejorados para pan podrían aumentar la proteína en el grano más efectivamente cuando son afectados por esta clase de patógenos comparado con cultivares para galletitas donde la concentración de proteína es mucho menos importante (Dimmock y Gooding, 2002). Esto indica que los cultivares argentinos que pertenecen a un grupo de calidad alto podrán tener mayor aumento en variables de calidad cuando son afectados por *Z. tritici*. Sin embargo, Puppala *et al.*, 1998 registraron un gran incremento en la concentración de proteína con uso de fungicidas en un cultivar para pan de alta proteína, indicando que el patógeno la disminuye.

Las condiciones ambientales influyen sobre el %CPG. Así, la temperatura, lluvia y radiación afectan la concentración de proteína del grano y el balance entre el N y la acumulación de materia seca (Smith y Gooding, 1999). Las precipitaciones antes del llenado de grano reducirían la concentración de proteínas diluyendo el N por el crecimiento vegetativo y el incremento en el rendimiento, e incrementando las pérdidas de N (Dimmock y Gooding, 2002). En cambio las precipitaciones durante el llenado del grano posiblemente debido al efecto sobre la mineralización del N incrementarían la concentración de proteínas (Smith y Gooding, 1996) en un momento en que la disponibilidad del mismo tiene un impacto importante (Gooding y Davies, 1997). Asimismo, si las precipitaciones pre-antesis fueron escasas el rendimiento disminuirá, lo que conducirá a una mayor concentración de N en el grano. Asimismo altas temperaturas durante la etapa de generación de granos generaría un acortamiento de la fase reproductiva tardía y un menor número de granos, en tanto que altas temperaturas post-antesis reducirían el período de llenado de granos, causando una disminución en el peso de mil granos

La tolerancia a *Z. tritici* en trigo podría también impactar en la concentración de proteínas y en los componentes de la calidad industrial y panadera del cereal debido a la menor reducción en el rendimiento. Considerando estos antecedentes, las **hipótesis** planteadas en este capítulo son:

- Existe variabilidad genética para el carácter tolerancia al hongo patógeno *Z. tritici* causante de la mancha foliar en los cultivares argentinos de trigo.
- La MHT afecta la acumulación y partición de N al grano causando disminución de la removilización y absorción post- antesis.
- Las diferencias genotípicas en tolerancia condicionan un diferente comportamiento de los cultivares en la acumulación de N y las variables de calidad comercial y panadera frente a la infección con *Z. tritici*. En los cultivares tolerantes al existir menores reducciones en el rendimiento la concentración de proteína disminuye con respecto a los no tolerantes que la incrementan cuando son afectados por el patógeno al disminuir su rendimiento

- Las diferencias ambientales (temperatura y lluvias antes y después de anthesis) inciden sobre el IAFV y el rendimiento lo cual puede influir en el efecto de la MHT en la concentración de proteínas.

Los **objetivos específicos** son:

- Evaluar diferencias en tolerancia para rendimiento en cultivares de trigo frente al patógeno hemibiótrofo causante de la mancha foliar (*Z. tritici*) y su impacto sobre la acumulación y partición de N al grano y variables de calidad comercial y panadera.
- Evaluar el efecto de variables ambientales (lluvias antes y después de anthesis y temperatura) sobre el efecto de la MHT en la concentración de proteínas.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1. Características de los ensayos y diseño experimental

Se realizaron dos ensayos en la Estación Experimental Julio Hirschhorn en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata durante 2010 y 2011. Los ensayos fueron sembrados entre el 16 de Junio y el 15 de Julio respectivamente, de acuerdo al ciclo de los cultivares y años, bajo un sistema de labranza convencional. El suelo fue un argiudol típico. Los análisis de suelo 0-20 cm indicaron 3,55% de materia orgánica, 0,139% de N, 15 ppm de P y un pH: 5,75. Los datos meteorológicos fueron registrados en la estación meteorológica Davis ubicada a 100 m de los ensayos experimentales. Los datos de temperatura del período de referencia (1967- 2013) y precipitación (1911-2013) pertenecen a la base de datos INTA Castelar (base La Plata) y boletines agrometeorológicos de la EEJH realizados por los Ings. Agrs. Asborn y Pardi.

El diseño experimental fue parcela dividida con tres repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento de inoculación: 1 – Sin inóculo (SI), 2- Baja concentración de inóculo (BC) ($5 \cdot 10^5$ esporas ml de suspensión⁻¹), 3- Alta concentración de inóculo (AC) ($5 \cdot 10^6$

esporas ml de suspensión $^{-1}$). La subparcela fue el cultivar. En Argentina el Comité de los Cereales de Invierno y el CONASE (Comisión Nacional de Semillas) clasifican los cultivares de trigo en tres grupos. El grupo 1 (GC 1) son los trigos correctores utilizados para panificación directa e industrial, el grupo 2 (GC 2) son trigos que soportan más de 8 h de fermentación en procesos de panificación tradicional y el grupo 3 (GC 3) se caracteriza por trigos que son usados para panificación directa y soportan menos de 8 h de fermentación (Cuniberti, 2005; PRONACATRI, 2006). Los cultivares elegidos fueron, para el GC 1: Buck Guapo (B. Guapo), Buck 75 Aniversario (B. 75 Aniversario), Klein Zorro (K. Zorro), Buck Brasil (B. Brasil), para el grupo 2: Klein Escorpión (K. Escorpión), Klein Flecha (K. Flecha), Relmó Centinela (R. Centinela) y ACA 801 y para el grupo 3 Klein Chajá (K. Chajá) y Nidera Baguette 10 (Bag. 10). Entre las parcelas experimentales se sembraron parcelas de avena para disminuir la propagación de inóculo entre tratamientos. Todo el ensayo fue fertilizado con 50 kg ha $^{-1}$ de P $_2$ O $_5$ como superfosfato triple de calcio y 100 kg ha $^{-1}$ de N como úrea en la siembra y 80 kg ha $^{-1}$ a fines de macollaje.

2.2.2. Preparación del inóculo e inoculaciones realizadas

Para preparar el inóculo se utilizó una mezcla de aislamientos de *Z. tritici* (FALP14707, FALP20107-FALP20207, FALP20507), los tres primeros provienen de la localidad de Nueve de Julio y el último a la localidad Pla de la provincia de Buenos Aires, región triguera Il Sur. Los mismos crecieron en un medio de cultivo de extracto de agar malta a 18-20 °C con alternancia de 12 h de luz y oscuridad (Figuras 2.A y 2.B). La suspensión de esporas (inóculo) se preparó con medidas de asepsia en flujo laminar, con agua destilada. La concentración de esporas fue medida con un hemacitómetro Neubauer y fue ajustada a dos concentraciones de inóculo BC y AC especificadas anteriormente (Eyal *et al.*, 1987; Rodrigo *et al.*, 2015), para establecer un gradiente de enfermedad. Se agregó a la suspensión de esporas 0.5 ml de tensioactivo Tween 20 por litro.

Se realizaron dos inoculaciones en macollaje EC 23-24 y en la emergencia de la hoja bandera, EC 37 en ambos años (Figura 2.C). Las plantas fueron pulverizadas con la suspensión de esporas con una mochila manual en horas del atardecer. Luego de las

inoculaciones, las plantas fueron regadas con agua tres veces al día durante tres días, para mantener la humedad y favorecer la penetración del patógeno.



Figura 2.A. Medio de cultivo con desarrollo de *Z. tritici*.



Figura 2.B. Preparación del inóculo por cepillado de esporas.



Figura 2.C. Inoculación (*Z. tritici*) del ensayo experimental con mochila manual.

2.2.3. Evaluación de la severidad de la enfermedad, ABCPE y dinámica del área foliar.

Se realizaron tres evaluaciones en tres estados de crecimiento (EC 39, 60 y 82) donde se estimó la severidad de la enfermedad como el porcentaje de síntomas en las dos a cuatro hojas superiores de 7 plantas dependiendo del momento fenológico. Se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *Z. tritici* en las dos hojas superiores acorde a la fórmula de Shanner y Finney (1977). En cada parcela, se cortaron las hojas de 2-3 macollos que tenían al menos un 10% de superficie verde y se pegaron en hojas de papel, luego se escanearon y una vez digitalizadas mediante el programa image J (Schneider *et al.*, 2012), se determinó el área foliar total y por estrato considerando la hoja bandera (HB), hoja bandera -1 (HB-1), hoja bandera -2 (HB-2), hoja bandera - 3 (HB-3). Con estos valores y los datos de severidad se determinó el índice de área foliar total (IAFT), índice de área foliar verde (IAFV), duración del área foliar verde (DAFV) y duración de área foliar verde de los estratos foliares de la HB (DAFVHB), HB-1 (DAFVHB-1), HB-2 (DAFVHB-2) y HB-3 (DAFVHB-3). Los valores de DAFV fueron calculados según la fórmula trapezoidal $DAF = \sum [LAI_i + LAI_{i+1}/2] \times (t_{i+1} - t_i)$ donde DAF se refiere a DAFV y $(t_{i+1} - t_i)$ es el intervalo entre dos evaluaciones sucesivas. Se determinó el porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) como la relación del índice de área foliar no verde (IAFNV) y el IAFT para cada EC evaluado en cada año. La tasa de incremento del %AFNV se calculó para el total del ciclo de cultivo, realizando la diferencia entre el %AFNV en EC 82 y %AFNV en EC 39 en cada año de ensayo.

La tasa de caída ($IAF \cdot \text{día}^{-1}$) del IAFT y IAFV total durante el periodo EC39-EC82 se calculó como la pendiente de la regresión de los valores de IAF en cada estadio y los días desde emergencia a la fecha de estas evaluaciones.

2.2.4. Cálculo del rendimiento de grano y sus componentes

En cada parcela, se determinaron los componentes del rendimiento EPM^2 , GPE y PMG, así como el peso hectolítrico (PH). Se cosecharon 3 m lineales de cada parcela y se contaron las espigas para establecer el número de EPM^2 . De esas muestras, se tomaron 20 espigas, se trilló manualmente y se contaron sus granos con un contador

mecánico. Los granos de esas espigas fueron pesados para calcular el PMG (g). El PH (kg hl^{-1}) fue determinado con la balanza Schopper, que mide un volumen de 250 cm^3 y se convierte a través de una tabla de valores a PH. Se calculó el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) en la cosecha y se determinó el porcentaje de reducción de rendimiento debido a *Z. tritici* en los tratamientos con AC con respecto al tratamiento control (SI).

2.2.5. Molienda y determinación de las variables de calidad panadera e industrial

Las muestras de cada parcela fueron limpiadas, acondicionadas a 15,5% de humedad y molidas con el molino experimental Buhler MLU 202, extrayendo un porcentaje de harina de aproximadamente 70%. El porcentaje de N del grano se determinó con el método Microkjeldhal (A.O.A.C, 1970), en antesis y madurez, previa división del material en paja y granza (que constituyen la parte vegetativa) y granos. A partir del % de N y la materia seca correspondiente, se determinó en floración (EC55-60) y en madurez (EC 82), el N total acumulado en g m^{-2} . También se determinó la absorción de N post-floración como la diferencia entre el contenido de N de la planta total a madurez y a floración y el N removilizado de los órganos vegetativos como la diferencia entre el N de la parte vegetativa a floración y el N de la parte vegetativa a madurez (Bancal *et al.*, 2008; Dimmock y Gooding, 2002). El contenido de proteína del grano (%CPG) fue estimado multiplicando el valor de N por el factor 5,7 (IRAM 15852:2002). El gluten húmedo (%GH) y gluten seco (%GS) se determinaron con equipo Glutomatic 2000 (IRAM 15864: 2007).

Las propiedades reológicas fueron evaluadas con alveógrafo de Chopin y farinógrafo de Brabender (IRAM 15855:2000-12). Se determinó el porcentaje de humedad de cada muestra y se preparó la masa acorde a las normas IRAM 15857:2005. Los valores alveográficos evaluados fueron:

P: Tenacidad de la masa: Indica la resistencia de la masa a ser estirada y es representada por la altura máxima de la curva graficada del alveograma. Se mide en mm. L: Extensibilidad se representa por la longitud de la curva. Se mide en mm. P/L: es la relación entre la tenacidad y la extensibilidad. Indica el equilibrio de la masa. W: Fuerza de la harina o fuerza panadera: indica el trabajo necesario para la deformación

de la masa y se representa con el área bajo la curva del alveograma. Se mide en Joules $\times 10^{-4}$.

Los valores obtenidos del farinograma fueron: A: Absorción de agua (en %) es el volumen de agua necesario para obtener una masa con una consistencia de 500 U. B. B: Tiempo de desarrollo de la masa que indica el tiempo que tarda una masa en alcanzar la consistencia óptima. D: Estabilidad de la masa en las 500 U. B (Unidades Brabender) informa cuanto tiempo permanece la masa en la consistencia óptima. E: Grado de aflojamiento de la masa (U.B) indica el debilitamiento de la masa y se visualiza cuando la banda graficada cae de la línea de las 500 U.B.

A modo de referencia es importante mencionar que la aptitud de una harina para panificación utilizando los análisis farinográficos se puede considerar en función de los siguientes valores. La absorción óptima debe estar entre 63 a 66% considerando una harina con base 14% de humedad y el tiempo de desarrollo entre 10 y 15 minutos. La estabilidad debe ser entre 20 y 30 minutos y el grado de aflojamiento entre 20 y 30 U.B. Una clasificación de calidad para los farinogramas podría ser:

1. Calidad óptima: grado de aflojamiento de la masa entre 20 y 30 U.B, y una estabilidad superior a 10 minutos.
2. Calidad buena: grado de aflojamiento de la masa entre 30 y 50 UB y estabilidad no inferior a 7 minutos.
3. Calidad discreta: grado de aflojamiento de la masa entre 50 y 70 U.B y estabilidad no inferior a 5 minutos.
4. Calidad mediocre: grado de aflojamiento de la masa entre 70 y 130 UF y estabilidad no inferior a 3 minutos.
5. Calidad baja: grado de aflojamiento de la masa caída superior a 130 U.B y estabilidad inferior a 2 minutos.

Con respecto a los valores del alveograma, una harina es considerada buena para panificación si tiene un P entre 100 y 130 mm, L entre 100 a 130 mm, W entre 300 a 460, y una relación P/L igual a 1. Para productos de horno fermentados se debe utilizar harinas fuertes con una W entre 180 y 200 (Bolsa de Cereales, 2015).

Para completar los análisis de calidad industrial se realizaron ensayos de panificación experimental (IRAM 15858-1) y se determinó el volumen del pan (V) cm^3 por desplazamiento de semillas de colza en probetas graduadas, el peso del pan (Pe) (g) con balanza digital luego de una hora de terminada la cocción y volumen específico (VE) (g cm^{-3}) como la relación del Pe y el V.



Figuras: Equipos del laboratorio de Cerealicultura de la FCAyF- UNLP. Figura 2.D. Molino Experimental Buhler MLU 202. 2.E. Equipo Micro Kjeldahl 2.F. Farinógrafo de Brabender 2.G Alveógrafo de Chopin. 2.H Glutomatic 2000.



Figura 2.I. Proceso de Panificación experimental: Amasado. Realizado de *punch*. Armado del pan. Fermentado y cocción de los panes.

2.2.6. Análisis estadístico

Los datos de severidad causada por *Z. tritici*, ABCPE, IAF, IAFV, IAFNV, DAFV, %AFNV, duración del área foliar de los distintos estratos, RG, componentes del RG, valores de absorción y removilización de N, calidad panadera e industrial fueron analizados con análisis de varianza (ANAVA) para diseño experimental en parcela dividida para los dos años en conjunto con el programa Genstat 12 Ed (VSN, 2009). El año (A), los tratamientos de inoculación (TI) y los cultivares (Cu) fueron considerados como efectos fijos mientras que las repeticiones fueron consideradas como efectos aleatorios. Las medias se compararon con el test de LSD ($P < 0,05$). Se efectuó un análisis de regresión para detectar diferencias en tolerancia a *Z. tritici* entre las variedades, considerando la relación entre DAFV- RG de acuerdo a Foulkes *et al.*,

2006. Se realizaron además regresiones entre el ABCPE y %CPG, la DAFVHB y RG, DAFHB y CPG. Se determinaron correlaciones (coeficiente de correlación de Spearman) entre el %CPG, variables reológicas y la tolerancia de los cultivares, y entre los grupos de calidad de los cultivares y la tolerancia. Se realizaron rectas de regresión para el RG y sus componentes entre los tratamientos sin inóculo (sanos) y los tratamientos inoculados (enfermos). Se efectuó un análisis de regresión entre las lluvias acumuladas (mm) pre- antesis y post- antesis y el %CPG así como temperatura post- antesis y %CPG en ambos años con programa Genstat 12 Ed.

2.3. RESULTADOS

2.3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de cultivo

Los datos meteorológicos para el período de cultivo 2010 y 2011, en La Plata, están presentados en la tabla 2.1, asimismo se presentan valores climáticos de referencia de temperatura (1967-2013) y precipitación (1911-2013). Las precipitaciones acumuladas durante el período de cultivo fueron muy diferentes en ambos años, en 2010 se registraron 344 mm y en 2011, 481,3 mm. Esto representa 39,8 % más para el año 2011(Figura 2.1). Si bien, en el inicio del período crítico de 2010 las lluvias fueron mayores, en 2011 hubo mayor cantidad total y mayor cantidad total acumulada hasta el período crítico. En 2010, se observó una mayor amplitud entre la temperatura mínima y máxima, además en noviembre 2010 (inicio de llenado) las temperaturas fueron más frescas que en 2011.

Tabla 2.1: Temperatura media, mínima y máxima (°C), Humedad Relativa (%) durante el período de cultivo en 2010 y 2011 en La Plata. Se incluyen valores climáticos de referencia (temperatura 1967-2013).

| | 2010 | | | HR (%) | 2011 | | | HR (%) | 1967- 2013 |
|------------|------------------|------|------|--------|------------------|------|------|--------|------------------|
| | Temperatura (°C) | | | | Temperatura (°C) | | | | Temperatura (°C) |
| | Media | Min | Máx | | Media | Min | Máx | | Media |
| Junio | 10,7 | 6,4 | 15,1 | 78,0 | 10,3 | 6,3 | 14,1 | 79,0 | 10,2 |
| Julio | 7,9 | 4,0 | 12,4 | 78,0 | 8,9 | 4,3 | 14,4 | 73,0 | 9,8 |
| Agosto | 9,8 | 4,6 | 15,2 | 76,0 | 9,7 | 5,3 | 14,1 | 76,0 | 11,1 |
| Septiembre | 13,1 | 8,5 | 18,2 | 78,0 | 13,7 | 7,5 | 20,0 | 64,0 | 12,9 |
| Octubre | 14,8 | 9,1 | 20,3 | 73,0 | 15,2 | 9,9 | 20,7 | 73,0 | 15,8 |
| Noviembre | 18,0 | 11,7 | 24,7 | 70,0 | 20,3 | 14,6 | 26,2 | 64,0 | 18,6 |
| Diciembre | 21,4 | 14,6 | 27,7 | 58,0 | 20,0 | 14,2 | 26,1 | 67,0 | 21,6 |
| Media | 14,2 | 8,8 | 19,8 | 72,0 | 14,0 | 10,5 | 17,6 | 71,0 | 14,3 |

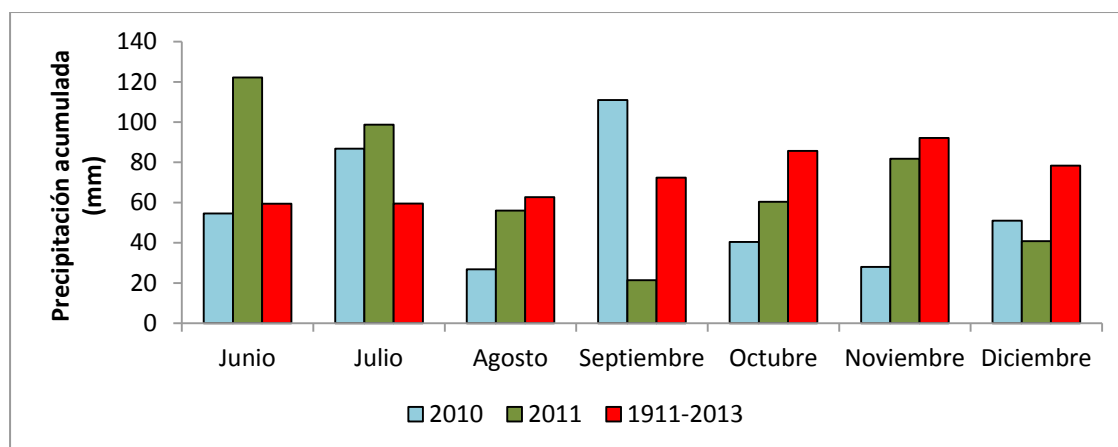


Fig. 2.1. Distribución mensual de precipitaciones registradas durante el ciclo de cultivo en 2010 y 2011 en La Plata. Se presentan valores históricos de precipitación de La Plata (1911- 2013).

2.3.2. Severidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

En la Tabla 2.3 se indica el porcentaje promedio de severidad causado por *Z. tritici* en cada estadio de crecimiento EC 39 y EC 60 (para 4 hojas), EC 82 (dos hojas superiores) para cada cultivar y tratamiento de inoculación para ambos años. Hubo

diferencias significativas en EC 39 y 60 entre años, y entre los tratamientos de inoculación y cultivares en todos los EC (Tabla 2.2). En 2010 la severidad de los cultivares fue menor que en 2011 para los tres EC.

Tabla 2.2: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto de dos años para la severidad de la enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici*.

| Fuente de variación | gl | EC 39 | | EC 60 | | EC82 | | ABCPE | |
|-------------------------------------|-----|-------|---------|-------|--------|-------|---------|----------|--------|
| | | CM | pr (F) | CM | pr (F) | CM | pr (F) | CM | pr (F) |
| Año (A) | 1 | 0,74 | 0,014 | 0,214 | 0,034 | 5,080 | 0,129 | 31788758 | 0,022 |
| Error a | 2 | 0,002 | | 0,017 | | 0,160 | | 121246 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 0,206 | < 0,001 | 0,624 | <0,001 | 1,460 | < 0,001 | 10291204 | <0,001 |
| A × Ti | 2 | 0,005 | 0,479 | 0,001 | 0,895 | 0,130 | 0,127 | 422342 | 0,043 |
| Error b | 8 | 0,003 | | 0,001 | | 0,040 | | 70855 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 0,079 | <0,001 | 0,048 | <0,001 | 0,400 | <0,001 | 507382 | <0,001 |
| A × Cu | 9 | 0,017 | 0,001 | 0,007 | 0,778 | 0,070 | 0,092 | 162162 | 0,157 |
| Ti × Cu | 18 | 0,001 | 0,999 | 0,005 | 0,982 | 0,030 | 0,654 | 71474 | 0,842 |
| A × Ti × Cu | 18 | 0,003 | 0,941 | 0,008 | 0,808 | 0,010 | 0,979 | 48357 | 0,973 |
| Error c | 108 | 0,005 | | 0,012 | | 0,050 | | 120760 | |
| Total | 179 | | | | | | | | |

Tabla 2.3: Medias de la severidad de la enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación: SI (sin inóculo), BC (baja concentración), AC (alta concentración) con *Z. tritici* en dos años.

| | EC 39 | | | | EC 55 | | | | EC 82 | | | | ABCPE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2010 | | 2011 | | 2010 | | 2011 | | 2010 | | 2011 | | 2010 | | 2011 | | 2010 | | 2011 | | | | | | | | | | | | | |
| | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | | | | | | | | |
| K. Zorro (G1) | 2,6 | 5,6 | 7,4 | 5,2 | 11,5 | 14,9 | 22,8 | 16,4 | 12,5 | 19,8 | 26,0 | 19,4 | 12,1 | 19,9 | 32,1 | 21,3 | 42,2 | 60,2 | 74,5 | 58,9 | 53,2 | 68,7 | 92,1 | 71,3 | 7920 | 1207 | 1538 | 1179 | 1256 | 1743 | 2535 | 1844 |
| K. Chajá (G3) | 1,8 | 4,4 | 4,6 | 3,6 | 8,6 | 13,5 | 15,0 | 12,4 | 10,2 | 12,5 | 27,2 | 16,6 | 7,3 | 20,2 | 31,6 | 19,7 | 49,0 | 61,1 | 65,8 | 58,6 | 70,1 | 82,1 | 100,0 | 84,1 | 795 | 1017 | 1437 | 1083 | 1315 | 1920 | 2519 | 1918 |
| ACA 801 (G2) | 7,4 | 7,2 | 7,8 | 7,5 | 7,8 | 14,0 | 20,1 | 14,0 | 14,8 | 22,6 | 29,3 | 22,2 | 19,5 | 44,5 | 47,1 | 37,0 | 37,9 | 66,4 | 64,3 | 56,2 | 74,3 | 100,0 | 100,0 | 91,4 | 877 | 1367 | 1520 | 1254 | 1709 | 2871 | 3035 | 2538 |
| K. Flecha (G2) | 5,8 | 7,6 | 6,9 | 6,8 | 10,0 | 13,3 | 18,9 | 14,1 | 4,5 | 17,8 | 23,6 | 15,3 | 16,8 | 19,6 | 19,4 | 18,6 | 38,3 | 54,7 | 48,3 | 47,1 | 61,1 | 78,7 | 97,6 | 79,1 | 598 | 1130 | 1196 | 975 | 1480 | 1852 | 2193 | 1842 |
| R. Centinela (G2) | 2,0 | 3,9 | 9,1 | 5,0 | 13,3 | 18,3 | 23,9 | 18,5 | 9,7 | 24,0 | 27,1 | 20,3 | 20,9 | 27,4 | 31,8 | 26,7 | 45,6 | 67,9 | 60,6 | 58,0 | 73,5 | 80,0 | 99,1 | 84,2 | 751 | 1368 | 1445 | 1188 | 1816 | 2165 | 2641 | 2207 |
| B. Brasil (G1) | 2,9 | 5,9 | 5,8 | 4,9 | 4,5 | 5,2 | 12,5 | 7,4 | 16,3 | 21,0 | 26,5 | 21,3 | 16,3 | 29,8 | 40,4 | 28,8 | 49,7 | 67,4 | 64,1 | 60,4 | 57,8 | 72,8 | 84,5 | 71,7 | 971 | 1317 | 1420 | 1236 | 1339 | 1942 | 2515 | 1932 |
| B. 75 Aniversario (G1) | 3,0 | 6,9 | 7,1 | 5,7 | 9,5 | 12,5 | 19,7 | 13,9 | 13,1 | 18,8 | 24,0 | 18,6 | 13,3 | 17,8 | 30,3 | 20,5 | 39,0 | 68,3 | 69,9 | 59,1 | 64,1 | 74,1 | 82,8 | 73,7 | 779 | 1287 | 1436 | 1167 | 1413 | 1725 | 2309 | 1816 |
| Bag. 10 (G3) | 7,7 | 12,6 | 17,5 | 12,6 | 13,3 | 18,0 | 23,0 | 18,1 | 9,3 | 12,7 | 21,4 | 14,5 | 14,0 | 17,3 | 26,0 | 19,1 | 28,6 | 31,7 | 39,4 | 33,2 | 58,0 | 61,3 | 69,0 | 62,8 | 642 | 833 | 1203 | 893 | 1404 | 1614 | 2041 | 1686 |
| B. Guapo (G1) | 12,0 | 13,3 | 18,5 | 14,6 | 17,7 | 19,0 | 24,3 | 20,3 | 14,0 | 19,7 | 33,8 | 22,5 | 18,3 | 24,0 | 37,7 | 26,7 | 19,4 | 22,1 | 30,3 | 23,9 | 48,7 | 52,0 | 60,0 | 53,6 | 729 | 918 | 1431 | 1026 | 1460 | 1688 | 2266 | 1805 |
| K. Escorpión (G2) | 11,5 | 15,5 | 20,9 | 16,0 | 17,3 | 21,3 | 26,0 | 21,6 | 11,6 | 17,1 | 25,7 | 18,1 | 16,7 | 22,3 | 31,0 | 23,3 | 18,4 | 44,7 | 62,9 | 42,0 | 48,0 | 74,7 | 84,3 | 69,0 | 651 | 1121 | 1606 | 1126 | 1398 | 1991 | 2441 | 1944 |
| A | 1,6 | | | | 5,9 | | | | 2,0 | | | | 550,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ti | 1,3 | | | | 3,0 | | | | 7,5 | | | | 125,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A x Ti | 1,7 | | | | 4,8 | | | | 15,2 | | | | 450,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cu | 2,8 | | | | 5,5 | | | | 12,2 | | | | 217,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A x Cu | 3,9 | | | | 7,9 | | | | 19,2 | | | | 431,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ti x Cu | 4,7 | | | | 9,4 | | | | 21,0 | | | | 372,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 6,7 | | | | 13,4 | | | | 30,7 | | | | 589,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Todos los cultivares incrementaron la severidad con aumentos en la concentración de inóculo en ambos años de estudio. Hubo diferencias significativas entre todos los cultivares en todos los EC. La interacción A × Cu fue estadísticamente significativa en EC 39, y mostró que todos los cultivares fueron afectados más severamente en el segundo año de ensayo con medias de severidad entre 7,40% y 21,6% y en 2010 3,6% y 16,0%. En 2010, los cultivares B. Guapo, Bag. 10 y K. Escorpión se diferenciaron del resto con valores de severidad superiores mientras que en 2011 los cultivares mencionados junto a R. Centinela también presentaron severidad alta y se diferenciaron de K. Chajá, ACA 801, K. Flecha y B. Brasil que en este EC tuvieron menor severidad. En EC 60 los rangos de severidad media fueron 14,5% y 22,2% en 2010 mientras que en 2011 fueron 18,6% y 37,0%. Finalmente en EC 82 los valores extremos de severidad media fueron 23,9%-60,4% en 2010 y 53,6%-91,4% en 2011.

El ABCPE fue influenciado por todos los factores principales y la interacción A × TI (Tabla 2.2). En 2011, el ABCPE fue superior a 2010 para todos los cultivares (1953 y 1113 días respectivamente) y el incremento en la concentración de inóculo causó un aumento importante y significativo del ABCPE entre los tres TI en los dos años, existiendo mayores diferencias entre tratamientos en 2011 (Figura 2.2). Los valores promedios de ABCPE de ACA 801, R. Centinela, B. Brasil indican que fueron los cultivares más afectados en ambas campañas mientras que Bag. 10 resultó el cultivar menos afectado por *Z. tritici* y K. Escorpión mostró mayor ABCPE en 2010 que en 2011. Es importante aclarar que el patógeno predominante fue *Z. tritici*. Se ha observado la presencia de otras enfermedades en niveles de severidad bajos y no se han discriminado los agentes causales. La evaluación de *Z. tritici* se realizó considerando la superficie foliar con necrosis, en tanto hubiera cobertura picnidial presente.

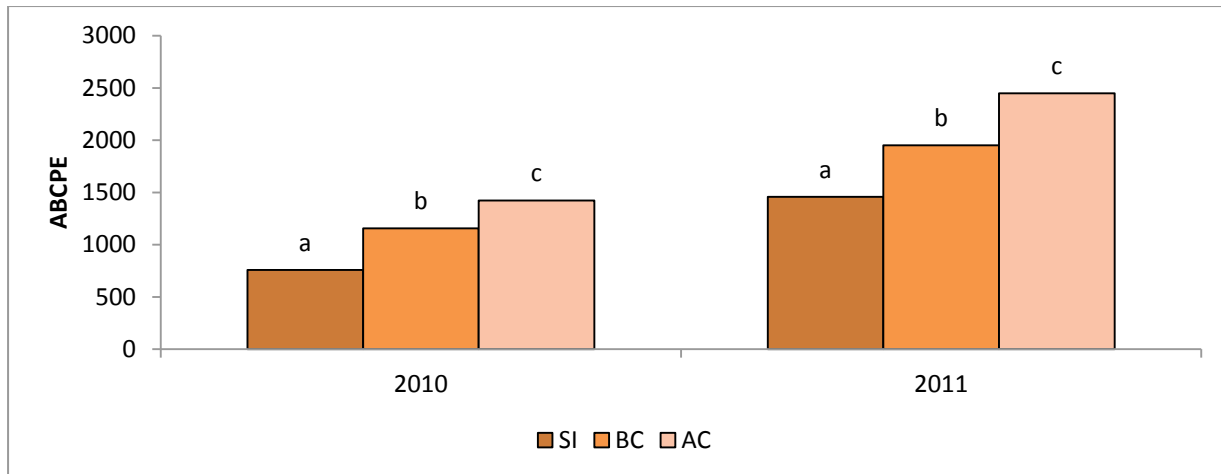


Figura 2.2: Medias de la interacción A × Ti para ABCPE en diez cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.3. Dinámica del índice de área foliar total, verde

En ambos años el IAFT evaluado en EC 39, 60 y 82 así como la DAFT decrecieron significativamente con el aumento de la concentración de inóculo y los valores fueron superiores en 2011 con respecto a 2010 (Tablas 2.4 y Anexo 1). La interacción Ti × Cu (Figura 2.3) mostró que en los cultivares K. Zorro, K. Flecha y K. Escorpión las diferencias fueron significativas entre todos los tratamientos de inoculación, en K. Chajá, R. Centinela, B. Brasil y B. Guapo la disminución de DAFT fue ocasionada por la AC de *Z. tritici* y en el cultivar Bag. 10 no se observaron diferencias entre los tratamientos de inoculación. Además la interacción A × Cu mostró que en 2010 K. Escorpión y B. Guapo presentaron mayor DAFT y se diferenciaron de los otros cultivares que presentaron menores valores (Figura 2.4) mientras que en 2011 Bag. 10 presentó el mayor valor y se diferenció de R. Centinela y B. 75 Aniversario que mostraron menores valores de DAFT. En las figuras 2.5 y 2.6 se observan las tasas de caída de IAFT desde los días de emergencia en ambos años. Hubo diferencias significativas en la tasa de caída entre todos los tratamientos de inoculación en 2010 mientras que en 2011 el tratamiento AC afectó significativamente la tasa de caída de IAFT. Fueron mayores en el tratamiento SI, que tuvo valores más altos en EC 39, en tanto que todos los tratamientos alcanzaron EC

82 con similares valores, estadio en que la senescencia del cultivo, caída de hojas y mortandad de macollos, está también involucrada.

Tabla 2.4. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto de dos años para el índice de área foliar total (IAFT), duración área foliar total (DAFT) y tasa de caída del IAFT (m^2 hoja $día^{-1}$) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici*.

| Fuente de variación | gl | IAFT (EC 39) | | IAFT (EC 60) | | IAFT (EC 82) | | DAFT | | TASA DE CAÍDA IAFT | |
|------------------------------|-----|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|------|--------|--------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 454 | <0,001 | 185 | 0,007 | 921 | 0,006 | 415 | 0,003 | 0,1720 | <0,001 |
| Error a | 2 | 0,23 | | 1,29 | | 0,05 | | 1,06 | | 0,0005 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 30,2 | <0,001 | 6,43 | <0,001 | 0,28 | 0,034 | 22,3 | <0,001 | 0,0049 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 1,06 | 0,020 | 0,08 | 0,805 | 0,01 | 0,777 | 165 | 0,618 | 0,0012 | 0,049 |
| Error b | 8 | 0,15 | | 0,34 | | 0,05 | | 323 | | 0,0004 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 4,20 | <0,001 | 0,93 | 0,130 | 0,11 | 0,180 | 2,16 | <0,001 | -- | -- |
| A x Cu | 9 | 2,69 | <0,001 | 0,79 | 0,227 | 0,21 | 0,004 | 1,49 | 0,003 | -- | -- |
| Ti x Cu | 18 | 1,83 | 0,002 | 0,40 | 0,832 | 0,14 | 0,023 | 908 | 0,030 | -- | -- |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,64 | 0,623 | 0,28 | 0,961 | 0,14 | 0,018 | 250 | 0,951 | -- | -- |
| Error c | 108 | 0,74 | | 0,59 | | 0,07 | | 495 | | | |

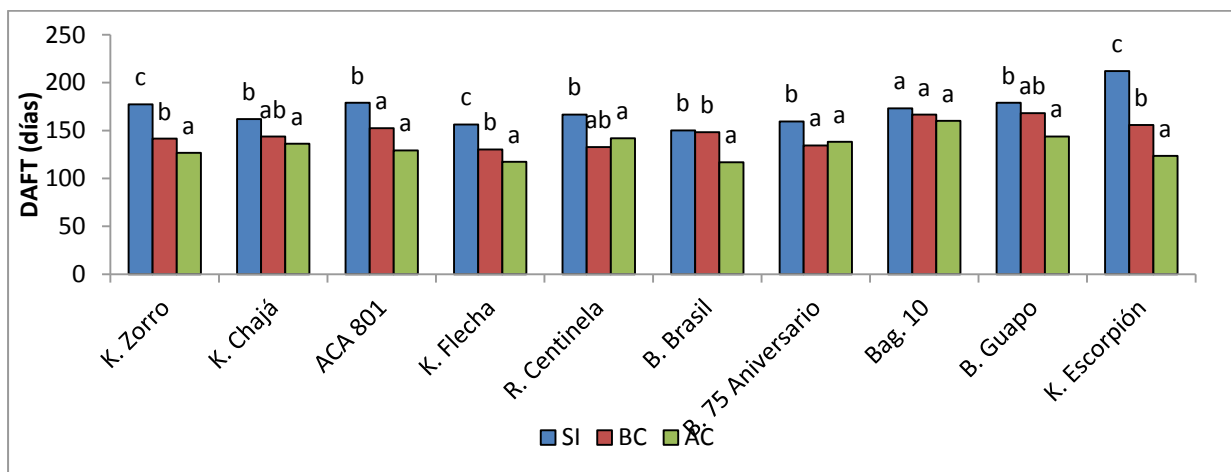


Figura 2.3: Medias de la interacción Ti x Cu para duración de área foliar total (DAFT) en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

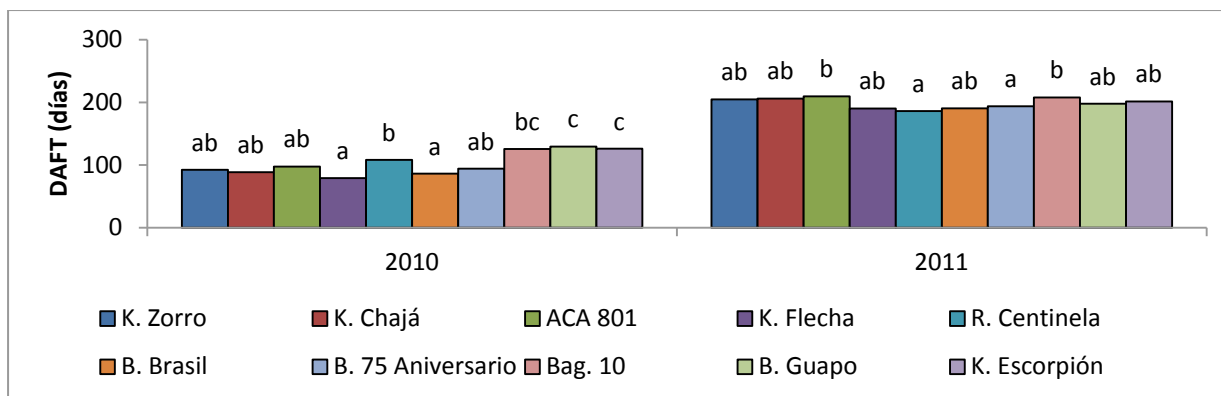


Figura 2.4. Medias de la interacción A × Cu para duración de área foliar total (DAFT) en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

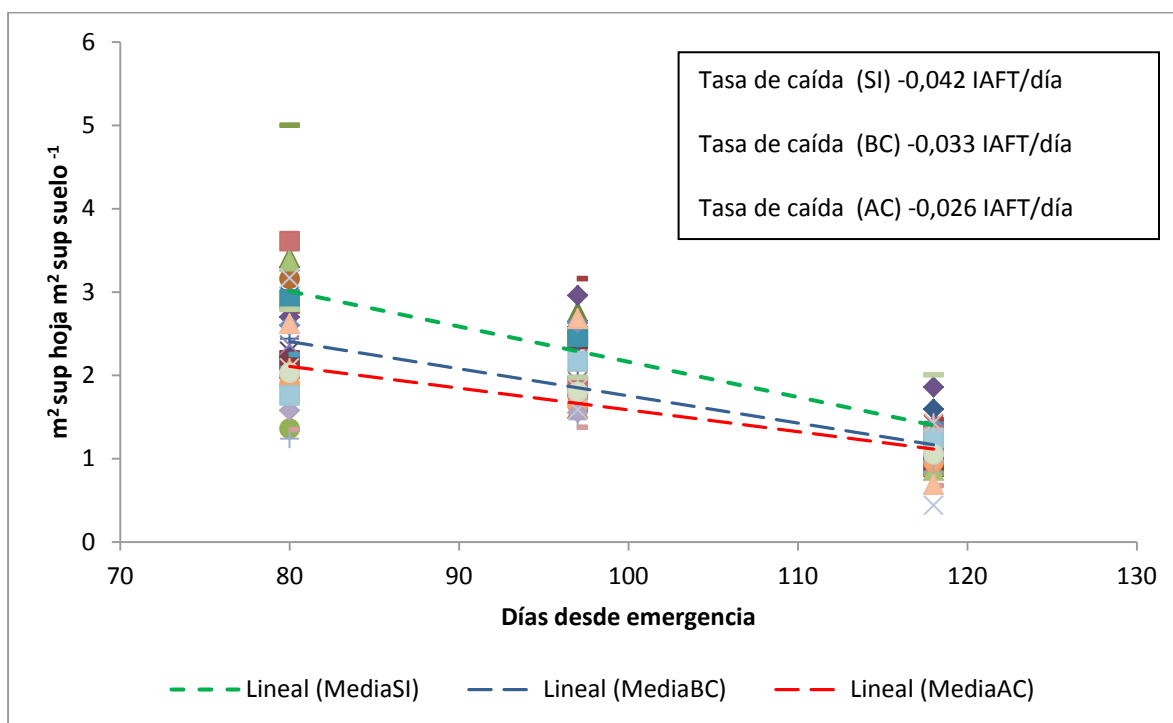


Figura 2.5: Índice de área foliar total (IAFT) (m^2 hoja m^{-2} suelo. $día^{-1}$) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Los valores dentro de la figura indican la pendiente de la línea de regresión (Tasa de caída de IAFT/día).

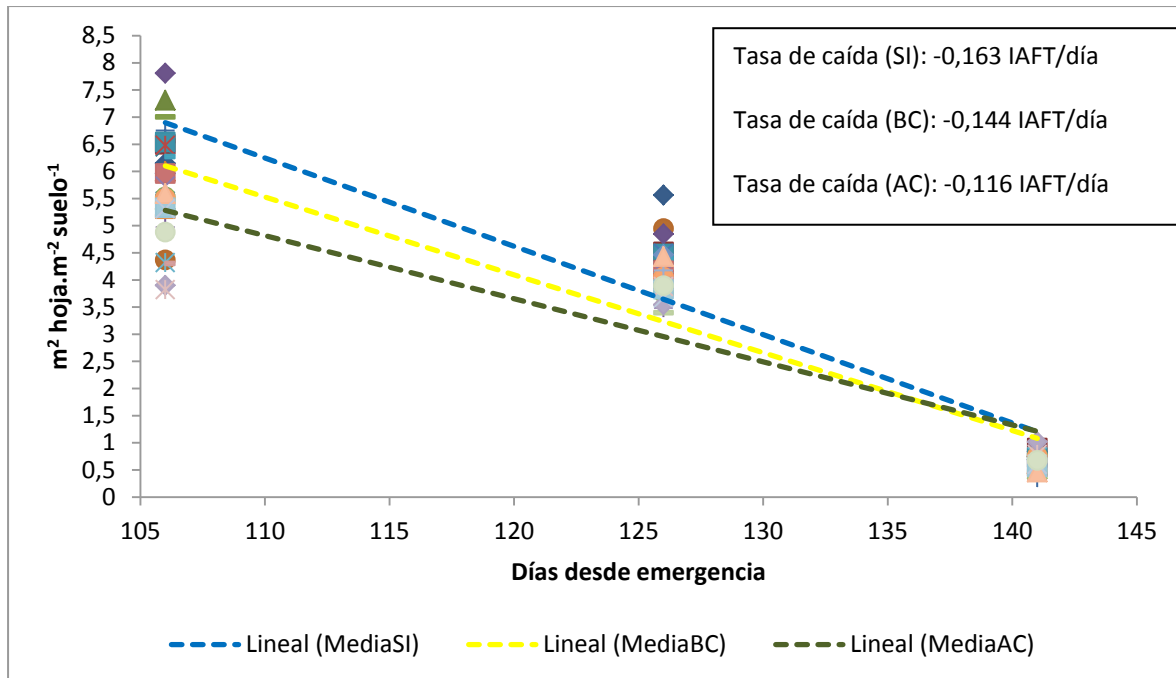


Figura 2.6: Índice de área foliar total (IAFT) ($\text{m}^2 \text{ hoja } \text{m}^{-2} \text{ suelo} \cdot \text{día}^{-1}$) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Los valores dentro de la figura indican la pendiente de la línea de regresión (Tasa de caída de IAFT/día).

Del mismo modo, el IAFV decreció significativamente a medida que se incrementó la concentración de inóculo en los tres EC evaluados y en 2011 este índice fue mayor en comparación con 2010 (Tablas 2.5 y Anexo 2). Los cultivares presentaron diferencias significativas en EC 39 y EC 60 y las interacciones $A \times Ti$ y $Ti \times Cu$ fueron significativas en EC 39 mostrando que la concentración de inóculo creciente disminuyó en forma significativa el IAFV en los dos años. Con respecto a la interacción $Ti \times Cu$ se observó que todos los cultivares redujeron el IAFV en este EC con la concentración de inóculo creciente y principalmente con la AC de inóculo. K. Escorpión mostró diferencias entre todos los tratamientos de inoculación y junto con ACA 801 las mayores diferencias entre tratamientos (Figura 2.7). La DAFV fue modificada por todos los factores principales (Tabla 2.5). En 2010 se observaron valores menores (86 días) en relación a 2011 (169 días) y disminuyó significativamente con el incremento en la concentración de inóculo SI (156 días), BC (121 días) y AC (105 días) (Tabla de medias en Anexo 2). Los cultivares exhibieron diferencias y la mayor reducción en DAFV con los tratamientos de inoculación

fue observada en K. Escorpión (64,9% y 36,0% para 2010 y 2011 respectivamente) y ACA 801 (52,6% y 36,0% para ambos años). Aquellos cultivares que experimentaron menor reducción en la DAFV comparando los tratamientos SI y AC fueron B. 75 Aniversario (21,0%), R. Centinela (26,7%) y Bag. 10 (29,3%) en 2010 y B. Brasil, R. Centinela y Bag. 10 (19-22%), y K. Flecha y B. 75 Aniversario (24%) en 2011 (Figura 2.8). Las tasas de caída de IAFV en 2010 y 2011 se observan en las figuras 2.9 y 2.10, el año y el tratamiento de inoculación fueron significativos, indicando diferencias entre los tratamientos en las medias, la dosis AC disminuyó significativamente el IAFV día⁻¹ y hubo interacción A × Ti.

Tabla 2.5: Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde (IAFV), duración de área foliar verde (DAFV) y tasa de caída de IAFV para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | IAFV (EC 39) | | IAFV (EC 60) | | IAFV (EC 82) | | DAFV | | Tasa de caída | |
|------------------------------|-----|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|--------|--------|---------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 366 | <0,001 | 124 | 0,020 | 5,533 | 0,044 | 308483 | 0,001 | 0,1330 | <0,001 |
| Error a | 2 | 0,31 | | 0,25 | | 0,260 | | 446 | | 0,0003 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 42,9 | <0,001 | 11,7 | <0,001 | 2,551 | <0,001 | 40172 | <0,001 | 0,0051 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 1,89 | 0,024 | 0,05 | 0,850 | 0,000 | 0,999 | 542 | 0,302 | 0,0011 | 0,033 |
| Error b | 8 | 0,31 | | 0,28 | | 0,077 | | 388 | | 0,0003 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 3,53 | <0,001 | 1,34 | 0,006 | 0,084 | 0,570 | 2234 | <0,001 | -- | -- |
| A x Cu | 9 | 1,45 | 0,061 | 0,54 | 0,362 | 0,092 | 0,502 | 614 | 0,208 | -- | -- |
| Ti x Cu | 18 | 1,69 | 0,007 | 0,26 | 0,932 | 0,098 | 0,477 | 599 | 0,176 | -- | -- |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,67 | 0,617 | 0,23 | 0,968 | 0,055 | 0,924 | 232 | 0,943 | -- | -- |
| Error c | 108 | 0,77 | | 0,49 | | 0,099 | | 446 | | | |

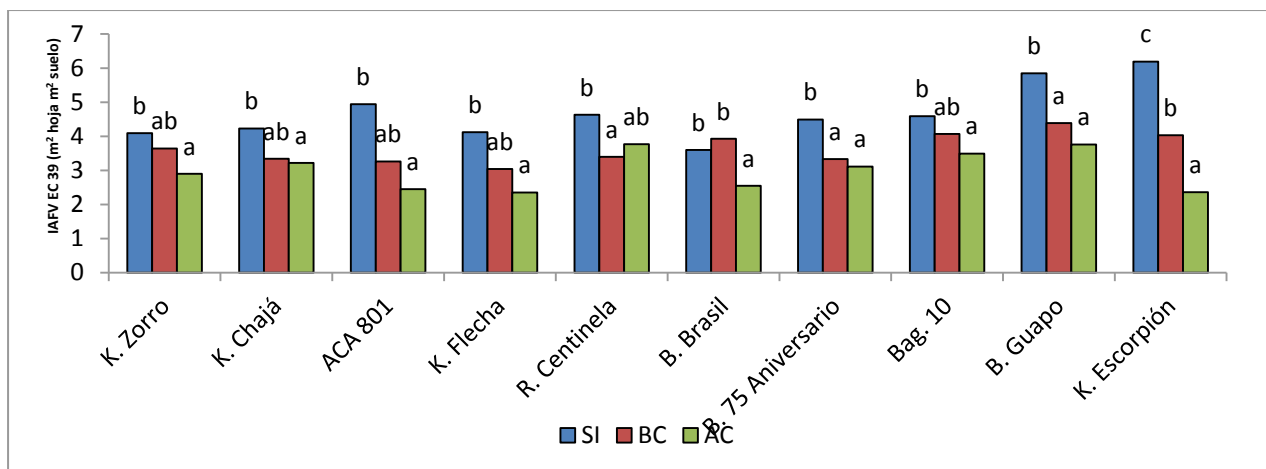


Figura 2.7. Medias del índice de área foliar verde (IAFV) en EC 39 para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

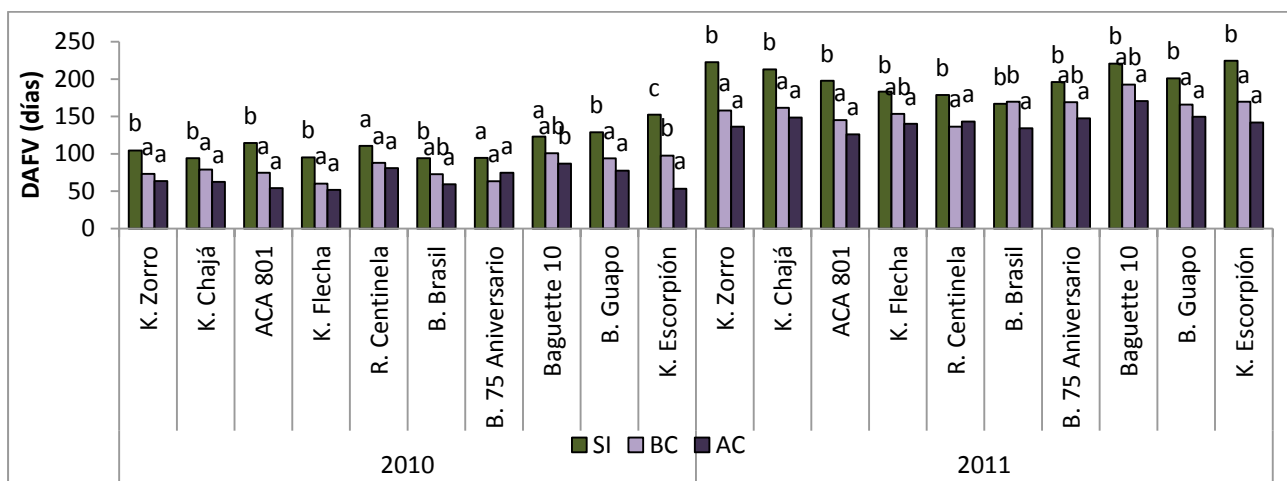


Fig. 2.8. Medias de la duración de área foliar verde (DAFV) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada cultivar y cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

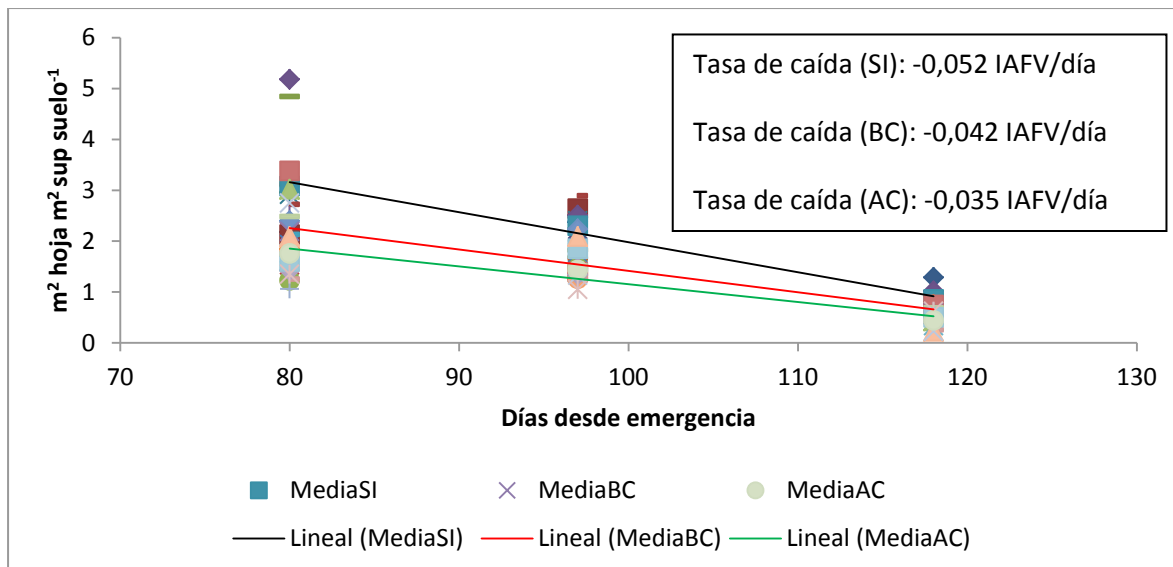


Figura 2.9: Índice de área foliar verde (IAFV) ($\text{m}^2 \text{ hoja m}^{-2} \text{ suelo.día}^{-1}$) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Los valores dentro de la figura indican la pendiente de la línea de regresión (Tasa de caída de IAFV/día).

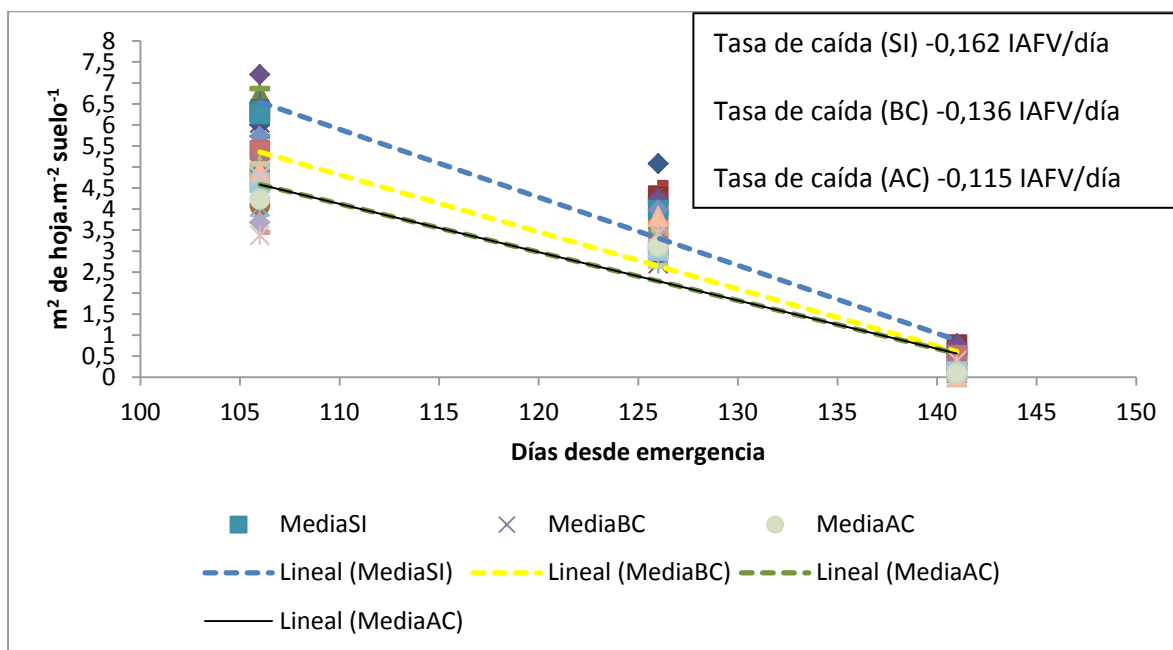


Figura 2.10. Índice de área foliar verde (IAFV) ($\text{m}^2 \text{ hoja m}^{-2} \text{ suelo.día}^{-1}$) en diez cultivares de trigo a lo largo del ciclo de cultivo para diferentes tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Los valores dentro de la figura indican la pendiente de la línea de regresión (Tasa de caída de IAFV/día).

2.3.4. Índice de área foliar no verde / Índice de área foliar total (%AFNV)

El %AFNV fue influenciado por el tratamiento de inoculación y el cultivar en todos los EC evaluados (Tabla 2.6). Se observó un aumento de este porcentaje a mayor concentración de inóculo aplicado (Anexo 3). La interacción A x Cu fue significativa en EC 39 (Figura 2.11) y EC 60 (Figura 2.12). En EC 39 y EC 60 la interacción A x Cu mostró que en 2010 B. Guapo presentó mayor %AFNV y se diferenció de los otros cultivares que tuvieron menores valores y en 2011, B. Guapo también presentó mayor valor junto a R. Centinela y B. 75 Aniversario que tuvieron menores valores. La tasa de incremento del %AFNV fue influenciada por todos los factores principales y resultó mayor para el cultivar Bag. 10 y B. Guapo que se diferenciaron de K. Escorpión y ACA 801 que presentó la menor tasa de incremento (Figura 2.13).

Tabla 2.6. Cuadrados medios del ANAVA de porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) y tasa de incremento de %AFNV, para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | % AFNV (EC 39) | | %AFNV (EC 60) | | %AFNV (EC 82) | | Tasa Incr % AFNV | |
|------------------------------|-----|----------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 3107 | 0,075 | 1092 | 0,189 | 18380 | 0,166 | 6373 | 0,233 |
| Error a | 2 | 260 | | 284 | | 4012 | | 2226 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 2109 | <0,001 | 2295 | <0,001 | 13066 | 0,006 | 4879 | 0,075 |
| A x Ti | 2 | 164 | 0,032 | 125 | 0,112 | 1238 | 0,419 | 528 | 0,686 |
| Error b | 8 | 30,2 | | 43,1 | | 1273 | | 1338 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 590 | <0,001 | 436 | <0,001 | 3995 | <0,001 | 2369 | 0,002 |
| A x Cu | 9 | 275 | <0,001 | 172 | 0,020 | 1282 | 0,171 | 588 | 0,623 |
| Ti x Cu | 18 | 98,0 | 0,021 | 106 | 0,134 | 813 | 0,547 | 900 | 0,264 |
| A x Ti x Cu | 18 | 25,2 | 0,995 | 38,4 | 0,946 | 629 | 0,786 | 620 | 0,654 |
| Error c | 108 | 50,9 | | 74,6 | | 876 | | 742 | |

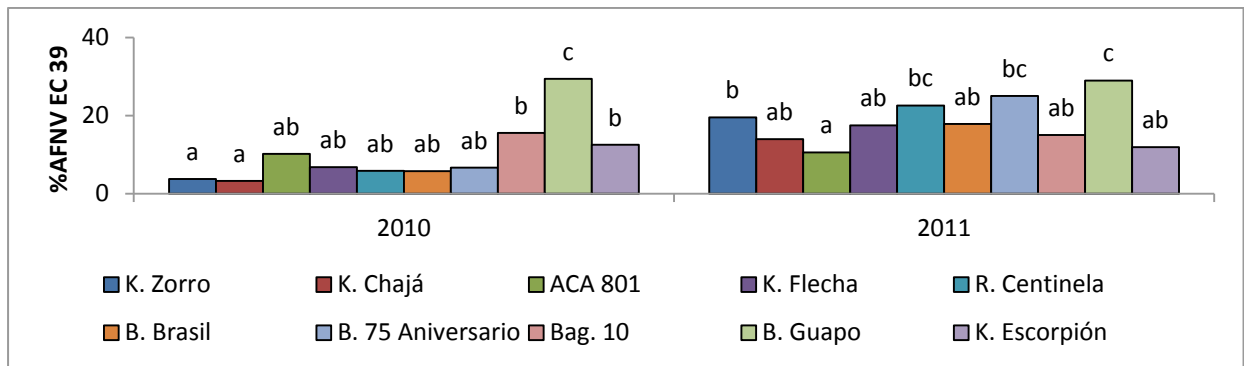


Figura 2.11: Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) en EC 39 en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

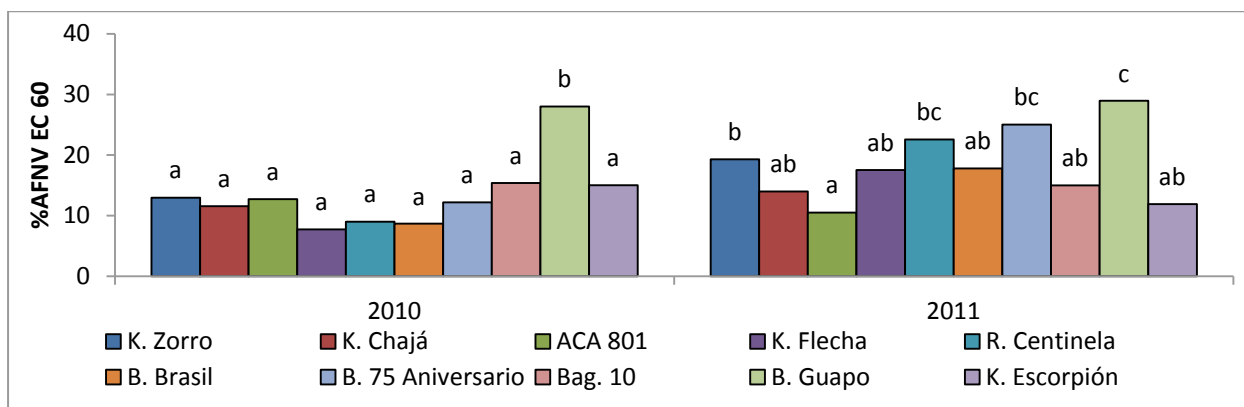


Figura 2.12: Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) en EC 60 en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

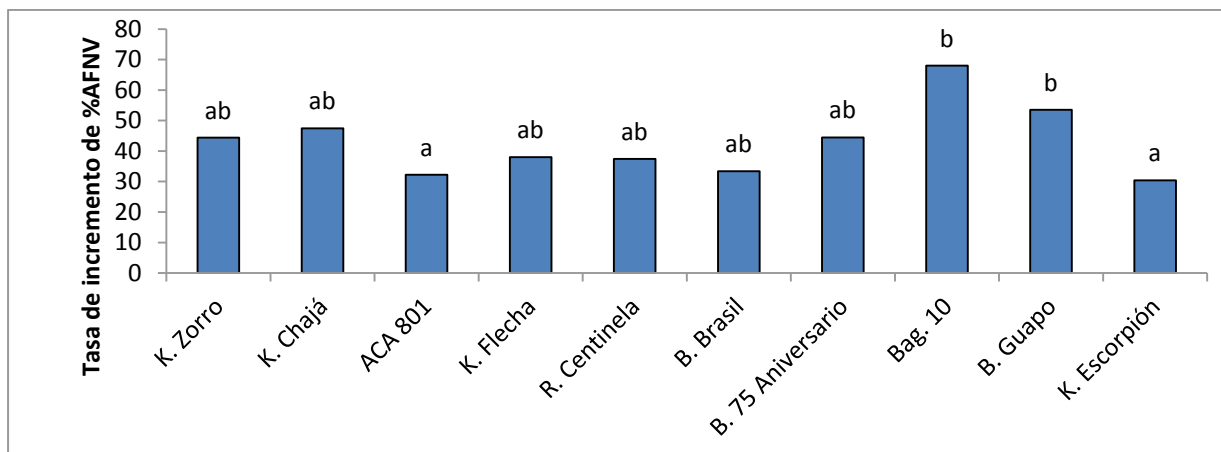


Figura 2.13: Tasa de incremento de %AFNV en diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.5. Índice de área foliar verde por estratos foliares

Con respecto a los estratos foliares, el ANAVA de IAFVHB se presenta en la tabla 2.7 y el análisis de medias en Anexo 4 permitió observar que el IAFVHB fue mayor en EC 39 y 60 en 2011 con respecto a 2010. El tratamiento de inoculación y el cultivar afectaron significativamente el IAFVHB (Tabla 2.7) en todos los EC, se observó que a mayor concentración de inóculo hubo menor IAFVHB en ambos años.

La interacción $A \times Cu$ resultó significativa en EC 39 y 60 y la interacción $A \times Ti$ lo fue en EC 82, en ambos años la concentración de inóculo creciente causó una disminución del IAFVHB. La DAFVHB fue significativamente mayor en 2011 (51 días) con respecto a 2010 (39 días) y se redujo significativamente al aumentar la concentración de inóculo, siendo para los tratamientos: SI (51 días), BC (44 días) y AC (40 días). La interacción $A \times Cu$ mostró diferencias significativas (Figura 2.14). En 2010, K. Escorpión presentó el mayor valor de DAFVHB que no se diferenció de B. Guapo y Bag. 10, pero si del resto de los cultivares. K. Flecha, K. Zorro, K. Chajá y ACA 801 presentaron menores DAFVHB diferenciándose de los otros cultivares mientras que en 2011 ACA 801 presentó el mayor valor junto a K. Flecha y R. Centinela. En tanto que, B. 75 Aniversario, Bag. 10 y B. Brasil mostraron los menores valores. Asimismo, K. Zorro, K. Chajá, B. Guapo y K. Escorpión no se diferenciaron del resto de los cultivares.

Con respecto a la DAFHB-1 se observó que las diferencias entre años, tratamientos de inoculación, cultivares y la interacción A × Cu resultaron significativos (Tabla 2.8). En el año 2011 el valor de DAFVHB-1 fue mayor (32 días) que en 2010 (21 días). El tratamiento de inoculación provocó disminución significativa de este valor SI (34 días), BC (26 días), AC (21 días) y la interacción A × Cu mostró diferencias significativas (Fig. 2.15) En 2010 los cultivares K. Escorpión, B. Guapo y Bag 10 tuvieron mayores valores y en 2011 los valores superiores en este estrato fueron para ACA 801 y K. Zorro (Anexo 5). El IAFHB-2 e IAFHB-3 mostraron resultados similares al estrato HB y HB-1. El año, tratamiento de inoculación y cultivar afectaron significativamente el IAFV de estos estratos inferiores (Tabla 2.9 y 2.10) así como la DAFVHB-2 y DAFVHB-3, siendo la interacción A × Cu significativa. En 2011, los valores fueron mayores en comparación con 2010 y el tratamiento de inoculación disminuyó la DAFVHB-2 y DAFVHB-3 (Anexo 6 y Anexo 7). Así mismo, la interacción A × Cu mostró que K. Escorpión y Bag. 10 tuvieron mayor DAFVHB-2 y DAFVHB-3 en 2010 mientras ACA 801 presentó mayor valor en 2011.

Tabla 2.7: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para el índice de área foliar verde de la hoja bandera (HB), la duración del área foliar verde de la HB (DAFVHB) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | IAFV HB(EC 39) | | IAFV HB (EC 60) | | IAFV HB (EC 82) | | DAFVHB | |
|------------------------------|-----|----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 326 | 0,011 | 566 | 0,031 | 0,47 | 0,297 | 6156 | 0,003 |
| Error a | 2 | 0,04 | | 0,18 | | 0,24 | | 18,7 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 355 | <0,001 | 206 | <0,001 | 222 | <0,001 | 229 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 0,0002 | 0,994 | 0,15 | 0,054 | 0,28 | 0,108 | 44,9 | 0,037 |
| Error b | 8 | 0,03 | | 0,03 | | 0,09 | | 76,9 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 0,18 | <0,001 | 0,26 | <0,001 | 0,18 | 0,007 | 291 | <0,001 |
| A x Cu | 9 | 0,28 | <0,001 | 0,40 | <0,001 | 0,07 | 0,413 | 487 | <0,001 |
| Ti x Cu | 18 | 0,02 | 0,950 | 0,06 | 0,366 | 0,06 | 0,658 | 69,9 | 0,505 |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,03 | 0,796 | 0,06 | 0,485 | 0,06 | 0,530 | 71,6 | 0,478 |
| Error c | 108 | 0,04 | | 0,06 | | 0,07 | | 72,4 | |

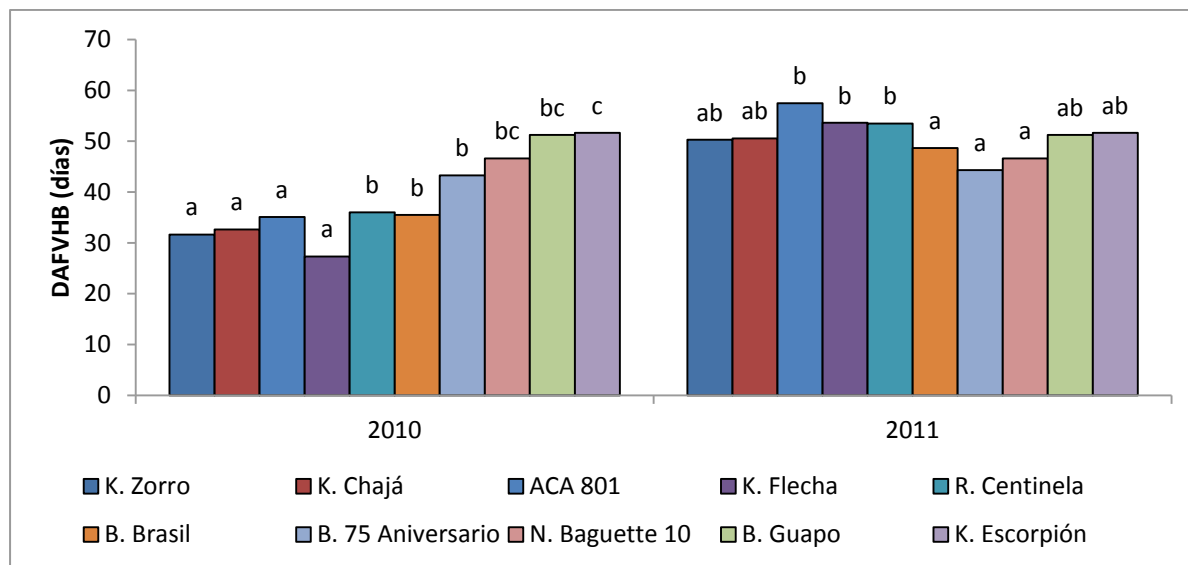


Figura 2.14. Medias de la duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) en la interacción A × Cu para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

Tabla 2.8. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (IAFVHB-1), duración de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (DAFVHB-1) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | IAFV HB-1 (EC 39) | | IAFV HB-1 (EC 60) | | IAFV HB-1 (EC 82) | | DAFVHB-1 | |
|------------------------------|-----|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 476 | 0,01 | 657 | 0,005 | 0,01 | 0,309 | 4740,95 | <0,001 |
| Error a | 2 | 0,06 | | 0,04 | | 0,01 | | 1,76 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 344 | <0,001 | 215 | <0,001 | 0,16 | 0,342 | 2321,16 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 0,01 | 0,464 | 0,20 | 0,017 | 0,01 | 0,948 | 64,61 | 0,065 |
| Error b | 8 | 0,02 | | 0,03 | | 0,13 | | 16,44 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 0,21 | <0,001 | 0,27 | <0,001 | 0,02 | 0,051 | 194,04 | <0,001 |
| A x Cu | 9 | 0,32 | <0,001 | 0,38 | <0,001 | 0,004 | 0,911 | 284 | <0,001 |
| Ti x Cu | 18 | 0,01 | 0,995 | 0,06 | 0,305 | 0,02 | 0,063 | 21,11 | 0,816 |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,02 | 0,909 | 0,05 | 0,475 | 0,003 | 0,996 | 22,77 | 0,761 |
| Error c | 108 | 0,04 | | 0,05 | | 0,01 | | 30,69 | |

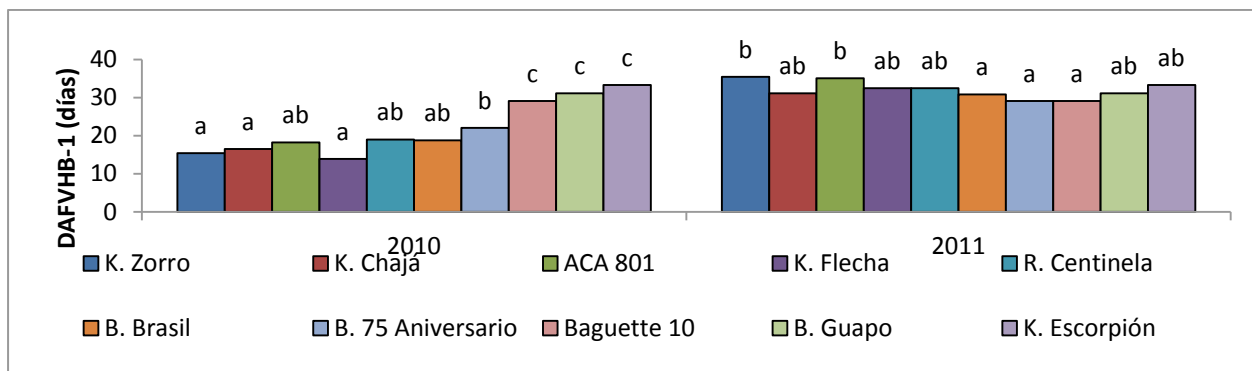


Figura 2.15. Medias de la duración del área foliar verde de la hoja bandera menos uno (DAFVHB-1) en la interacción A × Cu para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

Tabla 2.9. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-2), duración de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (DAFVHB-2) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | IAFV HB-2(EC 39) | | IAFV HB-2 (EC 60) | | DAFVHB-2 | |
|------------------------------|-----|------------------|--------|-------------------|--------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 463 | 0,009 | 390 | <0,001 | 6352 | 0,001 |
| Error a | 2 | 0,04 | | 0,00 | | 7,93 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 229 | <0,001 | 284 | <0,001 | 4181 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 0,17 | 0,023 | 0,05 | 0,110 | 125 | 0,050 |
| Error b | 8 | 0,03 | | 0,02 | | 28,38 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 0,36 | <0,001 | 0,34 | <0,001 | 523 | <0,001 |
| A x Cu | 9 | 0,30 | <0,001 | 0,31 | <0,001 | 460 | <0,001 |
| Ti x Cu | 18 | 0,07 | 0,006 | 0,04 | 0,027 | 79,53 | 0,008 |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,04 | 0,165 | 0,04 | 0,117 | 51,08 | 0,157 |
| Error c | 108 | 0,03 | | 0,02 | | 37,05 | |

Tabla 2.10. Cuadrados medios del análisis de varianza conjunto de índice de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (IAFVHB-3), duración de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (DAFVHB-3) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | IAFV HB-3(EC 39) | | IAFV HB-3 (EC 60) | | DAFVHB-3 | |
|------------------------------|-----|------------------|--------|-------------------|--------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 0,0006 | 0,805 | 0,02 | 0,429 | 7,94 | 0,569 |
| Error a | 2 | 0,01 | | 0,02 | | 17,37 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 134 | <0,001 | 148 | <0,001 | 2235 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 0,04 | 0,182 | 0,03 | 0,131 | 46,41 | 0,051 |
| Error b | 8 | 0,02 | | 0,01 | | 10,52 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 0,16 | <0,001 | 0,14 | <0,001 | 223 | <0,001 |
| A x Cu | 9 | 0,09 | 0,005 | 0,11 | <0,001 | 157 | <0,001 |
| Ti x Cu | 18 | 0,02 | 0,816 | 0,02 | 0,594 | 24,85 | 0,687 |
| A x Ti x Cu | 18 | 0,03 | 0,698 | 0,02 | 0,675 | 24,38 | 0,705 |
| Error c | 108 | 0,03 | | 0,02 | | 30,77 | |

2.3.6. Rendimiento y sus componentes

El análisis de varianza conjunto realizado en los dos años para RG y sus componentes (Tabla 2.11) mostró que el rendimiento fue afectado por el año, tratamiento de inoculación y cultivar. La inoculación con *Z. tritici* redujo significativamente el RG y sus componentes, EPM², GPE, PMG en ambos años (Anexo 8). La reducción del rendimiento fluctuó entre 18% y 49,6% según cultivar cuando fue aplicada la dosis más alta de inóculo, con respecto al rendimiento obtenido en el tratamiento control (SI). El rendimiento fue mayor en 2011 y las pérdidas de rendimiento fueron variables entre los cultivares (Figura 2.16 y 2.17). La recta de regresión entre el tratamiento SI y los tratamientos inoculados con BC y AC evidenció que el tratamiento con AC produjo una merma mayor en el RG indicado por la pendiente más pronunciada con respecto al tratamiento con BC (Figura 2.18). Las interacciones A × Ti y A × Cu fueron significativas para EPM². Las EPM² fueron reducidas con AC de inóculo comparado con aquellas SI, siendo esta disminución más importante en 2010 en que los tres tratamientos presentaron diferencias (21,5% para la AC en relación al 2011 que fue 6,9%) (Figura 2.19). Además, en 2011 todos los cultivares tuvieron mayor EPM². Las rectas de

regresión entre el tratamiento SI y los tratamientos inoculados con BC y AC mostró que los tratamientos con BC y AC produjeron mermas similares (Figura 2.20). La concentración de inóculo creciente disminuyó en forma significativa los GPE y el PMG (Figura 2.21). Las disminuciones en GPE fueron variables entre cultivares y menores en 2010 (7,2%) que en 2011 (12,9%). Las rectas de regresión entre el tratamiento SI y los tratamientos inoculados con BC y AC mostraron que la AC produjo mayores mermas de GPE (Figura 2.22). El PMG fue el componente del rendimiento más afectado por *Z. tritici* en 2011 (el porcentaje promedio de pérdida entre los cultivares fue 13,7%) mientras que en 2010 (el promedio de pérdida fue 7,3%) aunque no hubo efecto significativo del año. La recta de regresión entre el tratamiento SI y los tratamientos inoculados con BC y AC para PMG mostró que las pendientes fueron similares, con una tendencia a una mayor disminución en BC (Figura 2.23).

El PH fue significativamente afectado por el año, cultivar y la interacción A × Cu (Tabla 2.11). En 2011 el PH fue menor con respecto a 2010. Los cultivares B. Guapo, Bag. 10 y K. Escorpión fueron los cultivares con menor PH en ambos años diferenciándose del resto de los cultivares. K. Chajá presentó el menor PH en 2011 (Anexo 9 y Figura 2.24). La relación entre el PH y el número de GPE fue negativa en ambos años pero no significativa. La relación entre el PH y el PMG no fue significativa en ambos años.

Tabla 2.11: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para rendimiento de grano (RG), espigas por metro cuadrado (EPM²), granos por espiga (GPE), peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente Variación | gl | RG (kg ha ⁻¹) | | EPM ² | | GPE | | PMG (g) | | PH (kg hl ⁻¹) | |
|------------------------------|-----|---------------------------|--------|------------------|--------|-------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 96222632 | 0,004 | 909142 | 0,010 | 283 | 0,183 | 850 | 0,101 | 566 | 0,020 |
| Error a | 2 | 341376 | | 8882 | | 70,48 | | 100 | | 11,72 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 52464302 | <0,001 | 62785 | <0,001 | 235 | <0,001 | 261 | <0,001 | 21,08 | 0,154 |
| A × Ti | 2 | 1893810 | 0,103 | 11142 | 0,047 | 23,55 | 0,181 | 17,89 | 0,095 | 7,22 | 0,475 |
| Error b | 8 | 618229 | | 2418 | | 11,06 | | 5,58 | | 8,83 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 4608409 | <0,001 | 28690 | <0,001 | 44,97 | 0,112 | 21,86 | 0,076 | 65,57 | <0,001 |
| A × Cu | 9 | 1547207 | 0,078 | 23249 | 0,002 | 33,61 | 0,286 | 18,60 | 0,145 | 22,93 | <0,001 |
| Ti × Cu | 18 | 605998 | 0,802 | 1831 | 0,999 | 4,00 | 1,000 | 10,98 | 0,573 | 2,90 | 0,969 |
| A × Ti × Cu | 18 | 281878 | 0,996 | 1933 | 0,999 | 4,22 | 1,000 | 1,68 | 1,000 | 3,05 | 0,961 |
| Error c | 108 | 863086 | | 7247 | | 27,39 | | 12,12 | | 6,33 | |

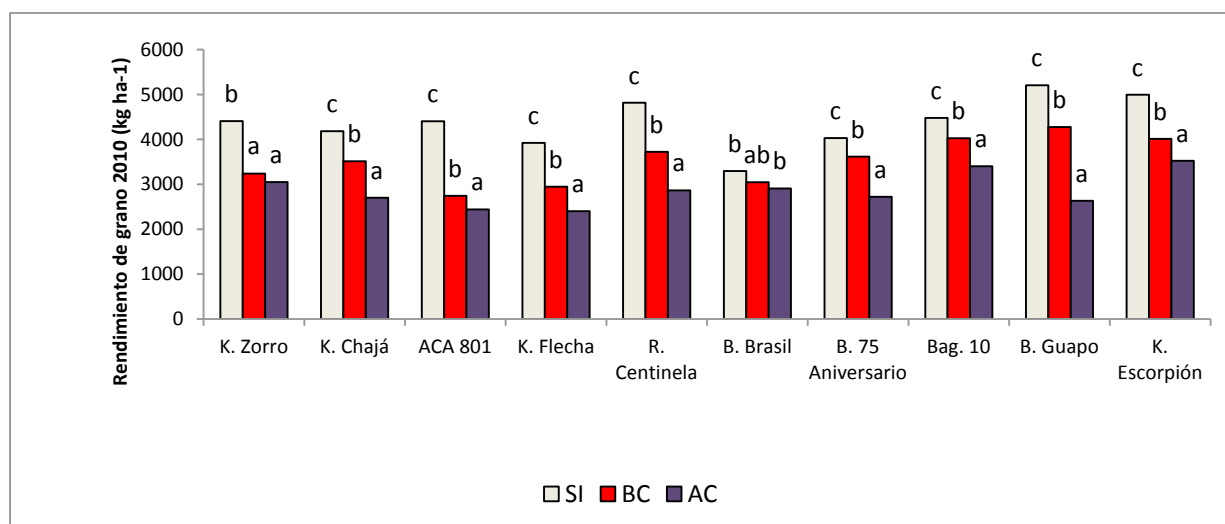


Fig. 2.16. Rendimiento en grano (kg ha⁻¹) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

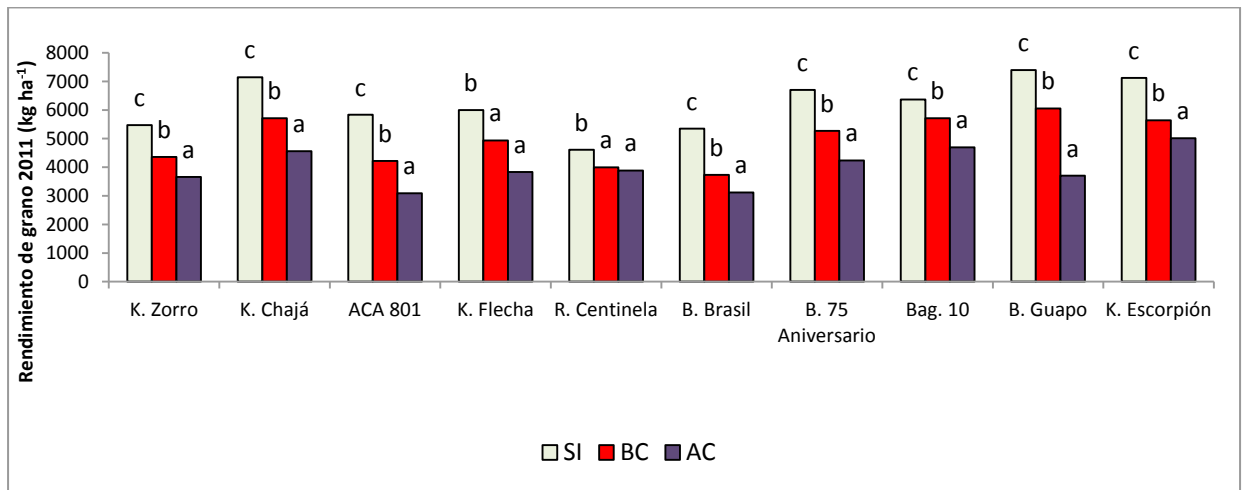


Fig. 2.17. Rendimiento en grano (kg ha^{-1}) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

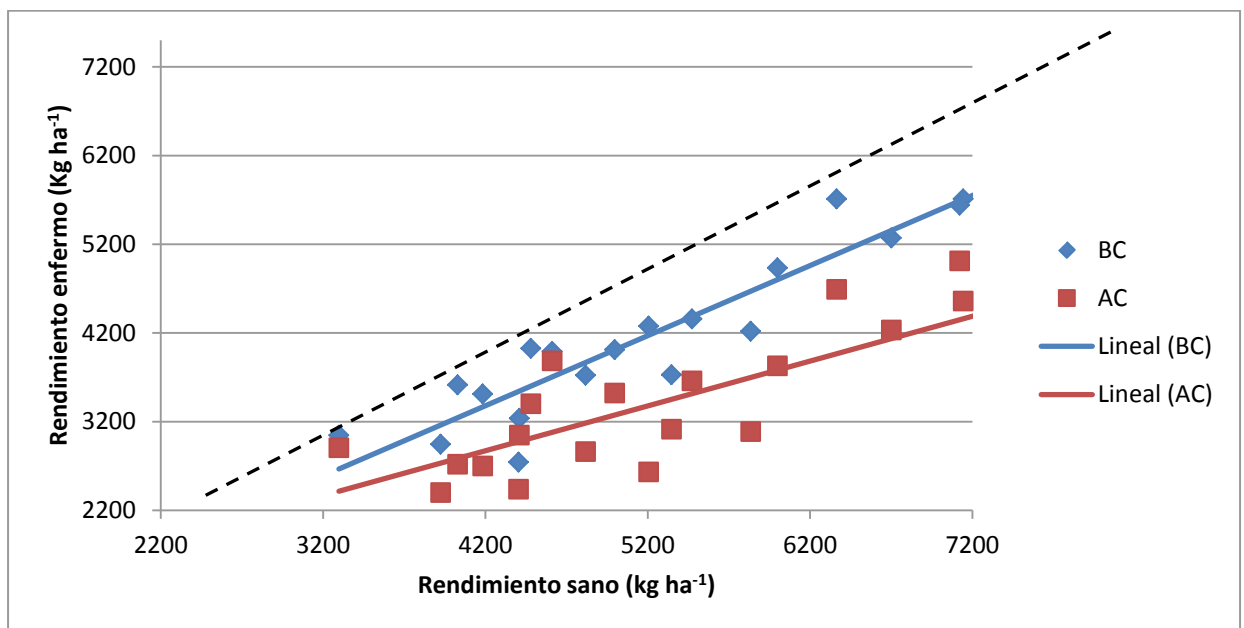


Figura 2.18: Relación entre el rendimiento en grano para los tratamientos enfermos (BC y AC) en relación al tratamiento sano para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. La línea punteada indica la relación 1:1.

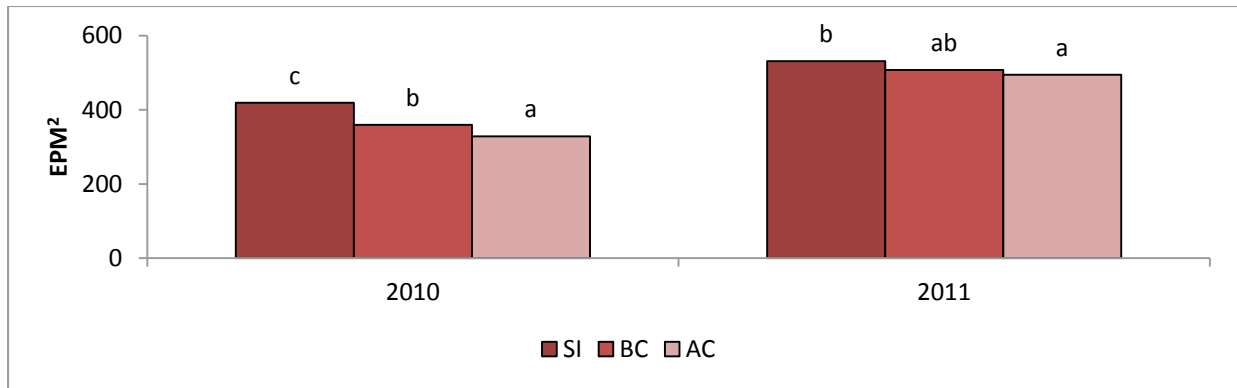


Figura 2.19: Medias de la interacción A × Ti para EPM² para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

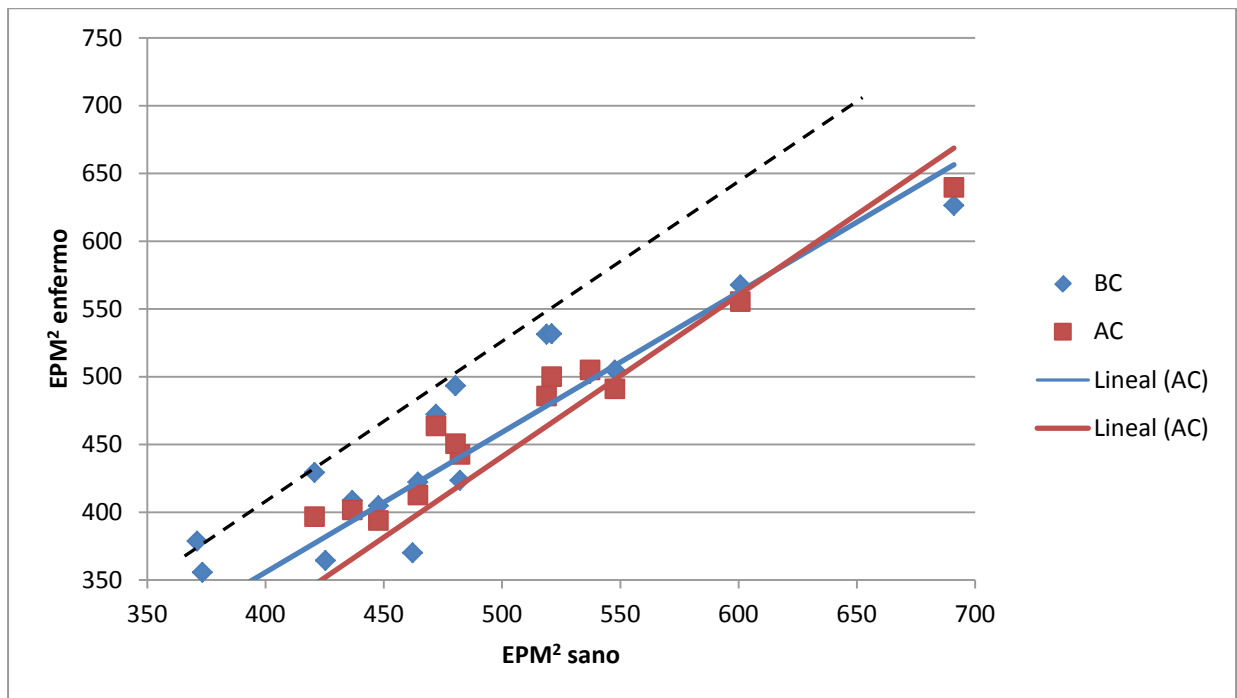


Figura 2.20: Relación entre las espigas por metro cuadrado (EPM²) para los tratamientos enfermos (BC y AC) en relación al tratamiento sano para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. La línea punteada indica la relación 1:1.

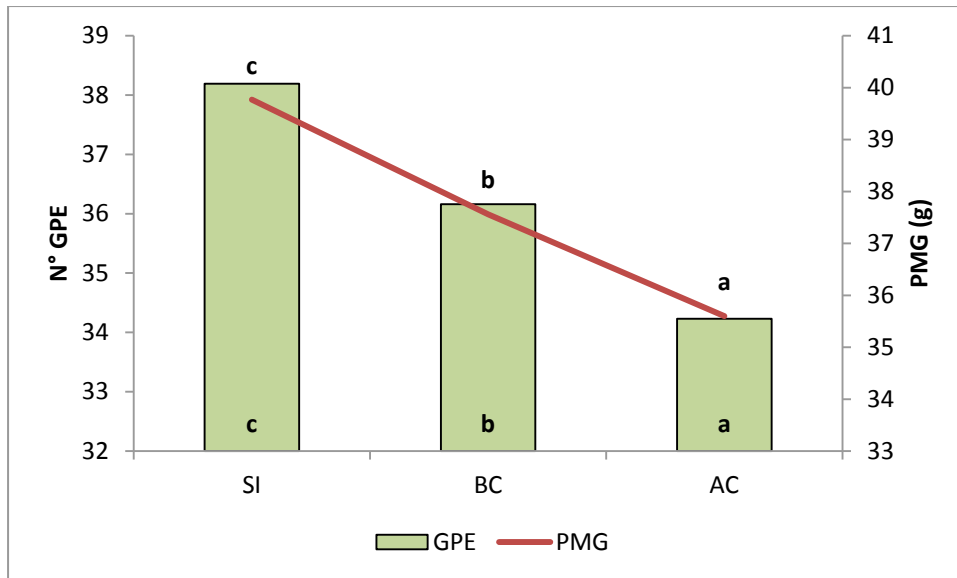


Figura 2.21: Medias de granos por espiga (GPE) y peso de mil granos (PMG) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010. Las letras diferentes entre los tratamientos de inoculación en cada componente del rendimiento indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

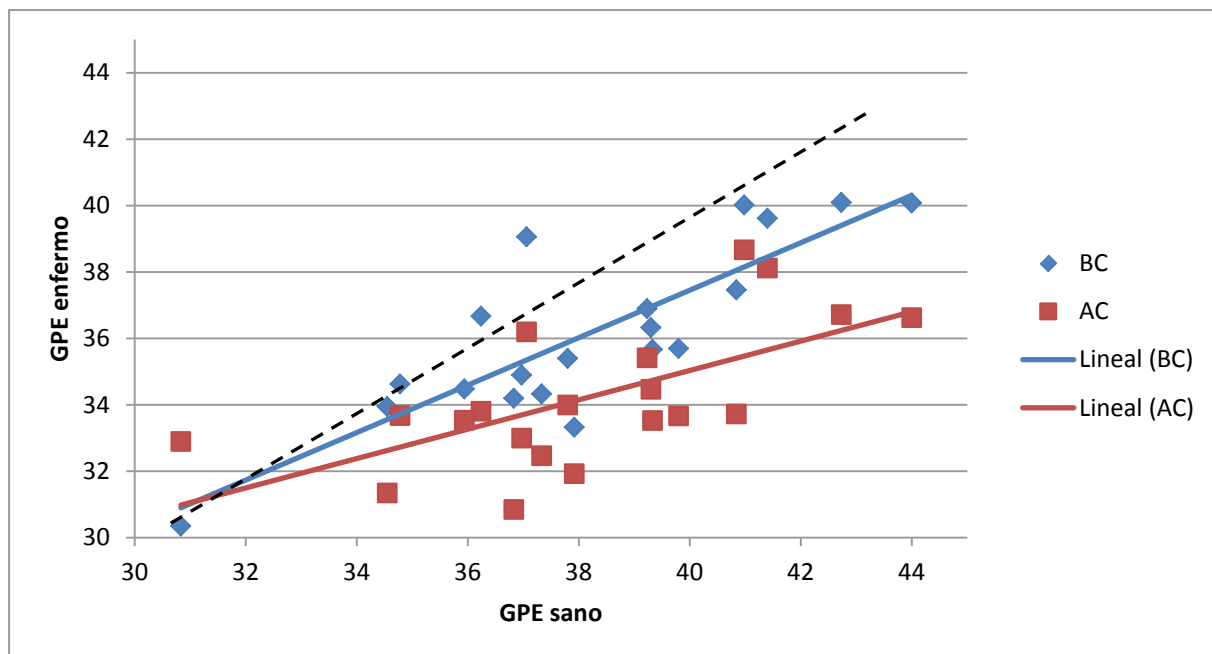


Figura 2.22: Relación entre los granos por espiga (GPE) para los tratamientos enfermos (BC y AC) en relación al tratamiento sano para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. La línea punteada indica la relación 1:1.

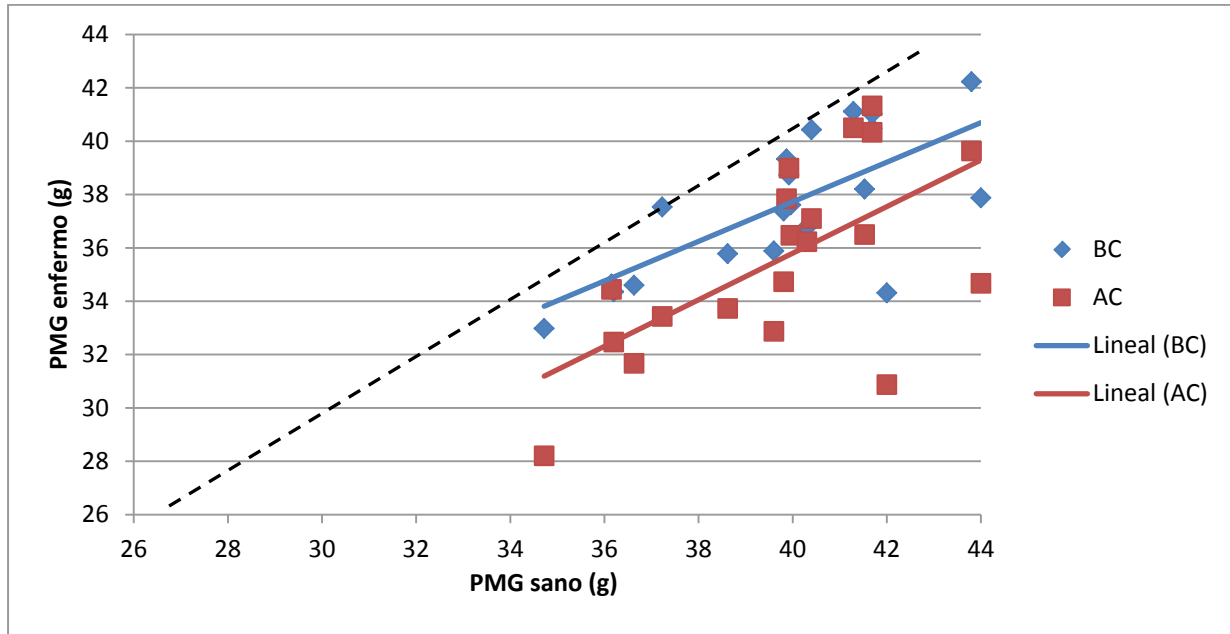


Figura 2.23: Relación entre el peso de mil granos (PMG) para los tratamientos enfermos (BC y AC) en relación al tratamiento sano para diez cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. La línea punteada indica la relación 1:1.

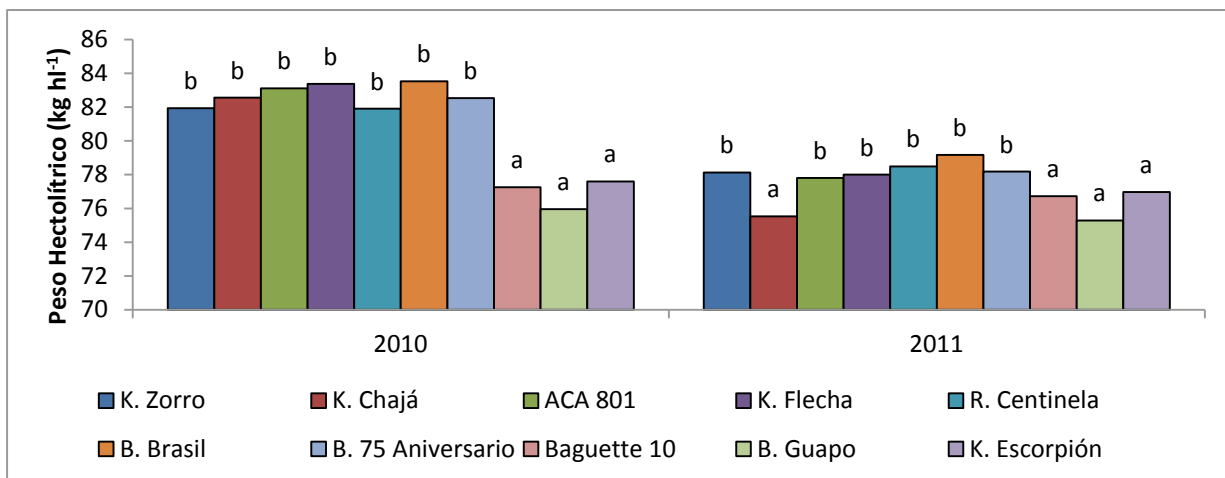


Figura 2.24: Medias de peso hectolítrico para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre los

cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.7. Tolerancia a *Z. tritici* entre cultivares de trigo

Los valores medios de las pendientes de regresión lineal entre DAFV y RG experimentaron diferencias significativas entre cultivares en ambos años mostrando la existencia de cultivares tolerantes y sensibles a MHT (Tabla 2.12). Los cultivares Bag. 10 y B. 75 Aniversario en ambos años manifestaron en forma consistente, pendientes de regresión bajas resultando tolerantes, mientras que Klein Chajá en ambos años presentó valores consistentemente altos, por tal razón, se trataría de un cultivar sensible (no tolerante) a la MHT. Considerando los valores medios de las pendientes de regresión, se observó que Bag. 10 fue el cultivar que presentó mayor tolerancia, en tanto que K. Chajá fue el cultivar más sensible. Sin embargo varios cultivares tuvieron valores significativamente similares a Bag.10. Ellos fueron B. Brasil, B. 75 Aniversario, K. Escorpión y K. Flecha, que por lo tanto también evidenciaron buenos niveles de tolerancia. Otros cultivares no fueron significativamente diferentes de ambos grupos (Tabla 2.13 y Figuras 2.25 y 2.26). Por el contrario, los modelos que cuantifican tolerancia considerando la pendiente de regresión entre ABCPE con RG y DAFNV con RG no dieron resultados significativos.

Tabla 2.12: Cuadrado medio del análisis de varianza para las pendientes de la regresión entre duración de área foliar verde (DAFV) y rendimiento de grano (RG) para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | gl | Tolerancia | |
|---------------------|----|------------|--------|
| | | CM | pr (F) |
| Año (A) | 1 | 17,7 | 0,820 |
| Error a | 2 | 265 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 620 | 0,014 |
| A × Cu | 9 | 345 | 0,168 |
| Error b | 36 | 223 | |
| Total | 59 | | |

Tabla 2.13. Pendientes de la regresión entre duración de área foliar verde (DAFV) y rendimiento de grano (RG) para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010 y 2011. Las letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

| Coeficientes b de la regresión entre DAFV y RG | | | |
|--|------|------|----------|
| | 2010 | 2011 | Media |
| Baguette 10 | 16,9 | 15,6 | 16,1 a |
| B. 75 Aniversario | 20,2 | 16,9 | 18,6 ab |
| B. Brasil | 10,6 | 26,8 | 18,7 ab |
| K. Escorpión | 13,2 | 28,3 | 20,7 ab |
| K. Flecha | 25,8 | 25,1 | 25,4 ab |
| K. Zorro | 33,5 | 26,6 | 30,1 abc |
| ACA 801 | 33,5 | 27,0 | 30,3 abc |
| R. Centinela | 53,1 | 18,0 | 35,5 bc |
| B. Guapo | 45,7 | 41,8 | 43,5 bc |
| K. Chajá | 45,7 | 41,8 | 43,8 c |
| LSD Cu | 17,5 | | |

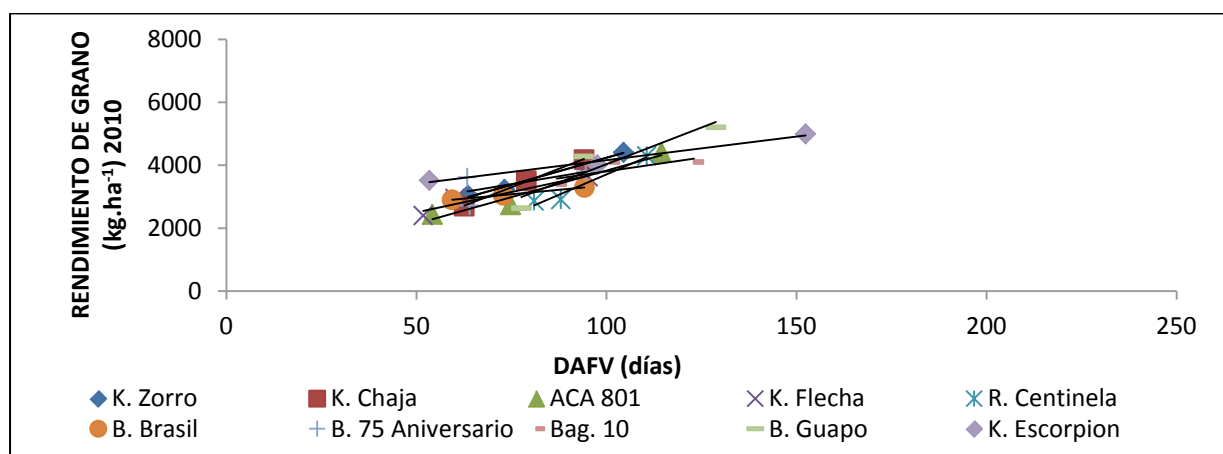


Fig. 2.25. Pendientes de la regresión lineal entre duración del área foliar verde y rendimiento de grano para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010.

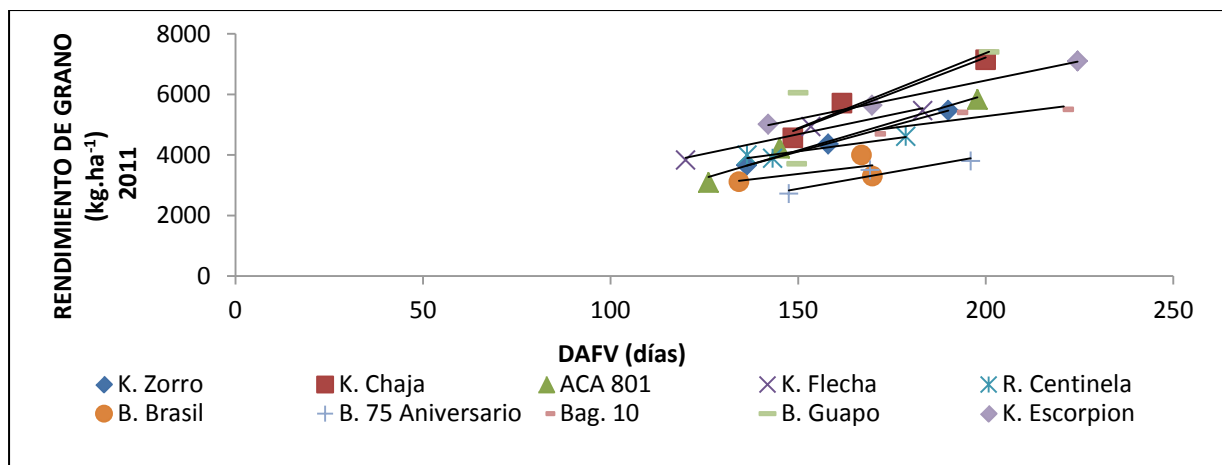


Fig. 2.26. Pendientes de la regresión lineal entre duración del área foliar verde y rendimiento de grano para 10 cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011.

2.3.8. Removilización y absorción post-antesis de N

Se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de inoculación para el N removilizado y entre tratamientos de inoculación y cultivares para el N en grano (Tabla 2.14). Se observaron diferencias significativas para el N absorbido post-antesis en los años, pero no hubo diferencias entre los distintos Ti y los cultivares analizados en esta variable (Tabla 2.14). Al incrementarse la concentración de inóculo disminuyeron significativamente el N removilizado, y el rendimiento de N en grano a madurez en ambos años (Tabla 2.15). Si bien la disminución del N absorbido post-antesis, con el aumento en la concentración de inóculo, no fue significativa, existió una clara tendencia a su reducción (Figura 2.27). Entre los cultivares seleccionados K. Chajá y R. Centinela tendieron a removilizar más mientras que K. Zorro mostró la menor removilización. El cultivar que mayor absorción post-antesis tuvo fue B. 75 Aniversario junto a K. Zorro. Con respecto al rendimiento de N en grano a madurez, el cultivar B. Brasil presentó el menor contenido y se diferenció significativamente de K. Chajá, B. 75 Aniversario, R. Centinela y K. Zorro que presentaron mayor contenido.

Tabla 2.14. Cuadrados medios del ANAVA de N removilizado, N absorbido post-antesis y N en grano, de siete cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente Variación | gl | N removilizado | | N absorbido post- antesis | | N en grano | |
|------------------------------|-----|----------------|--------|---------------------------|--------|------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 3422 | 0,083 | 3566 | 0,029 | 170 | 0,645 |
| Error a | 2 | 1378 | | 1174 | | 471 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | | 0,001 | 300 | 0,258 | | <0,001 |
| | | 6271 | | | | 11823 | |
| A × Ti | 2 | 361 | 0,713 | 572 | 0,739 | 114 | 0,76 |
| Error b | 8 | 485 | | 755 | | 250 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 578 | 0,802 | 1072 | 0,381 | 922 | 0,018 |
| A × Cu | 9 | 465 | 0,954 | 1271 | 0,599 | 604 | 0,124 |
| Ti × Cu | 18 | 244 | 0,887 | 811 | 0,300 | 555 | 0,206 |
| A × Ti × Cu | 18 | 499 | 0,254 | 1111 | 0,101 | 156 | 0,926 |
| Error c | 108 | 1241 | | 1377 | | 353 | |

Tabla 2.15. Medias de N removilizado, N absorbido post-antesis y N en grano de siete cultivares de bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes en cada columna y cada factor, indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

| | N removilizado (kg ha ⁻¹) | N absorbido post antesis (kg ha ⁻¹) | N en grano (kg ha ⁻¹) |
|-------------------------|--|--|--------------------------------------|
| SI | 72,2 b | 33,5 a | 100,7 c |
| BC | 50,6 a | 27,8 a | 77,5 b |
| AC | 44,6 a | 20,6 a | 69,1 a |
| Cu | | | |
| K. Zorro | 51,3 a | 31,3 a | 82,7 b |
| K. Chajá | 62,5 a | 28,9 a | 91,4 b |
| ACA 801 | 52,4 a | 26,7 a | 79,0 ab |
| K. Flecha | 54,9 a | 24,6 a | 79,0 ab |
| R. Centinela | 60,6 a | 27,4 a | 83,0 b |
| B. Brasil | 55,6 a | 21,3 a | 72,0 a |
| B.75 Aniversario | 53,1 a | 35,8 a | 89,1 b |

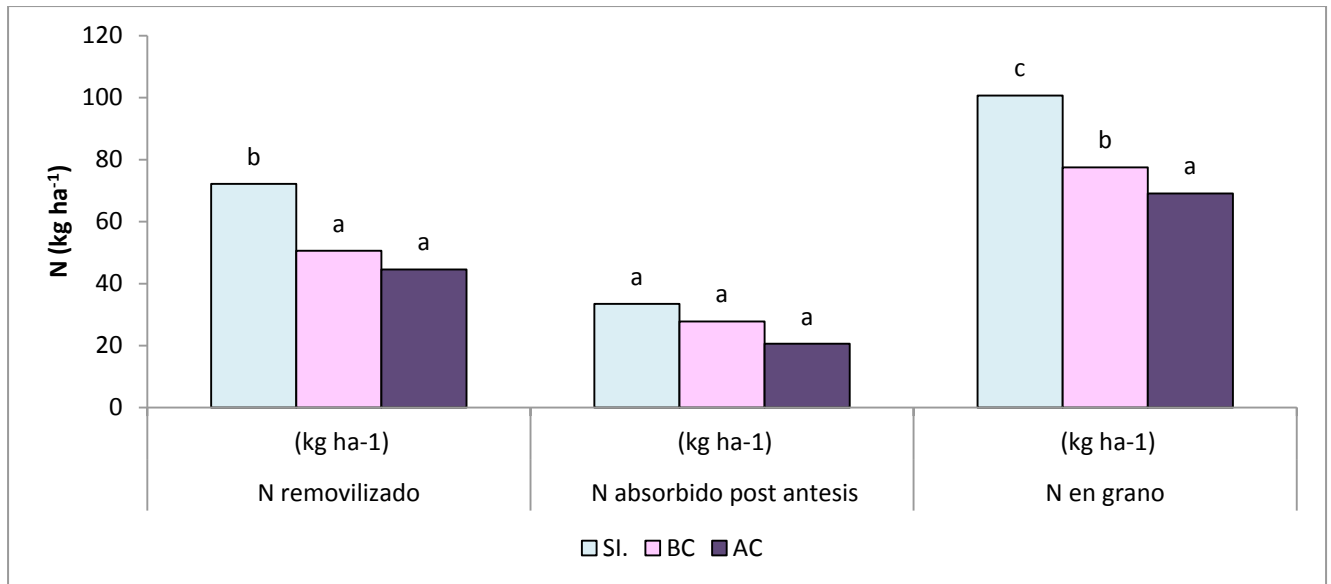


Figura 2.27. Medias de N removilizado, absorbido post antesis y N en grano en 7 cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada factor indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.9. Parámetros de la calidad panadera:

Concentración de proteína del grano

La MHT incrementó significativamente el %CPG durante ambos años. La inoculación con *Z. tritici* causó diferencias significativas en el %CPG (Tabla 2.16). Las parcelas SI tuvieron los menores porcentajes de proteína (10,1) y a medida que se incrementó la dosis de inóculo aplicada en los tratamientos, el %CPG aumentó progresivamente BC (10,8), AC (11,3). En 2011 los valores de %CPG fueron menores que en 2010 (Anexo 9 y Figura 2.28).

Los cultivares mostraron diferencias significativas, Bag. 10 fue el cultivar con menor %CPG, seguido por B. Guapo, K. Zorro, B. 75 Aniversario, K. Flecha mientras que K. Chajá, K. Escorpión, B. Brasil y ACA 801 fueron los cultivares con el mayor %CPG. La interacción A × Cu (Figura 2.29) fue significativa y se observó que los cultivares Bag.10

y B. Guapo presentaron el menor %CPG en 2010, mientras que ACA 801, R. Centinela y B. Brasil presentaron los mayores %CPG. En 2011 Bag. 10 también obtuvo el menor %CPG y se diferenció del resto de los cultivares con mayor contenido siendo K. Escorpión el que presentó mayor %CPG (Figura 2.29). El %GH fue significativamente mayor en 2010 (21,8%) que en 2011 (21,6%) (Tabla 2.16), y los porcentajes de %GH y %GS aumentaron significativamente con la concentración de inóculo (Tabla de medias en Anexo 9). La interacción A × Cu influyó sobre el %GH y %GS, en ambos años, aunque Bag. 10 presentó el menor %GH y GS y se diferenció significativamente del resto de los cultivares (Figura 2.30).

Tabla 2.16. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza conjunto para %CPG (contenido proteína del grano), %GH (gluten húmedo), %GS (gluten seco) en diez cultivares con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | gl | %CPG | | %GH | | %GS | |
|-------------------------------------|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 37,82 | 0,068 | 2,44 | 0,084 | 0,66 | 0,050 |
| Error a | 2 | 2,87 | | 0,23 | | 0,03 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 22,79 | 0,002 | 38,80 | 0,002 | 35,53 | 0,001 |
| A × I | 2 | 6,47 | 0,063 | 0,33 | 0,886 | 0,06 | 0,723 |
| Error b | 8 | 1,62 | | 2,73 | | 0,19 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 11,03 | <0,001 | 60,29 | <0,001 | 84,6 | <0,001 |
| A × Cu | 9 | 2,90 | 0,039 | 9,68 | <0,001 | 0,74 | 0,009 |
| Ti × Cu | 18 | 1,62 | 0,312 | 2,39 | 0,222 | 0,31 | 0,341 |
| A × Ti × Cu | 18 | 1,13 | 0,691 | 1,36 | 0,779 | 0,29 | 0,422 |
| Error c | 108 | 1,40 | | 1,88 | | 0,28 | |
| Total | 179 | | | | | | |

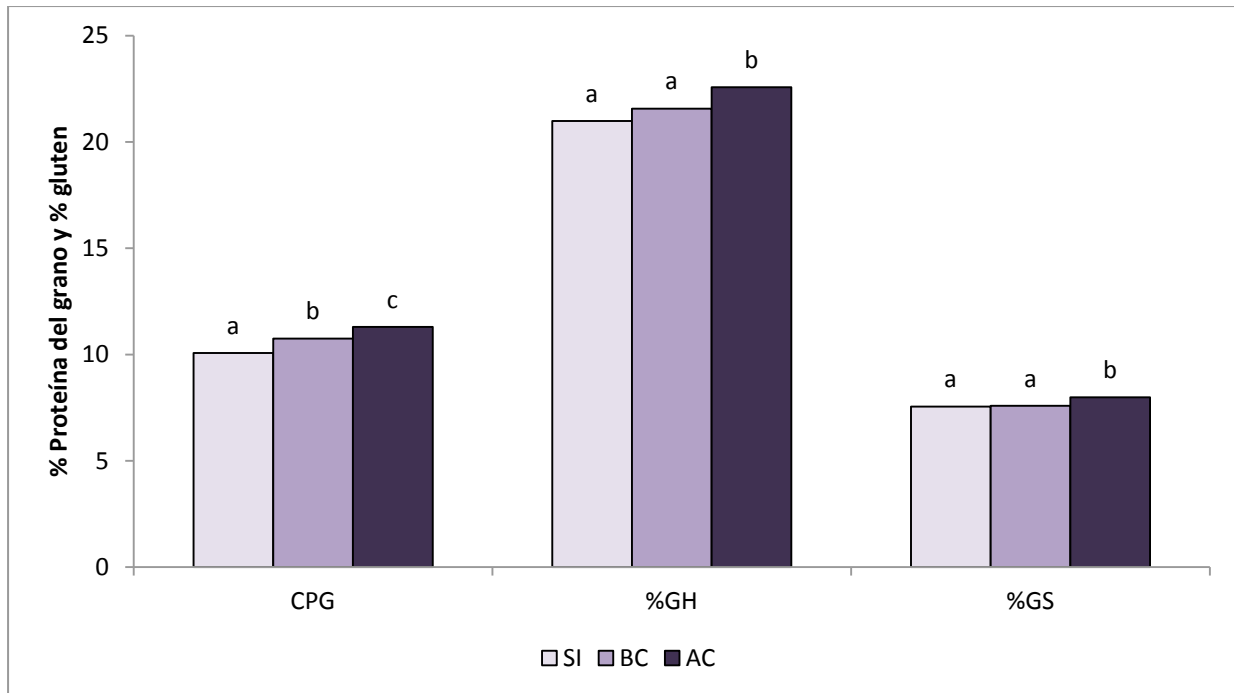


Figura 2.28. Medias de %CPG (contenido proteína del grano), %GH (gluten húmedo), %GS (gluten seco) en diez cultivares con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

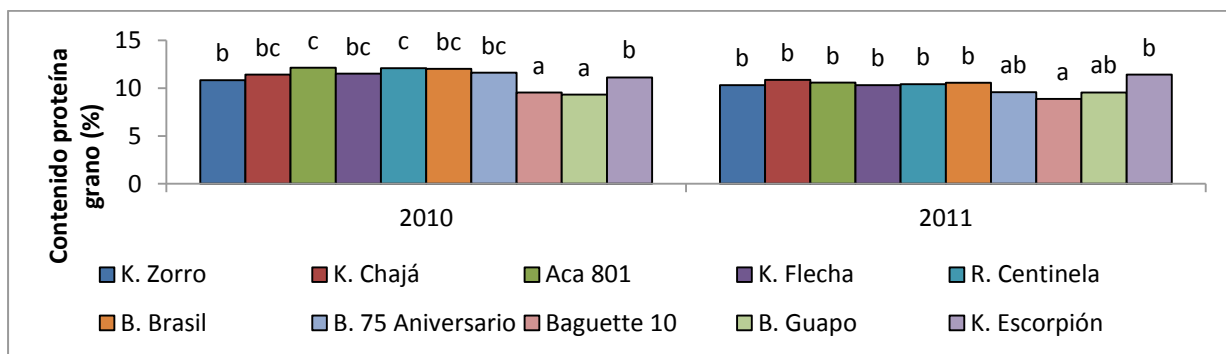


Figura 2.29. Medias de la interacción A x Cu para el %CPG (contenido proteína del grano) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

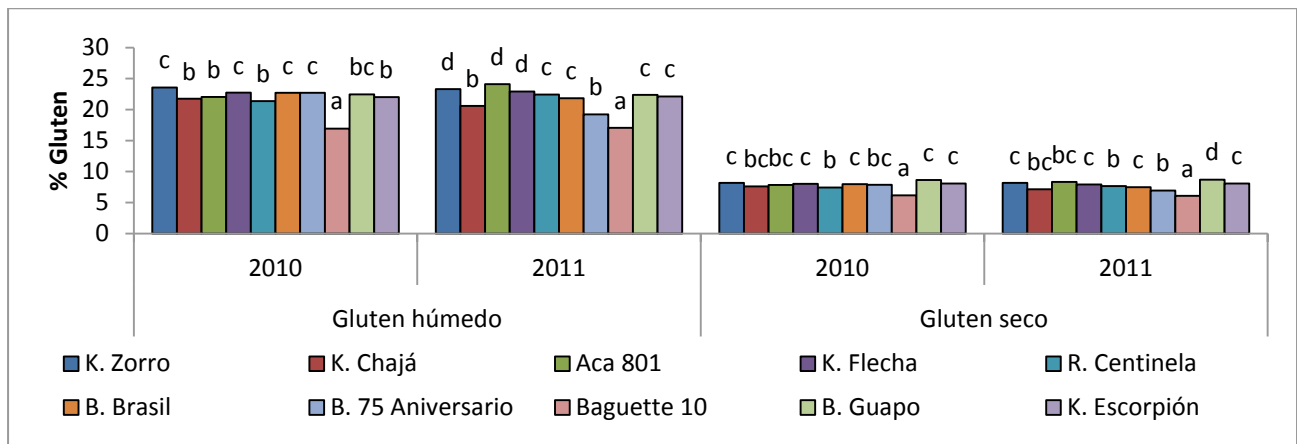


Figura 2.30. Medias de la interacción A × Cu para %gluten húmedo y gluten seco en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

2.3.10. Parámetros del alveograma

El análisis de varianza de los parámetros del alveograma se presenta en las tablas 2.17 y la tabla de medias el Anexo 10. Los valores alveográficos medios de los cultivares se correspondieron con el grupo de calidad al cual pertenecen. Así, la relación P/L y el W fue mayor en cultivares de calidad G1 y menores en cultivares de G3. La tenacidad (P) fue afectada por el tratamiento de inoculación y hubo diferencias entre cultivares. Las interacciones A × Cu, Ti × Cu, A × Ti × Cu resultaron significativas. Con dosis crecientes de inóculo, la tenacidad decreció significativamente en algunos cultivares, en tanto que en otros se mantuvo. B. Guapo, Bag 10 y K. Escorpión fueron los cultivares con mayor P; ACA 801 y K. Chajá tuvieron los menores valores. Los cultivares K. Flecha, B. Brasil, Bag 10, B. Guapo y K. Escorpión presentaron disminuciones del P con el aumento de la concentración de inóculo de manera consistente en ambos años (Figura 2.31).

El año, el tratamiento de inoculación, el cultivar y la interacción A × Cu modificaron el parámetro L significativamente (Tabla 2.17). K. Flecha, ACA 801, K. Escorpión y Bag.

10 presentaron los mayores valores de L, mientras que B. Guapo, K. Zorro y B. Brasil tuvieron los valores más bajo. En 2011, L fue mayor y con altos niveles de enfermedad, se observó mayor L en todos los cultivares, aunque en algunos cultivares las diferencias de magnitud fueron mayores. El tratamiento SI obtuvo los valores más bajos (40,6 mm), BC (43,1 mm) y AC (47,1 mm). La interacción A × Cu mostró que en 2010 K. Flecha presentó mayor L y K. Zorro, K. Chajá, ACA 801 y B. Brasil el menor L. En 2011 ACA 801 mostró mayor L y B. Brasil el menor valor (Figura 2.32). La relación P/L fue modificada por el tratamiento de inoculación, cultivar y A × Cu. El aumento del gradiente de inóculo causó una disminución significativa en esta relación, a mayor concentración de inóculo, menor P/L. La interacción A × Cu indicó que en 2010 B. Guapo presentó la mayor relación P/L y los valores menores fueron obtenidos por los cultivares K. Flecha, R. Centinela y B. 75 Aniversario mientras que en 2011, B. Guapo también obtuvo el mayor valor, siendo ACA 801 y K. Chajá los cultivares con menor P/L (Figura 2.33). La fuerza panadera (W) fue afectada por el año, tratamiento de inoculación y la interacción A × Cu. En 2011 el W fue mayor ($213 \text{ J} \times 10^{-4}$) en relación a 2010 ($193 \text{ J} \times 10^{-4}$) y las dosis crecientes de inóculo aumentaron el W en forma significativa aunque se registraron diferencias entre SI y AC (Figura 2.34). La interacción A × Cu mostró que en 2010 B. Guapo y K. Escorpión obtuvieron el mayor W mientras que K. Chajá, B. 75 Aniversario y B. Brasil, el W menor. En 2011 B. Guapo y B. 75 Aniversario tuvieron el mayor W y K. Chajá el menor valor (Figura 2.35).

2.3.11. Parámetros del farinograma

El análisis de varianza de los parámetros del farinograma se presenta en la tabla 2.17 y la tabla de medias Anexo 11. La absorción de agua (A) fue significativamente mayor en el segundo año de estudio (2011). La interacción A × Ti fue significativa e indicó que en el año 2010 *Z. tritici* disminuyó el parámetro A en las parcelas tratadas con AC con respecto a las tratadas con B C y a las SI mientras que en 2011 no hubo diferencias entre tratamientos de inoculación (Figura 2.36). La interacción A × Cu fue significativa mostrando que en 2010 el cultivar B. Brasil registró el menor valor A mientras que B. Guapo registró el mayor valor y se diferenció significativamente del resto de los cultivares. En 2011, B. Brasil, ACA 801 y Bag. 10 presentaron los menores valores de

A y se diferenciaron significativamente del resto de los cultivares que obtuvieron mayores valores (Figura 2.37). El tiempo de desarrollo de la masa (B) sólo presentó diferencias significativas entre cultivares (Figura 2.38), aunque no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación, se pudo observar el aumento en el B con dosis crecientes de inóculo en varios cultivares B. Guapo fue el cultivar con mayor tiempo de desarrollo de masa con valores similares a R. Centinela, K. Escorpión y B. Brasil, mientras que K. Chajá obtuvo el menor valor y fue similar a otros cultivares. No hubo interacciones significativas. La estabilidad (D) fue modificada significativamente por la concentración de inóculo y el cultivar. A mayor dosis de inóculo, mayores valores de estabilidad (Figura 2.39). No hubo interacciones significativas pero los datos mostraron que la mayoría de los cultivares incrementaron su estabilidad con dosis crecientes de inóculo. K. Escorpión y B. Brasil fueron los cultivares con mayor D mientras que K. Chajá presentó menor D. (Figura 2.40). El grado de aflojamiento de la masa (E) fue afectado por el año, tratamiento de inoculación, cultivar y las interacciones A × Cu y A × Ti. En 2011 el valor fue mayor con respecto a 2010. A medida que aumentó la concentración de inóculo hubo una disminución en los valores de este parámetro que fue más consistente en 2010 mientras que en 2011 no se detectaron diferencias significativas entre los TI (Figura 2.41).

Se evidenció que en 2010 Bag. 10 presentó el mayor grado de aflojamiento mientras que en 2011 el mayor valor lo registró K. Chajá y el menor K. Escorpión junto a K. Zorro y B. Brasil y R. Centinela. Si bien hubo una tendencia general al incremento en los valores en 2011, K. Chajá experimentó el mayor aumento (Figura 2.42 y Tabla de medias en Anexo 11).

Tabla 2.17. Cuadrados medios de los parámetros reológicos (alveograma y farinograma) para diez cultivares de trigo bajo tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| Fuente de variación | P (mm) | | | L (mm) | | P/L | | W ($j \times 10^{-4}$) | | A (ml) | | B (min) | | D (min) | | E (U.B) | |
|-------------------------------------|--------|------|--------|--------|--------|------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | gl | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) | MS | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 124 | 0,433 | 832 | 0,036 | 0,81 | 0,249 | 17208 | 0,029 | 240 | 0,029 | 7,20 | 0,474 | 12,2 | 0,497 | 76983 | 0,001 |
| Error a | 2 | 131 | | 31,5 | | 0,31 | | 519 | | 7,38 | | 9,40 | | 18,1 | | 92 | |
| Tratamiento Inoculación (Ti) | 2 | 2864 | <0,001 | 643 | <0,001 | 70,6 | <0,001 | 11044 | 0,009 | 10,9 | 0,075 | 21,1 | 0,093 | 176 | 0,007 | 12028 | <0,001 |
| A x Ti | 2 | 189 | 0,213 | 19,2 | 0,393 | 0,11 | 0,428 | 1282 | 0,399 | 36,2 | 0,004 | 10,7 | 0,252 | 18,0 | 0,416 | 5540 | 0,009 |
| Error b | 8 | 100 | | 18,2 | | 0,12 | | 1240 | | 3,00 | | 6,51 | | 18,3 | | 607 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 4140 | <0,001 | 145 | <0,001 | 28,2 | <0,001 | 8996 | <0,001 | 36,1 | <0,001 | 19,6 | <0,001 | 172 | <0,001 | 9090 | <0,001 |
| A x Cu | 9 | 1697 | <0,001 | 159 | <0,001 | 19,6 | <0,001 | 5086 | <0,001 | 9,25 | 0,007 | 4,24 | 0,480 | 25,1 | 0,144 | 6523 | <0,001 |
| Ti x Cu | 18 | 185 | 0,014 | 25,1 | 0,879 | 0,19 | 0,240 | 316 | 0,930 | 3,31 | 0,490 | 4,52 | 0,445 | 15,7 | 0,508 | 1187 | 0,320 |
| A x Ti x Cu | 18 | 188 | 0,012 | 36,0 | 0,593 | 0,21 | 0,167 | 657 | 0,334 | 4,04 | 0,279 | 1,80 | 0,984 | 7,78 | 0,963 | 394 | 0,989 |
| Error c | 108 | 91,4 | | 40,5 | | 0,15 | | 581 | | 3,39 | | 4,43 | | 16,3 | | 1036 | |

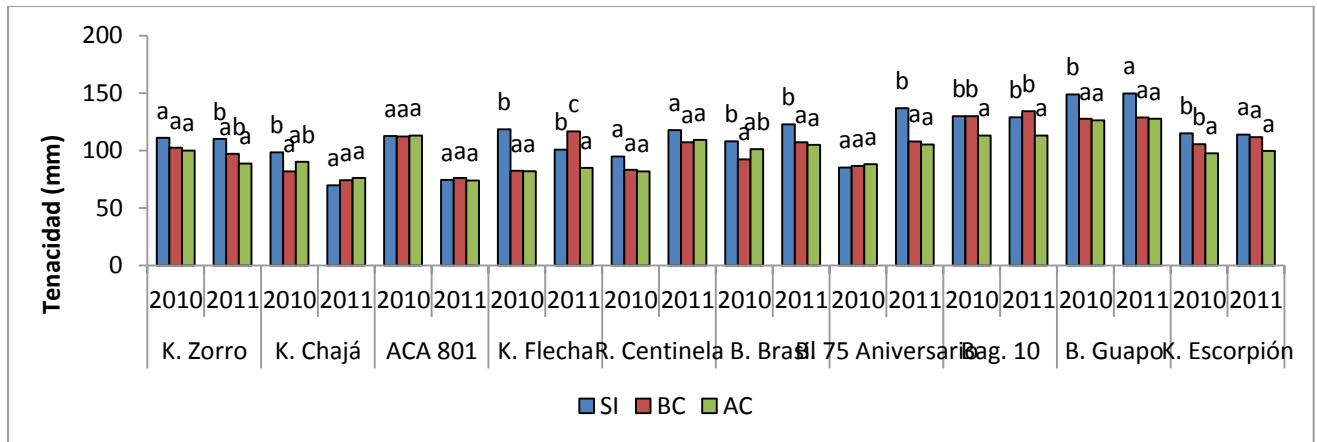


Figura 2.31. Medias de la interacción A × Ti × Cu para la tenacidad (P) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada cultivar y año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

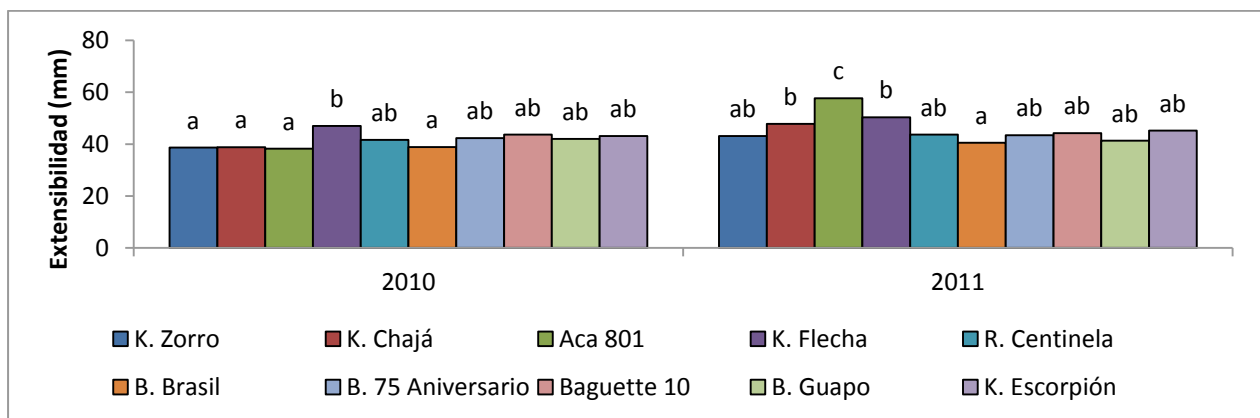


Figura 2.32: Medias de la interacción A × Cu para la extensibilidad (L) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

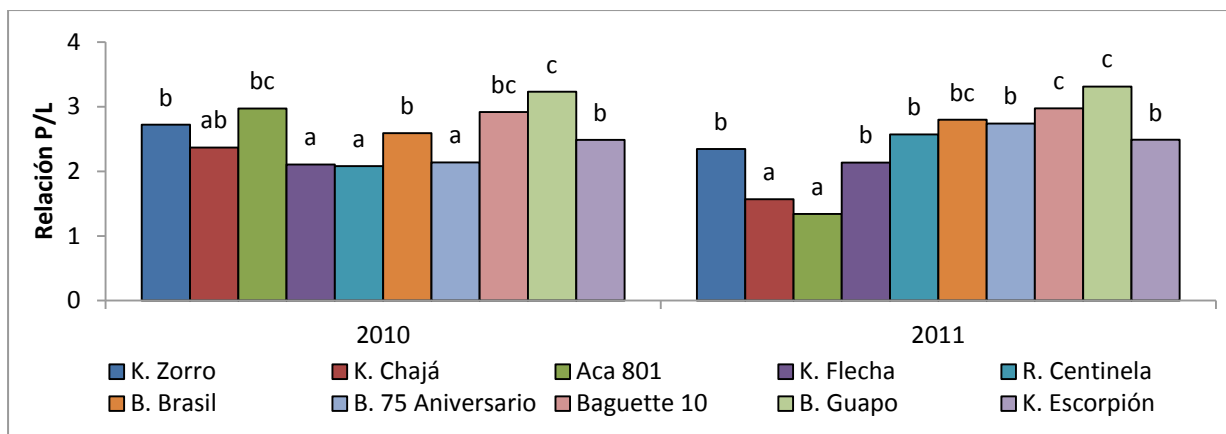


Figura 2.33: Medias de la interacción A × Cu para la relación P/L en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

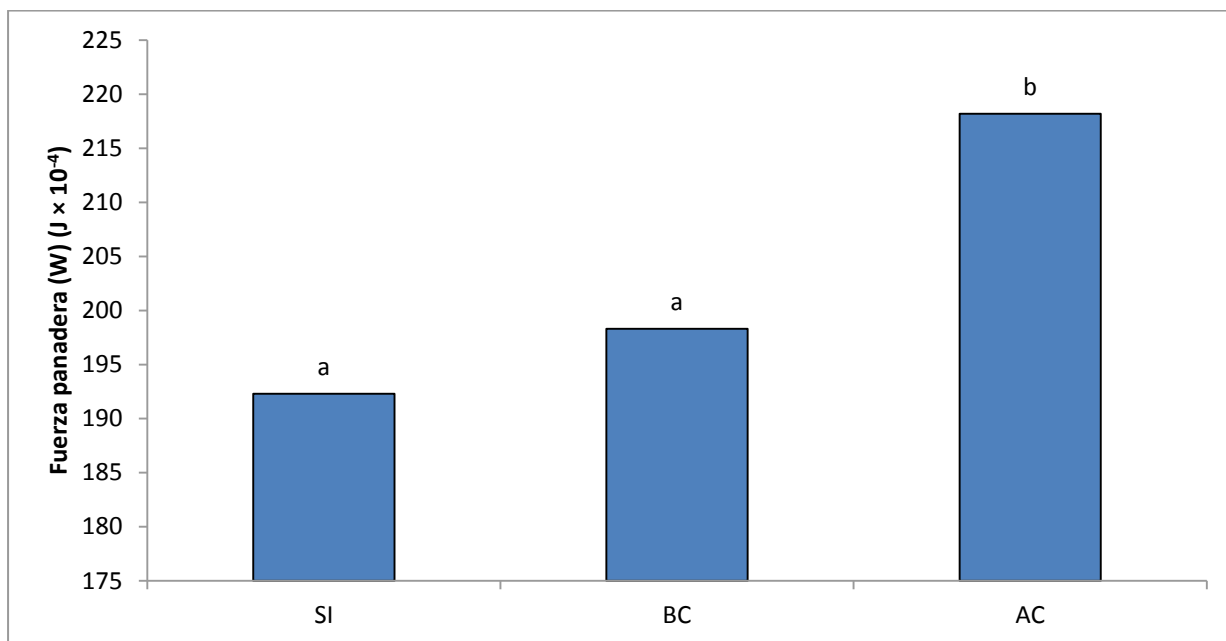


Figura 2.34: Medias de fuerza panadera (W) para tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en diez cultivares de trigo en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

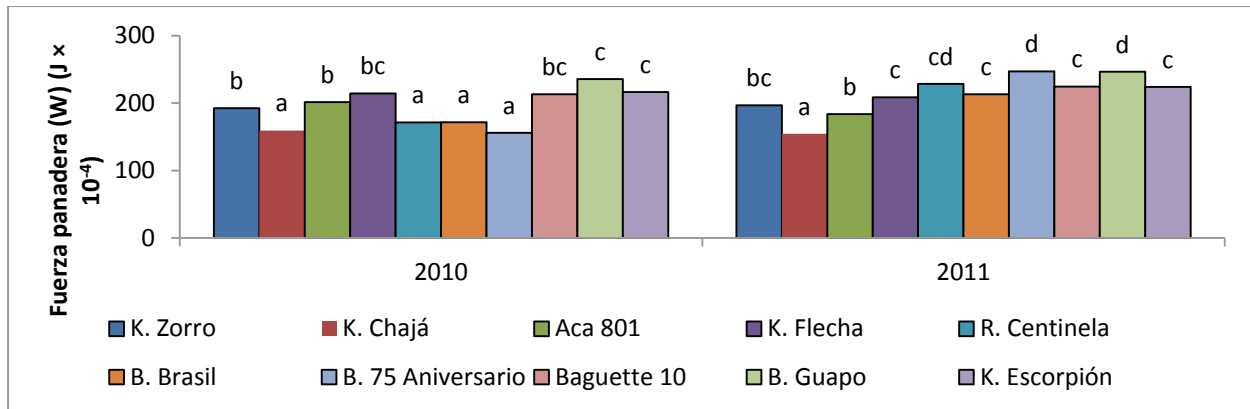


Figura: 2.35. Medias de la interacción A × Cu para la fuerza panadera (W) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P <0,05.

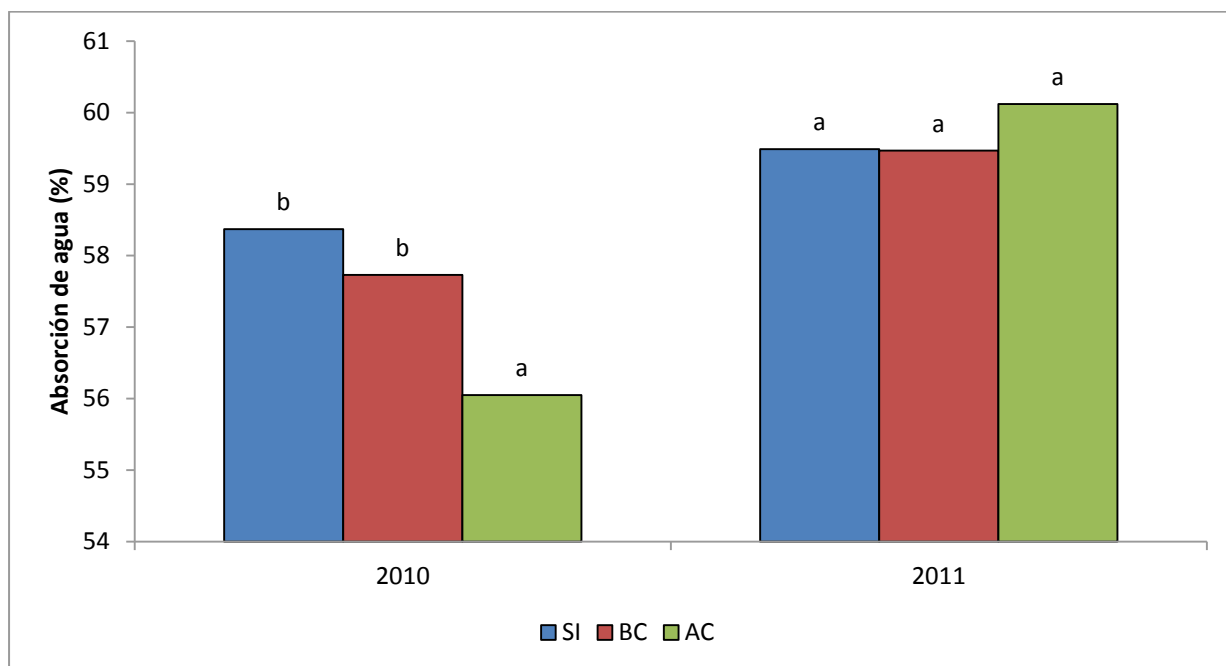


Figura 2.36. Medias de la interacción A × Ti para la absorción de agua (A) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P <0,05.

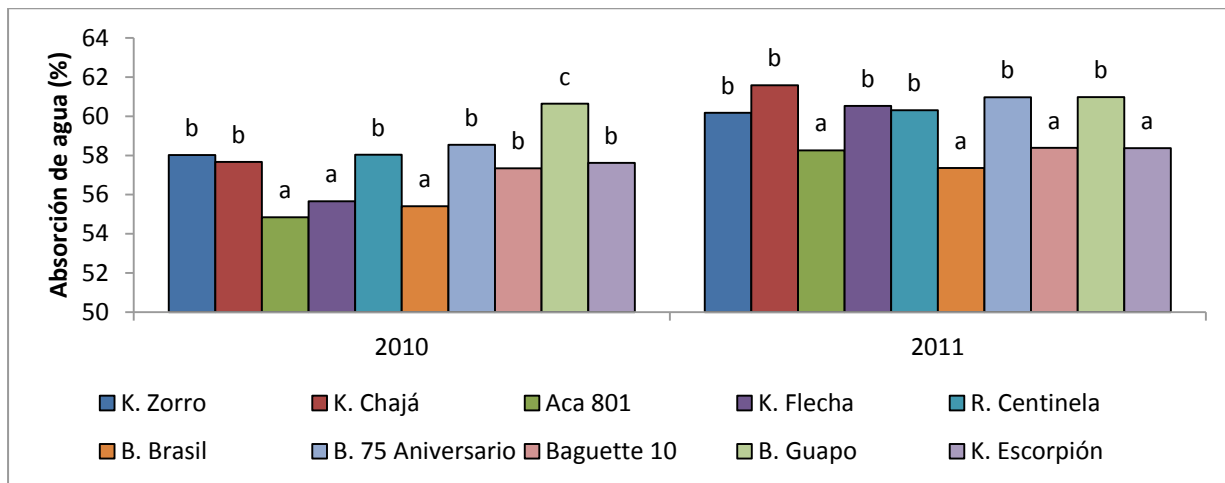


Figura 2.37. Medias de la interacción A × Cu para la absorción de agua (A) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

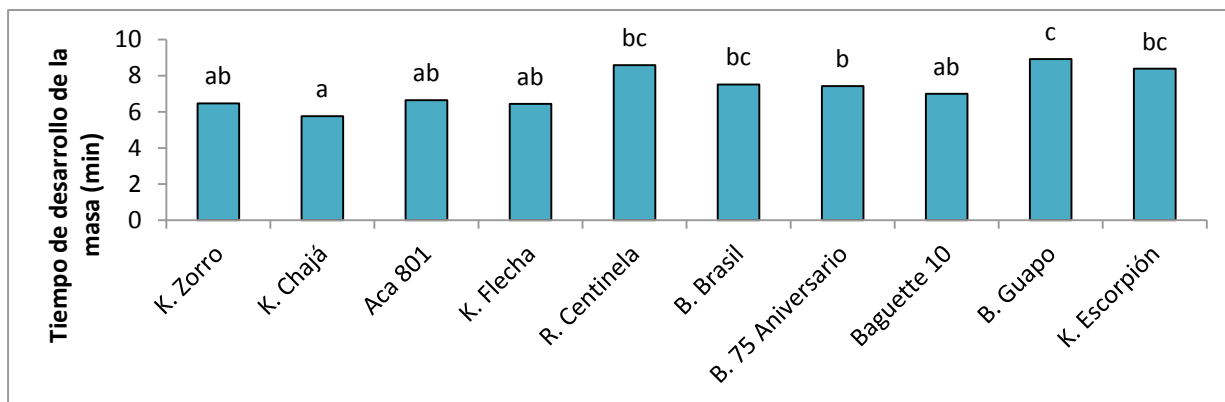


Figura 2.38: Medias de tiempo de desarrollo de la masa (B) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

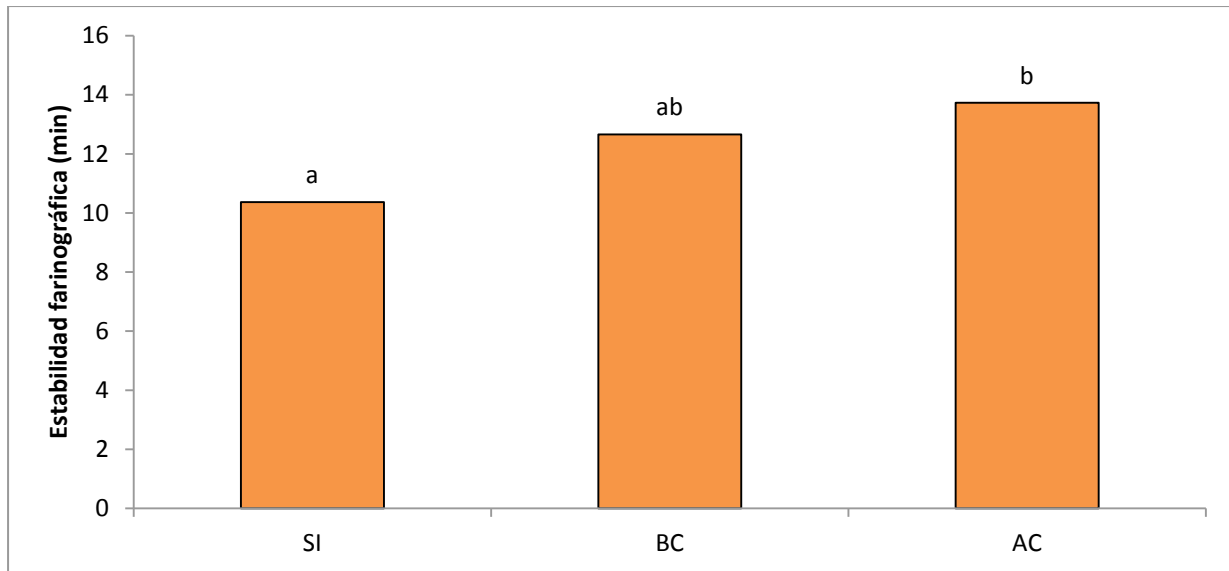


Figura 2.39: Medias de estabilidad farinográfica (D) para tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en diez cultivares de trigo en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

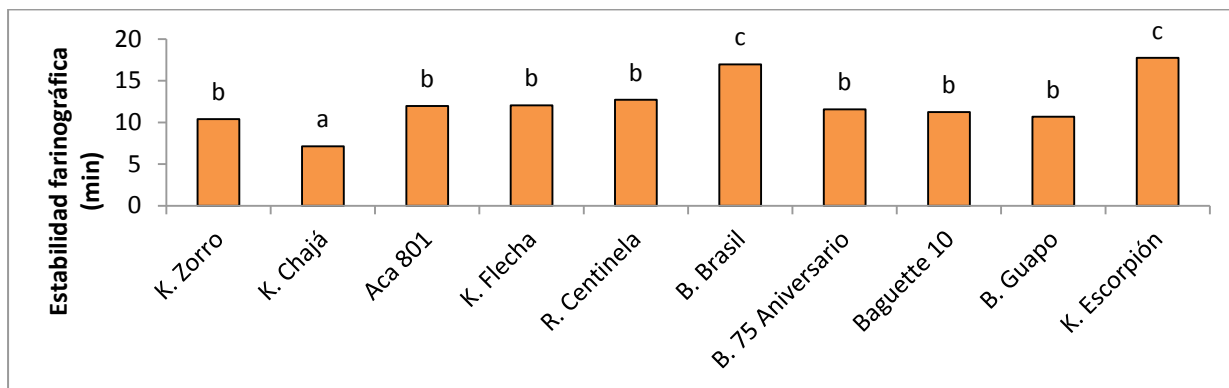


Figura 2.40: Medias de estabilidad farinográfica (D) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

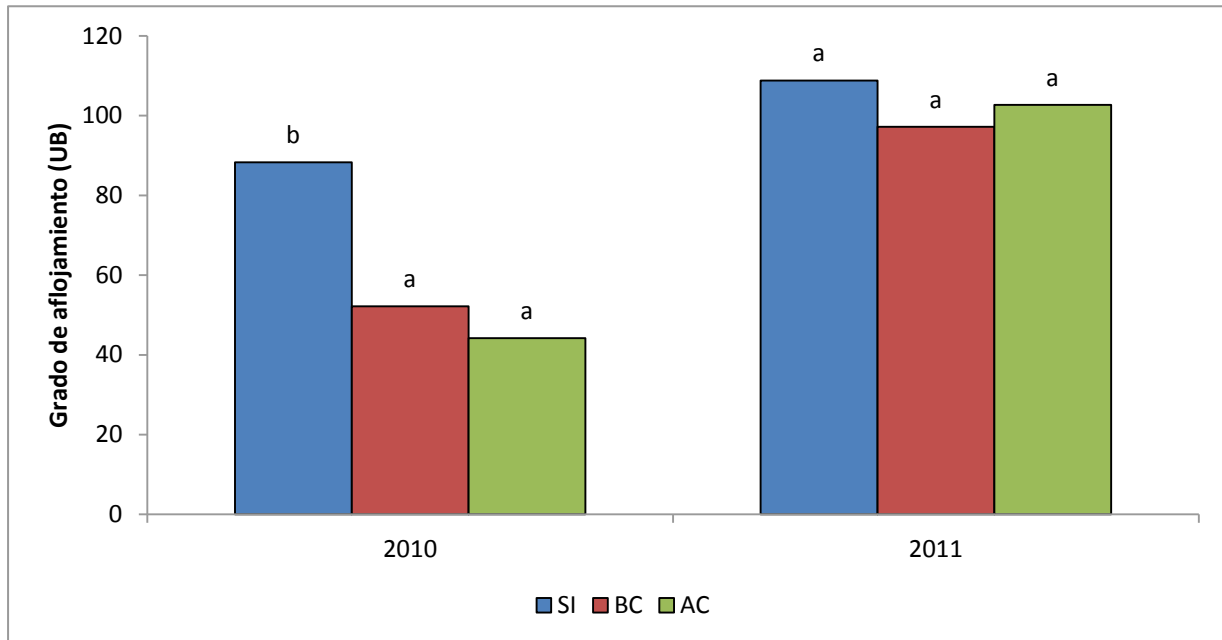


Figura 2.41: Medias de la interacción A × Ti para grado de aflojamiento (E) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de inoculación en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

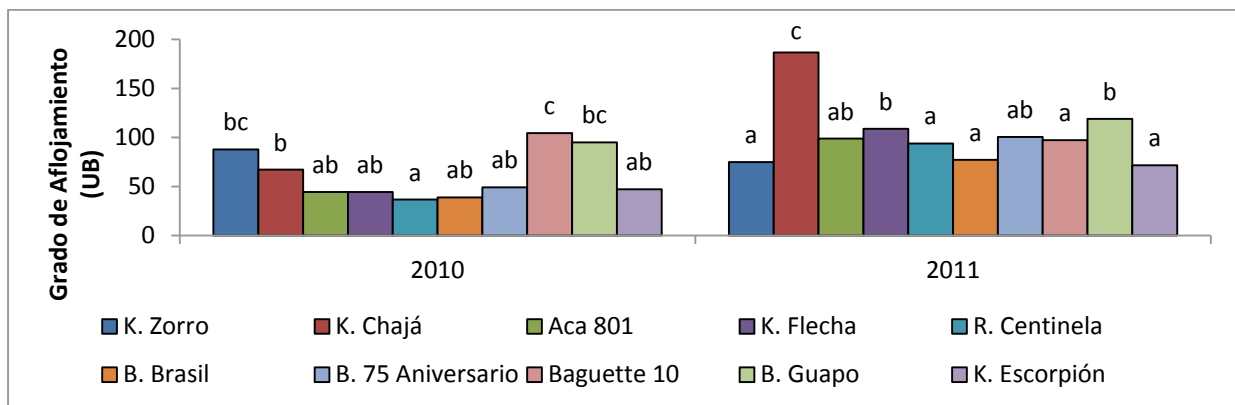


Figura 2.42: Medias de la interacción A × Cu para grado de aflojamiento (E) en diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.12. Ensayos de panificación

En las tablas 2.18 se presenta el ANAVA y las medias en el Anexo 12 de los parámetros de panificación. Los cultivares tuvieron Pe de panes significativamente distintos, ACA 801 presentó el mayor peso promedio mientras que B. Guapo seguido de K. Escorpión, K. Zorro, B. 75 Aniversario y K. Flecha tuvieron los menores Pe de pan, el resto de los cultivares presentaron no mostraron diferencias significativas. La interacción $Ti \times Cu$ fue estadísticamente significativa (Figura 2.43), B. Brasil fue el cultivar más afectado por la inoculación con una disminución de 6.5% del peso, seguido de K. Flecha y K. Chajá que disminuyeron un 4,90%, R. Centinela aumentó el Pe (4,80%) con AC y el resto de los cultivares mantuvieron el Pe o mostraron variaciones leves no significativas.

En cuanto al volumen de los panes (V), no se observaron diferencias entre el valor obtenido en los dos años estudiados. El tratamiento de inoculación modificó en forma significativa el V de los panes ocasionando un aumento del mismo a medida que se incrementó la dosis de inóculo aplicado (Tabla 2.17). Entre los cultivares hubo diferencias, K. Flecha fue el cultivar con mayor volumen mientras que ACA 801 obtuvo el menor volumen, el resto de los cultivares mostraron valores similares. La interacción $Ti \times Cu$ fue significativa y mostró que los cultivares ACA 801, K. Flecha, B. Brasil y K. Escorpión aumentaron el V con AC de inóculo, (Figuras 2.44 y 2.45) mientras que en el resto de los cultivares no hubo modificaciones significativas. .

El volumen específico (VE) mostró diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación, los cultivares y la interacción $Ti \times Cu$ (Tabla 2.17) (Figura 2.46). Hubo una tendencia al incremento del VE con el Ti que fue significativo en ACA 801, Klein Flecha, B. Brasil y K. Escorpión, sólo un cultivar (R. Centinela) decreció sus valores con el Ti .

Tabla 2.18. Cuadrados medios (CM) del ANAVA para los parámetros de panificación para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | Peso (g) | | | Volumen (cm ³) | | Volumen específico (gr/cm ³) | |
|------------------------------|----------|------|--------|----------------------------|--------|--|--------|
| | gl | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 13,6 | 0,251 | 307 | 0,886 | 0,003 | 0,943 |
| Error a | 2 | 5,32 | | 11640 | | 0,597 | |
| Tratamiento inoculación (Ti) | 2 | 103 | 0,050 | 17776 | 0,003 | 1,187 | 0,003 |
| A × Ti | 2 | 3,74 | 0,853 | 273 | 0,828 | 0,0009 | 0,906 |
| Error b | 8 | 23,1 | | 1407 | | 0,092 | |
| Cultivar (Cu) | 9 | 77,9 | 0,002 | 9226 | <0,001 | 0,602 | <0,001 |
| A × Cu | 9 | 3,50 | 0,998 | 741 | 0,914 | 0,047 | 0,839 |
| Ti × Cu | 18 | 68,7 | <0,001 | 4643 | <0,001 | 0,271 | <0,001 |
| A × Ti × Cu | 18 | 2,11 | 1,000 | 412 | 0,999 | 0,023 | 0,999 |
| Error c | 108 | 24,7 | | 1707 | | 0,088 | |
| Total | 179 | | | | | | |

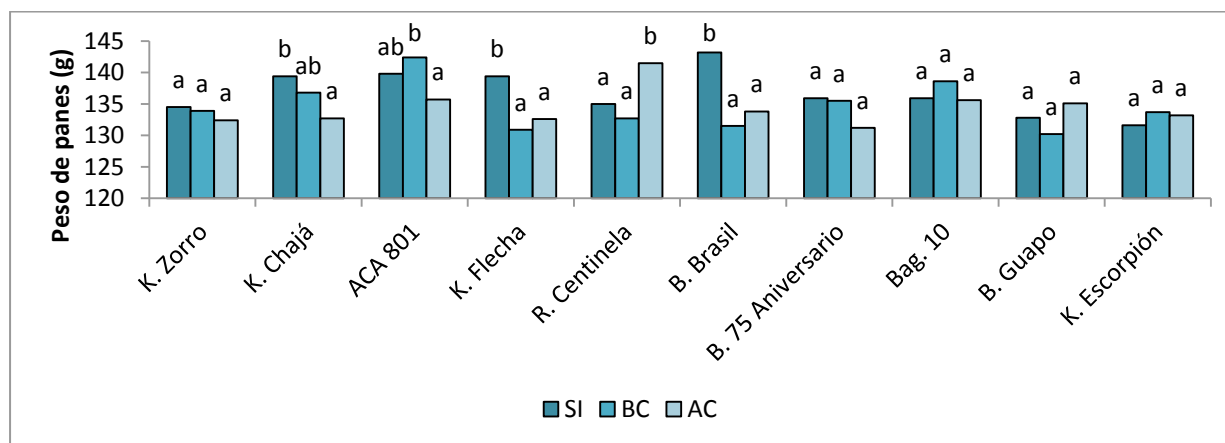


Figura 2.43. Medias de la interacción Ti × Cu para el peso de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras distintas entre tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

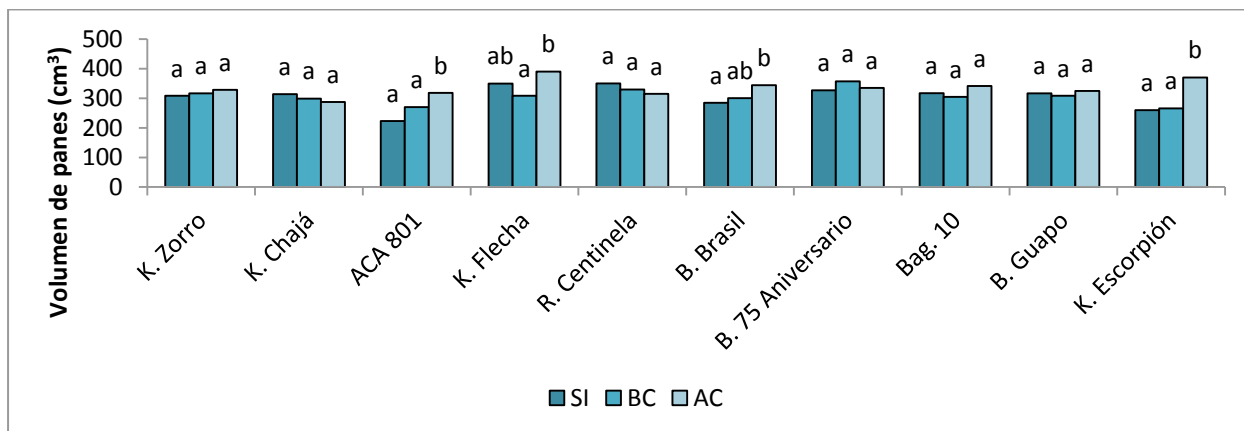


Figura 2.44. Medias de la interacción $Ti \times Cu$ para el volumen de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras distintas entre tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.





Figura 2.45. Efecto de la concentración de inóculo sobre el volumen de pan en el cultivar ACA 801 (arriba) y el cultivar K. Escorpión (abajo).

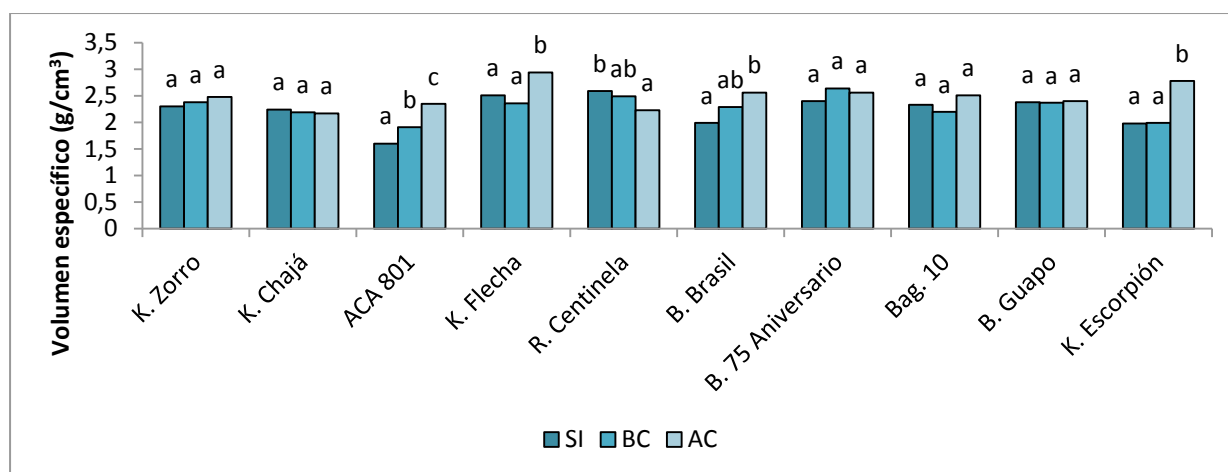


Figura 2.46. Medias de la interacción $Ti \times Cu$ para el volumen específico de los panes de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años. Las letras distintas entre tratamientos de inoculación en cada cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

2.3.13. Relación entre el progreso de la enfermedad y el %CPG

La regresión entre el ABCPE y el %CPG en ambos años mostró que a medida que se incrementó el ABCPE, hubo leves incrementos en el %CPG (Figura 2.47 y 2.48). El coeficiente de determinación explicó el 16,36% y el 6,54% para 2010 y 2011 respectivamente. Del mismo modo, la regresión entre la DAFVHB y el %CPG mostró una relación negativa ya que a mayor DAFVHB se evidenció menor %CPG en ambos años aunque en 2010 fue más notorio (Figuras 2.49 y 2.50).

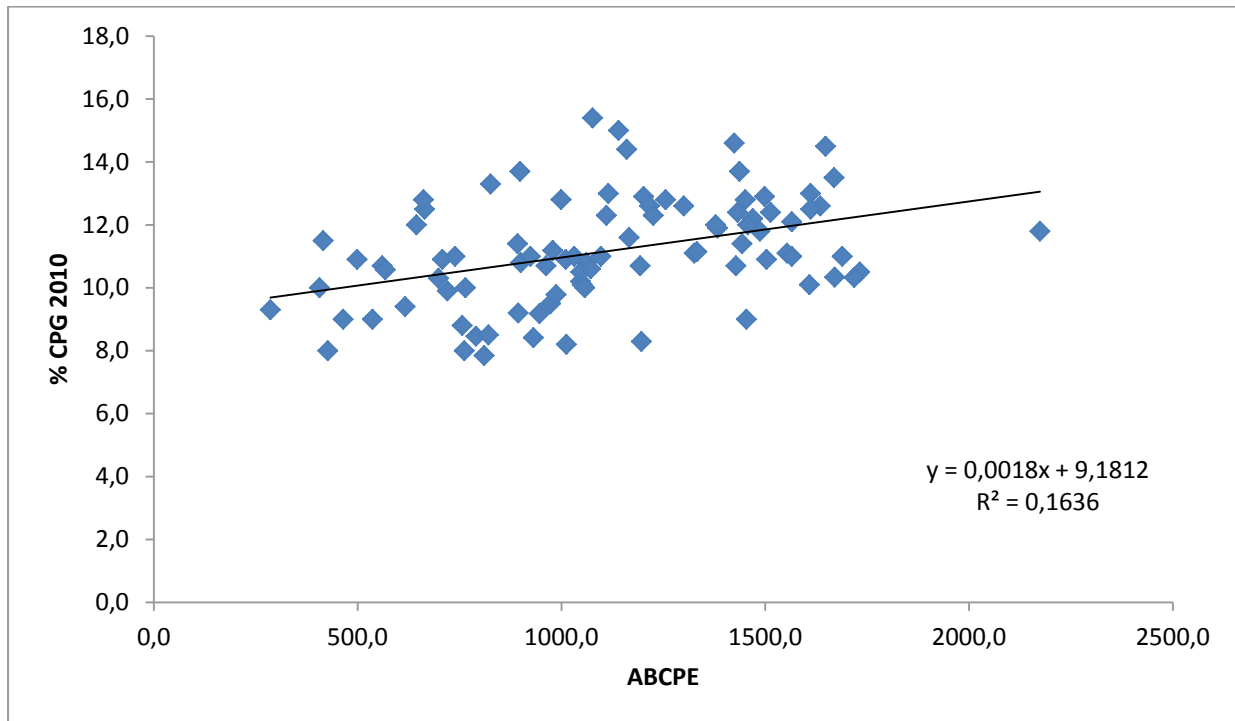


Figura 2.47: Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010.

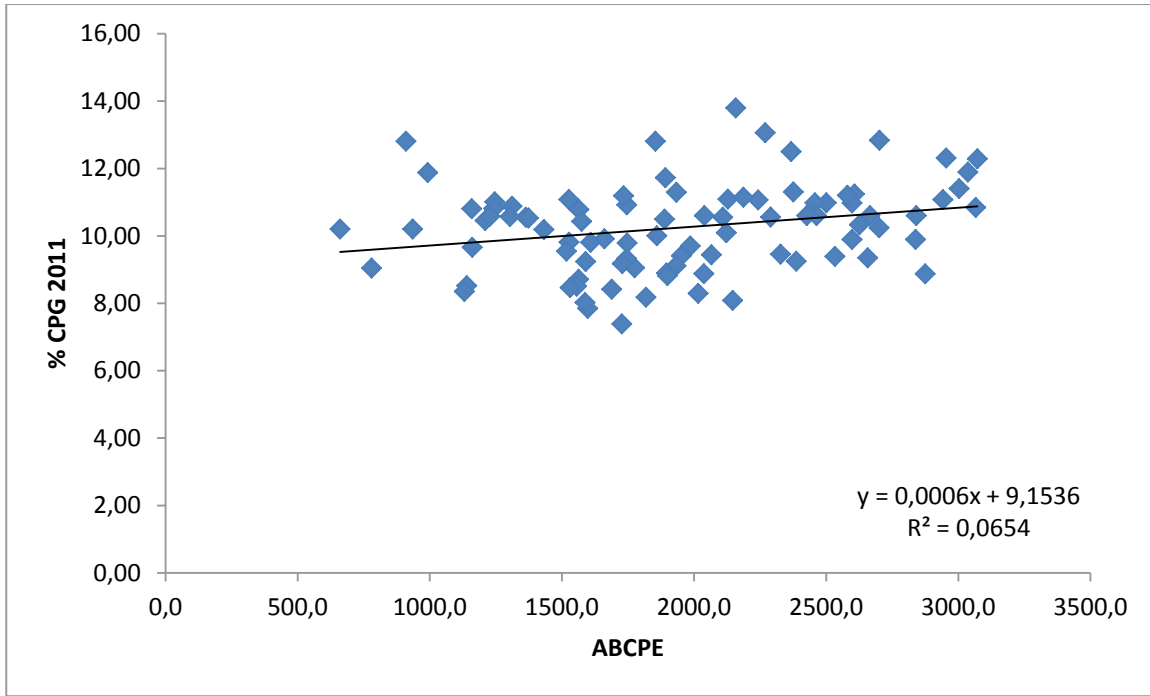


Figura 2.48. Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011.

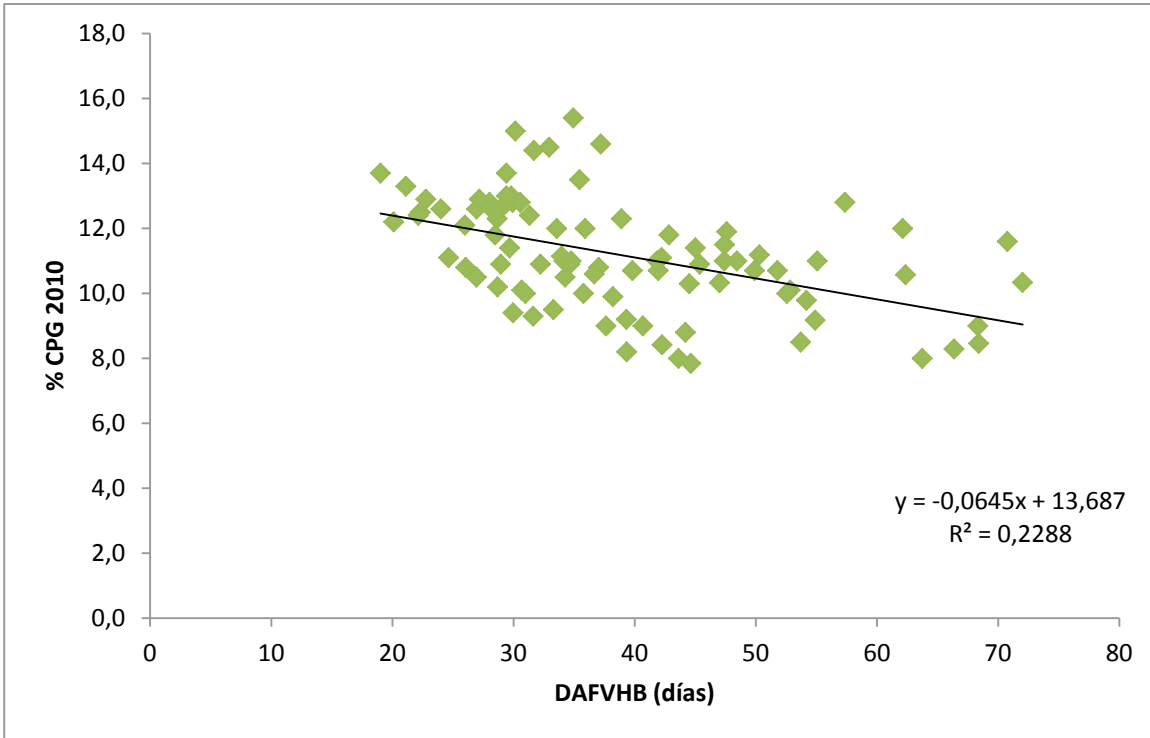


Figura 2.49. Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2010.

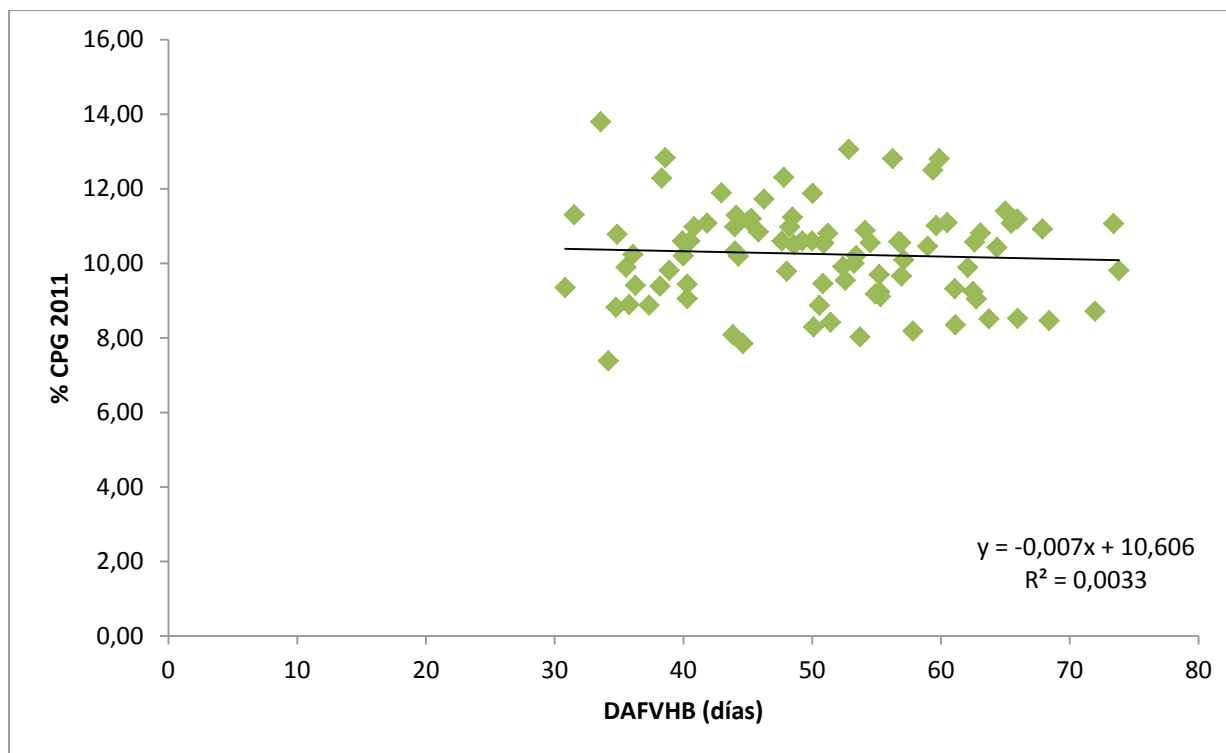


Figura 2.50. Regresión entre ABCPE y %CPG de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en 2011.

2.3.14. Efecto de las precipitaciones y temperatura sobre la proteína del grano

La lluvia acumulada pre antesis y en post-antesis fue superior en 2011. La temperatura pre antesis fue similar en ambos años, en tanto que en post- antesis 2010 fue inferior con respecto a 2011. El análisis de regresión entre la lluvia acumulada pre y post antesis y el %CPG muestra una asociación negativa y significativa. Similares resultados se obtuvieron con la temperatura post-antesis, en tanto que la escasa variación previa a la antesis no permitió obtener resultados claros.

2.3.15. Efectos de la tolerancia a *Z. tritici* sobre la calidad panadera

No se evidenciaron efectos de la tolerancia sobre la calidad panadera. Las correlaciones entre las pendientes de regresión que indican tolerancia (medidas con la DAFV y rendimiento) con los parámetros de calidad panadera e industrial no resultaron significativas en ambos años evaluados (Tabla 2.19). Los cultivares tolerantes mostraron incrementos en los porcentajes de proteína (5-20%) cuando

se comparó el valor en el tratamiento con AC con respecto al SI. Asimismo, los cultivares sensibles también evidenciaron aumentos del %CPG. No se evidenciaron correlaciones significativas entre parámetros de calidad y tolerancia a MHT. La relación entre el grupo de calidad panadera de los cultivares y la tolerancia no mostró correlaciones significativas, sin embargo se observó que los cultivares de grupo 1 y 2 tendieron a incrementar o mantener el %CPG más que aquellos pertenecientes al grupo de calidad 3.

Tabla 2.19: Coeficientes de correlación (r) y probabilidad (P) entre la tolerancia y los parámetros de calidad de diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| 2010 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grupo calidad | CPG | GH | GS | P | L | P/L | W | A | B | D | E | V | Pe | VE | |
| r | 0,20 | 0,13 | 0,13 | 0,07 | -0,21 | -0,26 | -0,12 | -0,21 | 0,28 | 0,13 | -0,45 | 0,002 | -0,02 | 0,13 | -0,05 |
| P | 0,57 | 0,72 | 0,71 | 0,82 | 0,54 | 0,46 | 0,73 | 0,55 | 0,42 | 0,72 | 0,19 | 0,96 | 0,94 | 0,71 | 0,88 |
| 2011 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grupo calidad | CPG | GH | GS | P | L | P/L | W | A | B | D | E | V | Pe | VE | |
| r | -0,11 | 0,19 | 0,33 | 0,55 | -0,06 | -0,04 | -0,02 | -0,22 | 0,35 | 0,008 | -0,24 | 0,53 | -0,23 | -0,27 | -0,17 |
| P | 0,76 | 0,58 | 0,35 | 0,09 | 0,85 | 0,89 | 0,95 | 0,53 | 0,3 | 0,98 | 0,49 | 0,11 | 0,53 | 0,44 | 0,64 |

2.4. DISCUSIÓN

Las condiciones meteorológicas (precipitación y humedad relativa) observadas durante la post- inoculación con *Z. tritici* durante 2011 fueron más favorables para el desarrollo de la enfermedad que en 2010 causando un incremento de la severidad. Hess y Shanner (1987), Simón *et al.*, 2003 encontraron que la severidad de la enfermedad se incrementó cuando la temperatura en la post- infección o la humedad en la post- inoculación fue mayor, y han ocurrido infecciones severas cuando se combinaron períodos largos de humedad y temperatura alta.

Las condiciones meteorológicas predisponentes en 2011 provocaron una severidad alta y ABCPE que se incrementó significativamente con el aumento de la concentración de inóculo. El ABCPE promedio de ambos años permitió observar que los cultivares más susceptibles a MHT fueron ACA 801, R. Centinela y B. Brasil mientras que Bag. 10 resultó menos afectado en ambas campañas. Estas condiciones meteorológicas también influyeron sobre la dinámica del índice de área foliar ocasionando valores significativamente más altos de IAFT, IAF y la duración del área verde total y por estratos en 2011 con respecto a 2010. Del mismo modo, la mayor severidad en el año 2011 produjo mayor tasa de incremento de %AFNV. La regresión entre las precipitaciones acumuladas pre- antesis y post- antesis en ambos años con el %CPG dio una asociación negativa y significativa, indicando que a mayor cantidad de lluvias acumuladas pre antesis y post antesis, disminuyó el %CPG. Esto puede atribuirse al incremento en el rendimiento ocasionado por las mismas a través del incremento en las variables de generación de biomasa. Esto coincide con lo hallado por Dimmock y Gooding (2002) quienes observaron disminuciones de la proteína cuando las precipitaciones ocurrieron antes del llenado de grano debido a una dilución del N por el crecimiento vegetativo, e incremento de pérdidas de N. Asimismo el incremento de las temperaturas post-antesis condujo a una disminución de la concentración de proteínas, lo que podría atribuirse a una mayor tasa de crecimiento del grano con menor duración del período de llenado que condujo a una dilución en el contenido de proteína. Debe señalarse que las temperaturas fueron adecuadas (18,0 a 19,9 °C) para permitir un adecuado período de llenado del grano.

En esta tesis, el RG y sus componentes fueron reducidos por la inoculación con *Z. tritici*. La reducción en el RG fluctuó entre 25% y 50% dependiendo del cultivar y la concentración de inóculo aplicada. Otros investigadores, Leitch y Jenkins (1995); Simón *et al* (1996; 2002); Rodrigo *et al.*, (2015) también encontraron, reducciones significativas del rendimiento, EPM², GPE, PMG y PH debido a *Z. tritici*. El rendimiento es afectado predominantemente a través de efectos sobre la DAFV y restricciones en el número de GPE y el peso de los granos (Cornish *et al.*, 1990; Parker *et al.*, 2004; Blandino *et al.*, 2009; Serrago *et al.*, 2011).

La pérdida de los componentes del rendimiento varió entre los años de estudio: en 2010 hubo una disminución de EPM², mientras que en 2011 los GPE y el PMG fueron más afectados. La razón por la cual en 2010 se registraron mayores pérdidas de EPM², comparado con 2011, podría haber sido debido a un mayor estrés hídrico que impactó en el IAFV que mostró menores valores que en 2010.

La presencia de tolerancia a *Z. tritici* pudo ser establecida solamente entre nuestros cultivares cuando la regresión lineal entre DAFV- RG fue analizada. Estos hallazgos están sustentados por muchos estudios que han confirmado que las evaluaciones del tamaño del canopeo, y en particular, el efecto de la enfermedad en el IAFV, correlaciona más estrechamente con la pérdida de rendimiento que la estimación del porcentaje de severidad solamente (Lim y Gaunt, 1981; Waggoner y Berger, 1987; Whelan y Gaunt, 1990; Bryson *et al.*, 1995; Parker *et al.*, 2004; Foulkes *et al.*, 2006). En este trabajo, este modelo demostró ser más explicativo que los modelos utilizando el ABCPE y la DAFNV para cuantificar los efectos de la enfermedad. Coincidentemente, Bryson *et al.*, (1997) no encontraron diferencias en tolerancia usando medidas de ABCPE y Parker *et al.*, 2004 encontraron que la relación entre DAFNV y RG se ajustó en forma muy débil.

Otros autores también han encontrado la presencia de tolerancia a *Z. tritici* en diferentes germoplasmas. Zuckerman *et al.* (1997) indicaron que la fotosíntesis en los tejidos remanentes de los cultivares tolerantes sometidos a infección con el patógeno, fue mayor que en los cultivares no infectados, mientras que Simón *et al.*, 2002 encontraron que algunos cultivares (K. Centauro y K. Dragón) presentaron tolerancia. En esta

investigación, el PMG en los cultivares tolerantes fue menos afectado por la MHT que en los cultivares sensibles. Zilberstein *et al.*, 1985 demostraron que el cultivar tolerante de trigo pan “Miriam” mantuvo el peso del grano bajo una epidemia severa de *Z. tritici* y sugirieron que un posible mecanismo responsable para el llenado de grano en cultivares tolerantes bajo epidemias de la MHT es una compensación por suministro de carbohidratos desde los tejidos sanos. En esta tesis se encontró que el cultivar más tolerante fue Bag. 10 mientras que el cultivar K. Chajá fue el más sensible, varios cultivares tuvieron valores significativamente similares a B.10. Ellos fueron B. Brasil, B. 75 Aniversario, K. Escorpión y K. Flecha, que por lo tanto también evidenciaron buenos niveles de tolerancia. Otros cultivares no fueron significativamente diferentes de ambos grupos.

Con respecto al impacto de *Z. tritici* sobre la acumulación y removilización de N, se encontró que este patógeno afecta principalmente la removilización de N al grano y en menor medida la absorción post-antesis. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en el nivel de removilización y absorción de N post antesis. Está demostrado que las enfermedades foliares a menudo disminuyen la removilización de N al grano a través de retención del N en las partes enfermas de las plantas (Verreet y Hoffmann, 1990; Bastiaans, 1993; Kremer y Hoffmann, 1993) aunque esto puede variar con el tipo de patógeno involucrado. Sin embargo Bancal *et al.*, 2008 hallaron que las enfermedades foliares como la roya de la hoja (*Puccinia triticina*) o la mancha de la hoja afectan más la absorción de N post-floración que la removilización de N. Los resultados de esta tesis coinciden con lo observado por McCabe *et al.* (2001); Ruske *et al.* (2001), los cuales muestran una significativa reducción en el contenido de nitrógeno en grano producto principalmente de la menor removilización y en menor medida de la absorción post-antesis. El año 2011 presentó mayores valores de removilización y menores de absorción post-antesis comparado con el año 2010, sugiriendo un mayor estrés biótico, durante el llenado de granos.

El menor %CPG observado en 2011 puede ser explicado por el alto RG que pudo haber causado un efecto de dilución. Con respecto al efecto de *Z. tritici* en %CPG, %GH y %GS, en esta tesis se evidenció un aumento de estas variables con la concentración de

inóculo. En este aspecto, hay resultados contrastantes. *Z. tritici* exhibe características de biótrofo en los primeros estadios de la infección (Royle *et al.*, 1995) razón por la cual es considerado hemibiótrofo. Cuando los biótrofos son controlados, el %CPG a menudo aumenta, indicando que el patógeno lo reduce. En contraste, el efecto de controlar patógenos necrótrofos está asociado con la reducción en la concentración de proteína porque los patógenos la aumentan (Dimmock y Gooding, 2002). Con respecto a *Z. tritici*, Arabi *et al.* (2007) encontraron una reducción en la proteína debido a la MHT dependiendo de la susceptibilidad del cultivar usado. Puppala *et al.* (1998) registraron grandes incrementos del %CPG con uso de fungicidas en un cultivar, específicamente para pan con alta concentración de proteína. Sin embargo, otras investigaciones encontraron incrementos en el %CPG cuando los cultivares fueron afectados por *Z. tritici*. En este sentido Watson *et al.*, 2010 hallaron aumentos en %CPG de 0,004% por cada 1% de aumento de la severidad de la MHT, mientras que Clark (1993) mencionó que la disminución de la concentración de la proteína cuando se usan fungicidas fue menor en los cultivares panaderos, pero esta interacción también reflejó diferencias varietales en la susceptibilidad de la enfermedad y la respuesta al rendimiento.

La correlación entre el % de incremento de CPG debido a *Z. tritici* y el grupo de calidad de los cultivares de trigo no fue significativo para ambos años. Sin embargo, en ambos años los cultivares que pertenecen al G1 y al G2 de calidad incrementaron o mantuvieron el %CPG con el aumento de la concentración de inóculo, mientras que los cultivares del G3 tendieron a disminuirlo. En este sentido, Dimmock y Gooding (2002) encuentran posible que los cultivares específicamente mejorados para pan podrían aumentar la proteína en el grano más efectivamente cuando son afectados por patógenos hemibiótrofos o necrótrofos comparado con cultivares para galletitas donde la concentración de proteína es mucho menos importante. Por otro lado, Puppala *et al* (1998) registraron un gran incremento en la concentración de proteína con uso de fungicidas en un cultivar para pan de alta proteína, indicando que el patógeno la disminuye. Además, el efecto de la MHT en el %CPG fue demostrado en estos cultivares, aunque no se vieron efectos de la tolerancia en este incremento. Con respecto a las propiedades reológicas y de panificación la MHT también afectó significativamente valores del alveograma, la concentración de inóculo creciente

disminuyó la tenacidad y la relación P/L, mientras que incrementó la extensibilidad, la fuerza panadera y el volumen de pan. El aumento en la concentración de proteína por disminución del rendimiento ha ejercido un efecto en el incremento de algunas variables de calidad como el gluten, L, W, D y V. Las diferencias entre cultivares fueron evidentes y acorde al grupo de calidad al que pertenecen. Del mismo modo, el grado de aflojamiento disminuyó con la presencia de MHT. A diferencia de esto, la absorción de agua y el tiempo de desarrollo de la masa no fue consistente presentando diferencias entre los distintos cultivares. No se observaron correlaciones significativas entre los parámetros de calidad, reológicos y de panificación con la tolerancia en ninguno de los años de estudio.

CAPÍTULO 3

Efecto de la fertilización nitrogenada y la aplicación de fungicidas en cultivares de trigo de diferente aptitud panadera afectados por *Zymoseptoria tritici*.

3.1. Introducción

La MHT causada por el hongo patógeno hemibiótrofo *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt] es una enfermedad foliar relevante en numerosas áreas de producción de trigo en el mundo, provoca significativas pérdidas de rendimiento (Eyal *et al.*, 1985; Rodrigo *et al.*, 2015). En Argentina, se han registrado pérdidas entre el 20 y 50% en cultivares de alto rendimiento (Anonne *et al.*, 1991). *Z. tritici* infecta hojas, tallos y entrenudos. Los síntomas incluyen senescencia prematura, retraso de la expansión foliar, y reducción en el tamaño de las hojas formadas tardíamente (Rodrigo *et al.*, 2015). La influencia de la enfermedad en el rendimiento depende entre otras variables del estado de crecimiento en el que ocurre la infección, el grado de infección y el estado del cultivo. Así, Infecciones tempranas pueden reducir los GPE mientras que las infecciones tardías pueden reducir el PMG (Simón *et al.*, 2002).

En cuanto a las estrategias de control, los fungicidas son utilizados en el manejo de las enfermedades foliares (Carmona *et al.*, 1999). La respuesta a la aplicación de los fungicidas depende de la severidad de la enfermedad, de la resistencia o tolerancia del cultivar, de las prácticas de manejo y las condiciones ambientales (Roth y Marshall, 1987; Varga *et al.*, 2005; Carignano *et al.*, 2008). Los fungicidas son particularmente importantes en las principales zonas de producción triguera Argentina, debido a que se combinan altos potenciales de rendimiento de los cultivares, alta presión de infección, cultivares con escasa resistencia genética a la enfermedad y condiciones meteorológicas predisponentes para el desarrollo del patógeno (alta humedad, precipitaciones frecuentes y temperatura adecuada). Además, el uso de la siembra directa incrementa la presencia de inóculo de hongos necrótrofos o hemibiótrofos que promueven la proliferación de algunas enfermedades foliares como la MHT.

Considerando los principios activos, existen dos tipos muy utilizados por su amplio espectro de acción: ellos son: los triazoles y las estrobilurinas, y en los últimos años también las carboxamidas. Los triazoles son curativos y se mueven sistémicamente a través del xilema de las plantas. Retardan el crecimiento de los hongos porque inhiben la síntesis de ergosterol (Buchenauer, 1987) que resulta esencial en la construcción de las membranas celulares fúngicas. Por su acción curativa y la habilidad para redistribuirse en el cultivo, son efectivos contra infecciones tempranas. Por otro lado, las estrobilurinas que son derivados sintéticos de componentes naturales producidos por el basidiomicete *Strobilurus tenacellus* tienen gran espectro antifúngico y son inhibidores externos de la quinona (Qoi) que actúa interfiriendo la producción de energía fúngica, es decir inhiben la respiración mitocondrial (Vincelli, 2002). Asimismo, inhiben la germinación de esporas y la infección temprana siendo muy efectivos cuando se usan en forma preventiva (Wegulo y Stevens, 2011). Además tienen una propiedad deseable que consiste en inhibir la síntesis de etileno y en consecuencia retrasan la senescencia y así pueden incrementar el rendimiento y la asimilación de N en cereales de invierno (Puricelli y Arregui, 2013).

Con respecto al impacto de los fungicidas sobre el RG y sus componentes, Jorgensen y Olsen (2007) informaron aumentos del rendimiento de trigo usando fungicidas ($0,8$ a $4,4 \text{ mg ha}^{-1}$), dependiendo de la cantidad de rastrojo infectado en la superficie del suelo, severidad de la enfermedad, estrategia del fungicida, tipo de principio activo, momentos y número de aplicaciones, dosis y métodos de aplicación. El incremento del rendimiento está asociado principalmente con un aumento en el PMG (Gooding *et al.*, 1994; Herrman *et al.*, 1996; Puppala *et al.*, 1998; Varga *et al.*, 2005; Carignano *et al.*, 2008), mientras que otros componentes del rendimiento como las EPM² (Varga *et al.*, 2005) o GPE no son afectados en algunas investigaciones (Herrman *et al.*, 1996; Kelley, 2001; Puppala *et al.*, 1998; Varga *et al.*, 2005) aunque pueden serlo en infecciones tempranas de la enfermedad (Cornish *et al.*, 1990). Así, Simón *et al.* (2002) registraron que realizando una aplicación preventiva en forma temprana en el cultivo de trigo infectado por *Z. tritici* podría resultar en un aumento de EPM² y GPE.

En particular, la inclusión de fungicidas que contienen estrobilurinas para controlar enfermedades en trigo, está asociado con incrementos en el RG y PMG (Bayles, 1999). Estos incrementos podrían deberse al mantenimiento de la fotosíntesis del canopeo durante el llenado de grano pero también a la prolongación de la DAFVHB (Dimmock y Gooding, 2002b). La hoja bandera (HB) tiene especial importancia debido a que es la última hoja en senescer, intercepta más luz que las hojas inferiores, y está conectada vascularmente a la espiga en forma más próxima con respecto a las hojas basales (Gooding *et al.*, 2000). La fotosíntesis de la HB en trigo contribuye con el 30-50% de los fotoasimilados para el grano durante el llenado de grano (Sylvester-Bradley *et al.*, 1990). En este sentido, Gerhard (2002) sugirió que la aplicación de estrobilurinas no solo previene el efecto de las enfermedades fúngicas sino que también induce un incremento en la intensidad de la asimilación, optimiza la transpiración y mejora la eficiencia de uso del agua comparado con otros fungicidas. Asimismo, Bayles (1999), Bayles y Hilton (2000), Bryson *et al.* (2000) y Gooding *et al.* (2000) registraron que las estrobilurinas son capaces de prolongar más la DAFVHB y aumentar el peso de los granos comparando con los fungicidas disponibles previamente como los triazoles. Por otro lado, Dimmock y Gooding (2002) no encuentran efecto diferencial entre triazoles y estrobilurinas sobre la relación entre la DAFVHB y el RG aunque reconocen el efecto que producen estos fungicidas en retrasar la senescencia. Contrariamente, McCartney *et al.*, (2007); Blandino y Reyneri (2009); Wegulo y Stevens (2011) no registraron diferencias significativas en el retraso de la senescencia de la HB o el aumento de RG entre triazoles y triazoles combinadas con estrobilurinas.

Al mismo tiempo, la aplicación de fertilizantes nitrogenados es necesaria para alcanzar altos rendimientos de grano y buena calidad panadera. Incluso, en suelos de alta fertilidad, la absorción post-antesis de N es importante ya que está positivamente correlacionada con la concentración de proteína del grano (Stone y Savin, 1999).

A pesar de esta influencia positiva en la calidad, la fertilización nitrogenada podría afectar también la expresión de las enfermedades del trigo (Simón *et al.*, 2002, 2003) y la efectividad de la aplicación foliar de fungicidas (Howard *et al.*, 1994; Simón *et al.*, 2002, 2003; Varga *et al.*, 2005) aunque la magnitud y la dirección de este efecto es

inconsistente. La fertilización nitrogenada influye sobre la severidad de la MHT, al modificar el microclima dentro del canopy del cultivo (Shaw y Royle, 1989). En este aspecto, en la bibliografía se encuentran resultados contradictorios. Algunos autores han encontrado que los incrementos en la fertilización nitrogenada aumentaron la severidad de la enfermedad (Shipton *et al.*, 1971; Gheorghies, 1974; Prew *et al.*, 1983; Howard *et al.*, 1994; Leitch y Jenkins, 1995, Simón *et al.*, 2002, 2003). Contrariamente, Johnston *et al.* (1979) hallaron una disminución de la severidad con incrementos en el N, en uno de los años de sus ensayos experimentales. Asimismo, Gooding y Davies (1992) mencionaron que el incremento del N disponible resultó en menores niveles de *Z. tritici*. Por otra parte, Broschius *et al.* (1985) observaron una relación inversa entre dosis de N y severidad de la enfermedad. Ishikawa *et al.* (2012) sugirieron que podría existir un nivel óptimo de N para el desarrollo del patógeno hasta el cual la severidad aumentaría para luego decrecer. Asimismo la fertilización nitrogenada permite incrementar el índice de área foliar y la biomasa, lo que implica que el impacto de las enfermedades sobre el rendimiento y la calidad pueda reducirse al posibilitarle sostener los destinos con mayor facilidad

Como fue mencionado en el Capítulo 2, el hábito nutricional de los patógenos influye en la acumulación de N y materia seca del grano de trigo. Así, Dimmock y Gooding (2002a) observaron que cuando los biótrosfos clásicos son controlados, con frecuencia la concentración de proteína aumenta. Por lo tanto, el patógeno provoca un efecto más perjudicial en la acumulación y partición del N al grano, que en la acumulación y partición de materia seca. En la bibliografía, se han encontrado resultados divergentes con respecto al efecto de *Z. tritici* sobre el %CPG. Así Kettlewell *et al.* (1987), West (1990), Gooding *et al.* (1994) y Ruske *et al.* (2004) registraron disminuciones en el %CPG cuando la enfermedad fue controlada, Blandino y Reyneri (2009) no observaron ningún efecto. Contrariamente Morris *et al.* (1989) y Hedke y Verret (1999) documentaron incrementos del %CPG con aplicación de fungicidas. El balance entre el N y la acumulación de carbohidratos (que determina el %CPG) es muy complejo y puede ser afectado por el tipo de patógeno controlado y el fungicida aplicado. Así, la MHT puede incrementar el %CPG a través de reducciones en la capacidad fotosintética

de la planta cuando se destruyen los tejidos foliares, es decir hay un efecto importante sobre la acumulación de carbohidratos por sobre la acumulación de N.

El %CPG es el factor que más influye en la calidad de la harina que deriva de los granos y está influenciado además por el ambiente, el cultivar, el fertilizante N (dosis, momento y método de aplicación), y las interacciones entre estos factores (Rao *et al.*, 1993). Las condiciones ambientales y el uso de prácticas agronómicas pueden influir más sobre la concentración del N del grano que las diferencias genotípicas (Fuentes Mendizabal *et al.*, 2010).

Asimismo, es conocido que el incremento en el RG (debido a la aplicación de fungicidas, fertilización nitrogenada o aumento de lluvias) conduce a una disminución del %CPG (Triboi y Triboi Blondel, 2009) porque las ganancias de RG pueden causar dilución del contenido de N debido a un aumento en la producción de carbohidratos. No obstante, es posible que los cultivares con aptitud panadera y seleccionados por su alto %CPG puedan mantener la acumulación de N en forma más efectiva cuando se retrasa la senescencia y aumenta el RG que aquellos cultivares de calidad panadera inferior en los que el %CPG es menos importante (Dimmock y Gooding, 2002b). Otro aspecto a considerar es la interacción entre la fertilización nitrogenada y los fungicidas que podría influir sobre el RG. Kelley (1993) documentó incrementos superiores del RG con aplicación de fungicidas a altas dosis de N en comparación con bajas dosis de N mientras que Gooding *et al* (1994) y Olesen *et al.* (2003) no encontraron interacciones fungicida \times N para el RG.

Un aspecto de gran importancia que también es necesario considerar se refiere a la calidad panadera de los granos de trigo. La harina de trigo es la única que tiene la habilidad de formar una masa cohesiva y tenaz, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción. Esta propiedad se debe a su composición química, y en especial a las proteínas y su capacidad para formar gluten (Gómez Pallarés *et al.*, 2007). La calidad panadera del trigo está fuertemente influenciada por el ambiente y el genotipo (Garrido Lestache *et al.*, 2004). Hay dos factores importantes en la determinación de esta calidad que son: la cantidad de proteína que está muy

influenciada por las condiciones ambientales y la composición de la proteína que está determinada por el genotipo y el ambiente (Dupont y Altenbach, 2003). Las proteínas del grano de trigo se clasifican según su función biológica en metabólicas, estructurales y de reserva. Las proteínas de reserva comprenden a las gliadinas y a las gluteninas. Cuando estas proteínas se hidratan y se las somete al amasado forman el gluten responsable de las propiedades reológicas de la masa de trigo. Las gliadinas proveen a la masa viscosidad y extensibilidad mientras que las gluteninas son cohesivas y elásticas y son responsables de la tenacidad de la masa y elasticidad (Wieser, 2007) y su relación incide en las características de la masa.

La proteína es un componente que influye en la mayoría de las características de la calidad panadera como el volumen de pan, que en sí mismo es una función de las condiciones ambientales bajo las que el cultivo crece (Simmonds, 1989). Reese *et al.* (2007) encontraron que la determinación de la proteína del grano solamente, no es suficiente para predecir la calidad de la harina y las propiedades viscoelásticas de las masas. Por lo que la calidad de la proteína del gluten es un factor determinante (Weegels *et al.*, 1996). La calidad de la proteína depende de a) la proporción de los componentes gliadina y glutenina y b) la presencia de unidades específicas conocidas como gluteninas de alto peso molecular (APM) y bajo peso molecular (BPM) (Weegels *et al.*, 1996). Por eso, la generación de la calidad comienza mucho antes del período de llenado del grano a través de la fotosíntesis, formación de macollos y desarrollo de las espigas que impactan en la generación del número de granos. Después de antesis, el ambiente condiciona el tamaño de los granos y su composición (Dupont y Altenbach, 2003). La curva de crecimiento de un grano de trigo tiene la típica forma sigmoidea y se divide en tres fases. Durante la primera fase, de activa división celular, se crean los sitios donde luego se acumularán almidón y proteínas y las células endospermáticas que se formen determinarán el peso potencial de los granos (Altenbach *et al.*, 2003). La segunda fase es el periodo de llenado efectivo de los granos y dura aproximadamente 25-35 días. Luego se produce la madurez fisiológica, momento en el cual cesan de acumularse sustancias de reserva en el grano (Altenbach *et al.*, 2003). La acumulación de proteínas en los granos presenta también un patrón sigmoideo (Dupont y Altenbach, 2003) y es dependiente del genotipo, de la disponibilidad de N y de la temperatura. En

forma simple, en una primera fase se depositan las proteínas solubles, albúminas y globulinas; también inician su deposición las gluteninas de alto peso molecular en los primeros 10 días después de antesis (Dupont y Altenbach, 2003). Lentamente, a partir de los 15 días después de antesis comienza la deposición del segundo grupo de las proteínas de reserva, gliadinas y gluteninas de bajo peso molecular (Altenbach *et al.*, 2003); éstas más las proteínas de alto peso molecular, en la madurez representarán alrededor del 70-80% del total de las proteínas. Por lo tanto, cualquier alteración, por ejemplo por stress hídrico o de temperatura, hará que la composición final presente una relación gliadinas/gluteninas distinta, dependiendo de la intensidad de cualquiera de los eventos o la combinación de ambos (Stone y Nicolas, 1994, 1996; Shewry, 1999). Con relación al efecto de altas temperaturas, es conocido que disminuye el porcentaje de almidón con respecto al de proteínas, al acortarse el período de llenado y disminuye el peso de los granos, variando en muchos casos la relación entre sus componentes (Jenner *et al.*, 1991; Daniel y Triboi, 2000). Además, picos de temperaturas muy altas pueden afectar también la relación gliadinas / gluteninas, ya que se afecta la síntesis de estas últimas (Wardlaw y Wrigley, 1994, Peterson *et al.*, 1998, Daniel y Triboi, 2000; Mikhaylenko *et al.*, 2000).

Las propiedades reológicas indican los requerimientos del amasado y comportamiento de la masa. Así, la tenacidad y la extensibilidad de las masas están relacionadas con la cantidad y calidad de gluteninas y gliadinas respectivamente. La absorción de agua es un parámetro importante para la calidad panadera ya que se relaciona con la cantidad de pan que se puede producir proveniente de una determinada cantidad de harina. Tradicionalmente el volumen de pan ha sido considerado como el criterio más importante para la calidad panadera.

En relación a las prácticas agronómicas, la nutrición con N es considerada como el factor principal que afecta las proteínas de reserva. Un aumento en la tasa de fertilización N tiene un efecto favorable en la calidad del grano al producir un aumento en el %CPG (López-Bellido *et al.*, 1998; Garrido- Lestache *et al.*, 2005). Se han encontrado efectos del N sobre los parámetros reológicos de la masa, como los obtenidos por el Alveógrafo de Chopin: fuerza panadera (W), tenacidad (P) y

extensibilidad de la masa (L) (Pechanek *et al.*, 1997; Johansson *et al.*, 2001; Dupont *et al.*, 2006; Alzueta *et al.*, 2008, Fuertes-Mendizábal *et al.*, 2010, 2012). La fertilización nitrogenada y dentro de ella, la aplicación tardía de N, es una estrategia de manejo adecuada para mejorar el porcentaje de proteínas de trigo. Este aumento puede asociarse no sólo al aumento del % de proteínas sino también a cambios en las proporciones de las gliadinas/gluteninas. Durante el llenado de granos se modifica la relación gliadinas/gluteninas, influyendo directamente en la calidad industrial (Daniel y Triboi, 2000, Altembach *et al.*, 2003). Es decir, cuando la fertilización nitrogenada aumenta el % de proteína y/o altera las proporciones de Gli/Glu, las masas pueden registrar un aumento en la tenacidad, pero también un mayor W. Este incremento en fuerza alveográfica se debe al aumento en la extensibilidad resultante de un mayor contenido de gliadinas (Daniel y Triboi, 2000). El porcentaje de proteínas del grano está condicionado por la disponibilidad de N, pero depende también de la habilidad del cultivar en la captura del mismo y del manejo que se haya hecho del cultivo (Graybosch *et al.*, 1995). Es posible encontrar cultivares que, dentro de un medio ambiente particular, no responden a la regla general de mayor rendimiento, menor porcentaje de proteína, presentando valores estables y más que aceptables tanto en rendimiento como en porcentaje de proteína (Gooding y Davies, 1997, Mikhaylenko *et al.*, 2000; Takayama *et al.*, 2006). El desafío que representa utilizar los cultivares adaptados en los mejores ambientes, con el manejo más adecuado para cumplir con la premisa de mayor rendimiento y calidad por unidad de superficie, sigue vigente en este siglo (Ponzio, 2010).

La aplicación de fungicidas también puede influir en los parámetros reológicos. Cuniberti *et al.* (2004) encontraron que la aplicación de fungicidas aumentó la proteína y el gluten en la mayoría de los cultivares evaluados, pero la fuerza panadera (W) y el volumen de pan (V) disminuyeron demostrando un efecto negativo sobre la calidad industrial. En contraste, Wang *et al.* (2004) no encontraron efecto significativo del fungicida sobre el gluten y las propiedades reológicas aunque sí encontraron diferencias entre cultivares.

En la actualidad, los estudios sobre la incidencia sobre la calidad del grano de trigo de distintos tipos fungicidas, disponibilidad de N y cultivares que difieren en su grupo de calidad y tolerancia a *Z. tritici* son escasos y no comprenden todos los factores de calidad panadera (Cox *et al.*, 1989; Herrman *et al.*, 1996; Simón *et al.*, 2002; Garrido-Lestache *et al.*, 2002; Ruske *et al.*, 2003, 2004; Arabi *et al.*, 2007; Mc Kendry *et al.*, 2007; Blandino y Reyneri, 2009; Godfrey *et al.*, 2010; Rodrigo *et al.*, 2015). Considerando los antecedentes mencionados en esta tesis se plantean las siguientes **hipótesis**:

- La concentración de proteína del grano se incrementa cuando el cultivar es afectado por un patógeno hemibiótrofo, este incremento se potencia en condiciones de alta fertilización nitrogenada.
- El principio activo del fungicida no ejerce un efecto diferencial sobre el área foliar verde, el rendimiento y las variables de calidad panadera.

Los **objetivos** son:

- Analizar el efecto de dosis crecientes de N sobre el área foliar verde, el %CPG, el RG y variables de calidad panadera en cultivares de trigo pan con diferentes niveles de tolerancia a MHT.
- Analizar el efecto de dos principios activos de fungicidas sobre el área foliar verde, el RG, el %CPG y las variables de calidad panadera.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Características de los ensayos y diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn, en Los Hornos, partido de La Plata, perteneciente a la FCAYF, UNLP, fue sembrado el 14 de julio de 2009 y el 15 de julio de 2010.

Se utilizó un diseño experimental en parcela dividida con tres repeticiones. La parcela principal fue el tratamiento con fungicidas: 1 -con un fungicida sistémico: Nativo, que es una combinación de triazol (tebuconazole, $480 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) y estrobilurina (trifloxystrobin, $120 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) en una dosis total de $600 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Nativo), 2- con un fungicida sistémico del grupo de los triazoles: Folicur (tebuconazole, $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Folicur) y 3- sin fungicida (Sin Fu). Se inoculó con una suspensión de esporas de *Z. tritici* (5×10^{-5} esporas ml^{-1}) en tres aplicaciones: cuarta hoja desarrollada EC 20 (Zadoks *et al.*, 1974), EC 39 y EC 60. Los fungicidas fueron aplicados a partir de la cuarta hoja y cada 15-20 días durante todo el ciclo hasta madurez fisiológica.

La sub-parcela correspondió al tratamiento de fertilización nitrogenada (N) con tres dosis: 0 (0N), 70 (70N) y 140 (140N) kg de N ha^{-1} , aplicados bajo la formulación de urea granulada en dos momentos. La primera fue a la siembra y la segunda en EC 33. Además se aplicó fósforo a la siembra como fosfato tricálcico granulado (0-46-0) a razón de $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. En la sub-subparcela se sembraron tres cultivares de trigo de ciclo similar, de buen comportamiento en la zona y de diferente grupo de calidad panadera (GC). Los cultivares fueron Buck Guapo (GC1), Klein Escorpión (GC2) y Baguette 10 (GC3). Las medidas de las parcelas fueron $5,50 \text{ m} \times 1,40 \text{ m}$, siendo la superficie de $7,7 \text{ m}^2$. La densidad fue de 350 pl m^{-2} .

3.2.2. Preparación del inóculo e inoculaciones realizadas

El inóculo se preparó a partir de una mezcla de aislamientos (FALP14707, FALP20107-FALP20207, FALP20507) obtenidos de hojas de trigo recolectados en los ensayos de la Red de Ensayos Territoriales de Trigo (RET) en años previos. Los tres primeros provienen de la localidad de Nueve de Julio y el último de la localidad Pla de la provincia de Buenos Aires, región triguera II Sur. Los mismos se colocaron en cajas de

Petri conteniendo un medio de cultivo de extracto de agar malta a 18-20 °C con alternancia de 12 h de luz y oscuridad. La suspensión de esporas (inóculo) se preparó con medidas de asepsia en flujo laminar, con agua destilada. La concentración de esporas fue medida con un hemacitómetro Neubauer con una concentración mínima de 5×10^6 esporas ml^{-1} (Eyal *et al.*, 1978; Rodrigo *et al.*, 2015) Se inoculó una cantidad de 800 ml por parcela y se le agregó 0,5 ml de surfactante (Tween 20). Se realizaron dos inoculaciones en macollaje EC 23-24 y en la emergencia de la hoja bandera, EC 39 en ambos años. Las plantas fueron pulverizadas con la suspensión de esporas con una mochila manual en horas del atardecer. Se realizaron varias pulverizaciones con agua durante 48 h posteriores a la aplicación para mantener las condiciones de humedad necesarias para el desarrollo de la enfermedad, aplicadas con pulverizadora durante 10 a 15 minutos cada 2 h.

3.2.3. Evaluación de la severidad, ABCPE y dinámica del área foliar

Se realizaron evaluaciones donde se estimó la severidad de la enfermedad como el porcentaje de síntomas en las dos a cuatro hojas superiores de siete plantas dependiendo del estadio fenológico. Se calculó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) de *Z. tritici* en las dos hojas superiores acorde a la fórmula de Shanner y Finney (1977). En cada parcela, se cortaron las hojas de 2-3 macollos que tenían al menos un 10% de superficie verde y se pegaron en hojas de papel, luego se escanearon y una vez digitalizadas mediante el programa image J (Schneider *et al.*, 2012), se determinó el área foliar total y por estrato considerando la hoja bandera (HB), hoja bandera -1 (HB-1), hoja bandera -2 (HB-2), hoja bandera - 3 (HB-3). Con estos valores y los datos de severidad se determinó el índice de área foliar total (IAFT), índice de área foliar verde (IAFV), duración del área foliar verde (DAFV) y duración de área foliar verde de los estratos foliares de la HB (DAFVHB), HB-1 (DAFVHB-1), HB-2 (DAFVHB-2) y HB-3 (DAFVHB-3). Los valores de DAFV fueron calculados según la fórmula trapezoidal $DAF = \sum [LAI_i + LAI_{i+1}/2] \times (t_{i+1} - t_i)$ donde DAF se refiere a DAFV y $(t_{i+1} - t_i)$ es el intervalo entre dos evaluaciones sucesivas. Se determinó el porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) como la relación del índice de área foliar no verde (IAFNV) y el IAFT para cada EC evaluado en cada año. La tasa de incremento del

%AFNV se calculó para el total del ciclo de cultivo, realizando la diferencia entre el %AFNV en EC 82 y %AFNV en EC 39 en cada año de ensayo.

3.2.4. Cálculo del rendimiento, sus componentes y variables de calidad comercial

La cosecha se realizó en forma manual el 15 y 21 de diciembre para ambas campañas. En cada parcela, se determinaron los componentes del rendimiento EPM², GPE y PMG, así como el PH. Se cosecharon 3 m lineales de cada parcela y se contaron las espigas para establecer el número de EPM². De esas muestras, se tomaron 20 espigas, se trilló manualmente y se contaron sus granos con un contador mecánico. Los granos de esas espigas fueron pesados para calcular el PMG (g). El PH (kg hl⁻¹) fue determinado con la balanza Schopper, que mide un volumen de 250 cm³ y se convierte a través de una tabla de valores a PH. Se calculó el rendimiento de grano (kg ha⁻¹) en la cosecha mediante la trilla de los cinco surcos centrales de cada parcela.

3.2.5. Molienda y determinación de las variables de calidad panadera e industrial

Las muestras de granos de cada parcela fueron limpiadas, acondicionadas a 15.5% de humedad y molidas con el molino experimental Buhler MLU 202, extrayendo un porcentaje de harina de aproximadamente 70%. El porcentaje de N del grano se determinó con el método Microkjeldhal (A.O.A.C 1970) y la determinación de %CPG al multiplicar el contenido de N por el factor 5.7. Se determinó también el %GS y %GH con Glutomatic 2000 y propiedades reológicas (Alveógrafo de Chopin y Farinógrafo de Brabender).

Se realizaron ensayos de panificación únicamente en las muestras del año 2010 utilizando la norma IRAM (15858-1) y se determinó el volumen de los panes (V) (cm³) que se obtuvo por desplazamiento de semillas de colza en probetas graduadas, el peso del pan (Pe) con balanza digital, y el volumen específico (VE) como la relación del Pe y el V.

3.2.6. Análisis estadístico

Los datos de severidad de *Z. tritici*, ABCPE, IAF, IAFV, IAFNV, DAFV, %AFNV, duración del área foliar de los distintos estratos, RG, componentes del RG y valores de

calidad panadera e industrial fueron analizados con análisis de varianza (ANAVA) para diseño experimental parcela dividida para los dos años en conjunto con el programa Genstat 12 Ed (VSN, 2009). El año (A), los tratamientos de fungicida (Fu), tratamientos de fertilización (N) y cultivares (Cu) se consideraron efectos fijos y la repetición efectos aleatorios. Los datos se analizaron mediante un ANAVA para diseño de parcela dividida con el programa Genstat 12 ed. (VSN, 2009) y las medias se compararon utilizando el test de LSD ($P < 0,05$).

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Condiciones meteorológicas durante el período de cultivo

Los datos meteorológicos de los dos años de ensayo están presentados en la tabla 3.1, se incluyen datos climáticos de referencia para el período 1967-2008. Las precipitaciones variaron considerablemente entre los dos años. El año 2009 fue más húmedo que 2010 ya que se registraron 631 mm durante el período de cultivo, mientras que en 2010 hubo 344 mm acumulados. El valor de precipitación normal para la región durante el ciclo de trigo es de aproximadamente 461 mm. Los valores de temperatura y humedad relativa fueron similares entre los años de estudio y los valores de referencia. La distribución mensual de lluvias se presenta en la Figura 3.1 junto a valores de precipitación históricos para la región.

Tabla 3.1. Temperatura media, mínima y máxima ($^{\circ}\text{C}$), Humedad Relativa (%) durante el período de cultivo en 2009 y 2010 en La Plata y temperaturas de referencia (1967-2013).

| | 2009 | | | 2010 | | | 1967-2013 | | |
|-------------------|------------------------------------|------|------|------|------------------------------------|------|-----------|------|------------------------------------|
| | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | | | %HR | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | | | %HR | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) |
| | Media | Min | Máx | | Media | Min | Máx | | Media |
| Julio | 8,4 | 3,6 | 13,9 | 70,0 | 9,4 | 5,0 | 13,7 | 79,0 | 9,8 |
| Agosto | 12,9 | 7,4 | 18,8 | 70,0 | 9,8 | 4,6 | 15,2 | 76,0 | 11,1 |
| Septiembre | 11,5 | 6,9 | 16,3 | 76,0 | 13,1 | 8,5 | 18,2 | 78,0 | 12,9 |
| Octubre | 15,2 | 9,5 | 20,6 | 69,0 | 14,8 | 9,1 | 20,3 | 73,0 | 15,8 |
| Noviembre | 19,0 | 13,9 | 24,1 | 74,0 | 18,0 | 11,7 | 24,7 | 70,0 | 18,6 |
| Diciembre | 20,3 | 15,3 | 25,2 | 73,0 | 22,6 | 15,7 | 29,2 | 58,0 | 18,6 |
| Media | 14,5 | 9,4 | 19,8 | 72,0 | 14,6 | 9,1 | 20,2 | 72,3 | 18,6 |

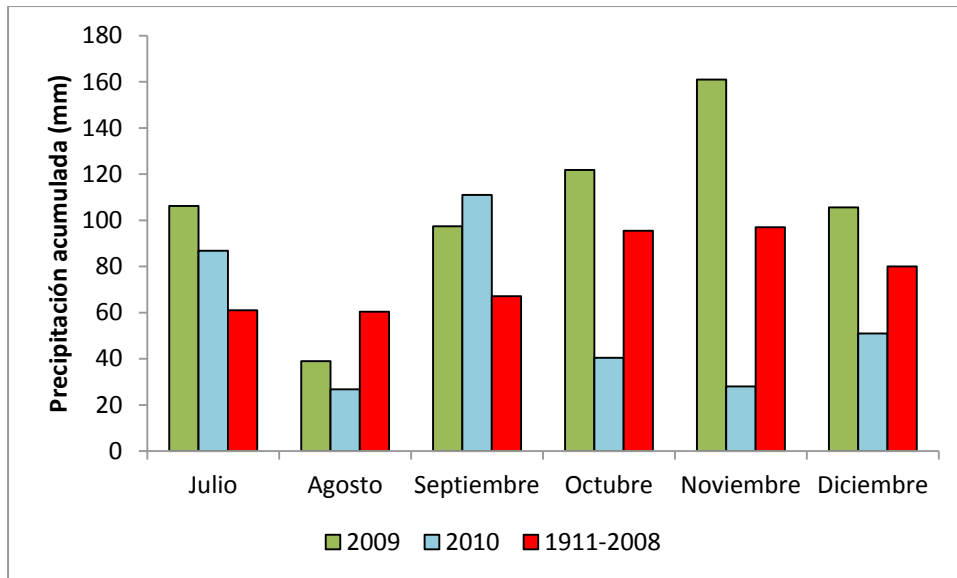


Figura 3.1. Distribución mensual de lluvias (mm acumulados) en el período de cultivo durante 2009 y 2010 y precipitación histórica en el período 1911-2008 en la Estación Experimental J. Hirschhorn

3.3.2. Severidad y ABCPE

En EC 39 no hubo diferencias estadísticamente significativas en la severidad entre los tratamientos de fungicidas y dosis de fertilizante N (Tabla 3.2) aunque se observó que la aplicación de fungicidas y N disminuyó la severidad levemente en comparación al tratamiento control (Anexo 13). Entre los cultivares se detectaron diferencias significativas siendo Bag. 10 el que presentó menor severidad y se diferenció estadísticamente de los otros cultivares. K. Escorpión fue el más afectado junto a B. Guapo y entre ellos no hubo diferencias. En EC 60 se encontraron diferencias significativas en todos los factores principales y la interacción A × N (Tabla 3.2). El valor medio de severidad fue mayor en 2009. Los fungicidas disminuyeron la severidad significativamente con respecto al tratamiento control. El aumento creciente de las dosis de N aplicado en cada tratamiento, provocó una disminución de la severidad observándose que a mayor N aplicado, se registró menor severidad de la enfermedad. La interacción A × N indicó que en el año húmedo (2009) las dosis crecientes de N disminuyeron significativamente la severidad mientras que en 2010 el N también disminuyó la

severidad pero sin presentar diferencias significativas entre dosis de N. Los cultivares mostraron diferencias significativas entre sí, siendo K. Escorpión el más afectado y Bag. 10 el cultivar menos afectado mientras que B. Guapo presentó un valor de severidad intermedio. En EC 82 se registraron diferencias significativas para el año, fungicidas, cultivares y las interacciones $A \times N$, $Fu \times N$ (Figura 3.2), $A \times Cu$, $N \times Cu$ y $A \times Fu \times Cu$ (Figura 3.3). La severidad fue mayor en 2009 y los fungicidas la disminuyeron significativamente sin evidenciar diferencias entre Nativo y Folicur. La interacción $A \times N$ indicó que en 2009 la severidad disminuyó con dosis crecientes de N y en 2010 se observó lo opuesto. Con respecto a la interacción $Fu \times N$ se observó que el efecto conjunto de N y Fu tendió a disminuir la severidad, estos efectos fueron significativos con la utilización de Nativo, habiendo diferencias entre 0N y 140N en tanto que sin fungicida se observó aumento de severidad con 140N (Figura 3.2). La interacción triple mostró que en los tres cultivares Nativo disminuyó significativamente la severidad con respecto a las parcelas sin fungicida mientras que Folicur también redujo la severidad pero sin diferenciarse estadísticamente de Nativo con diferencias de distinta magnitud y valores más bajos en 2010 (Figura 3.3).

En las tres evaluaciones realizadas los mayores valores de severidad se presentaron en el tratamiento sin fungicida (Anexo 13) y los menores valores se obtuvieron con el fungicida Nativo aunque no se registraron diferencias significativas entre los principios activos utilizados. Las medias de ABCPE fueron diferentes entre años, siendo significativamente mayores en 2009 con respecto a 2010 (Tabla 3.3). La aplicación de fungicidas influyó notablemente ocasionando una disminución del ABCPE en los tratamientos con control químico comparado al tratamiento control, aunque no se observaron diferencias entre los principios activos de los fungicidas. A mayor fertilización nitrogenada la severidad de la enfermedad disminuyó en forma significativa. Entre los cultivares se observaron diferencias, siendo K. Escorpión el cultivar más afectado por *Z. tritici* y Bag. 10 el menos afectado. También fue significativa la interacción $A \times N$ (Figura 3.4) mostrando que la enfermedad disminuyó con dosis crecientes de N aunque solo fue significativo en 2009 (Anexo 13 y Figura 3.4).

Tabla 3.2: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para severidad en EC 39, 60, 82 y ABCPE en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | Severidad EC 39 | | Severidad EC 60 | | Severidad EC 82 | | ABCPE | |
|--------------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 15938 | 0,301 | 27286 | 0,043 | 26594 | 0,030 | 95082551 | 0,001 |
| Error a | 2 | 8354 | | 1261 | | 829 | | 115780 | |
| Subparcela | | | | | | | | | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 958 | 0,274 | 4330 | 0,006 | 6802 | <0,001 | 14739275 | 0,003 |
| A x Fu | 2 | 280 | 0,655 | 1368 | 0,096 | 231 | 0,429 | 1460295 | 0,320 |
| Error b | 8 | 826 | | 429 | | 245 | | 1109458 | |
| Fertilización (N) | 2 | 503 | 0,182 | 3319 | <0,001 | 14,4 | 0,922 | 4766972 | <0,001 |
| A x N | 2 | 239 | 0,431 | 1272 | 0,008 | 4242 | <0,001 | 3554934 | <0,001 |
| Fu x N | 4 | 159 | 0,681 | 178 | 0,519 | 657 | 0,017 | 864997 | 0,083 |
| A x Fu x N | 4 | 66,3 | 0,912 | 132 | 0,657 | 307 | 0,173 | 227989 | 0,654 |
| Error c | 24 | 275 | | 215 | | 176 | | 368526 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 12815 | <0,001 | 2051 | <0,001 | 3281 | <0,001 | 16145104 | <0,001 |
| A x Cu | 2 | 363 | 0,396 | 653 | 0,083 | 1994 | <0,001 | 1269472 | 0,070 |
| Fu x Cu | 4 | 223 | 0,680 | 411 | 0,178 | 204 | 0,200 | 516842 | 0,352 |
| N x Cu | 4 | 270 | 0,595 | 313 | 0,303 | 467 | 0,011 | 866273 | 0,122 |
| A x Fu x Cu | 4 | 140 | 0,834 | 118 | 0,758 | 374 | 0,031 | 162672 | 0,840 |
| A x N x Cu | 4 | 755 | 0,111 | 325 | 0,284 | 12,9 | 0,983 | 252894 | 0,699 |
| Fu x N x Cu | 8 | 130 | 0,949 | 193 | 0,636 | 166 | 0,282 | 227641 | 0,856 |
| A x N x Fe x Cu | 8 | 204 | 0,832 | 108 | 0,901 | 24,9 | 0,992 | 136998 | 0,964 |
| Error d | 72 | 387 | | 253 | | 133 | | 459641 | |

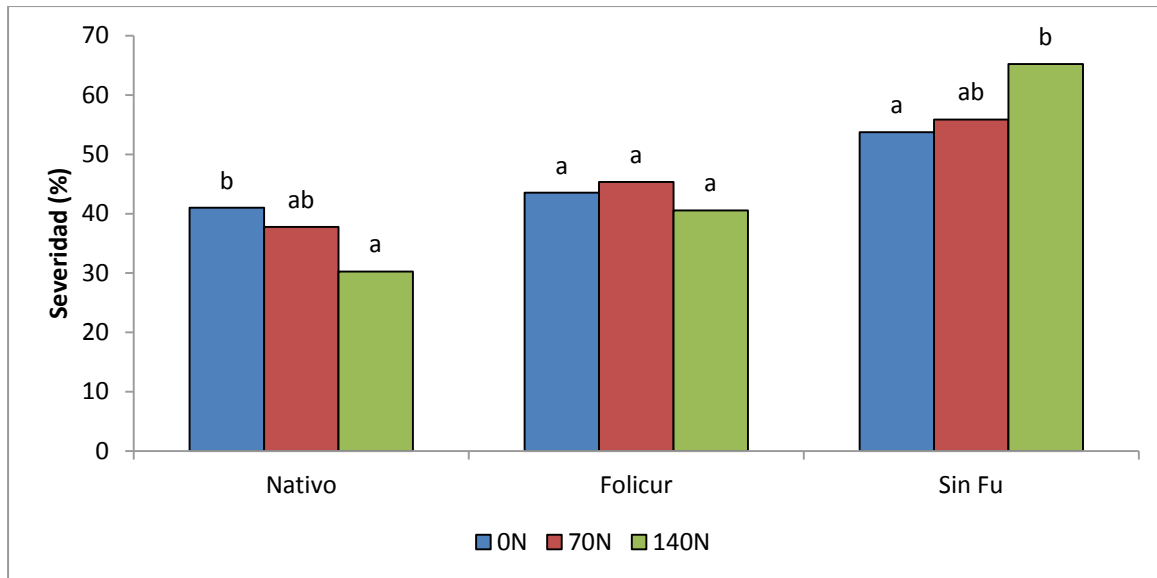


Figura 3.2: Medias de la interacción Fu × N para la severidad en EC 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras distintas entre dosis de N en cada tratamiento de fungicida indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

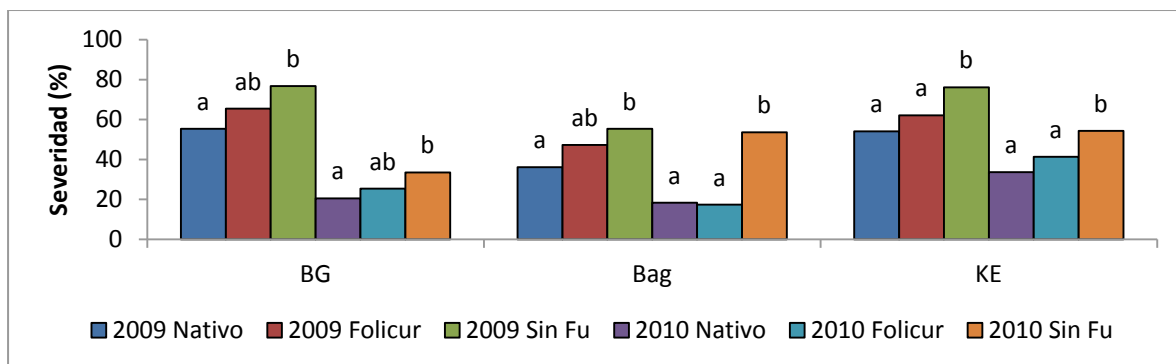


Figura 3.3: Medias de la interacción A × Fu × N para la severidad en EC 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de Fu en cada año y cultivar indican diferencias estadísticamente significativas con un nivel de significancia. $LSD < 0,05$.

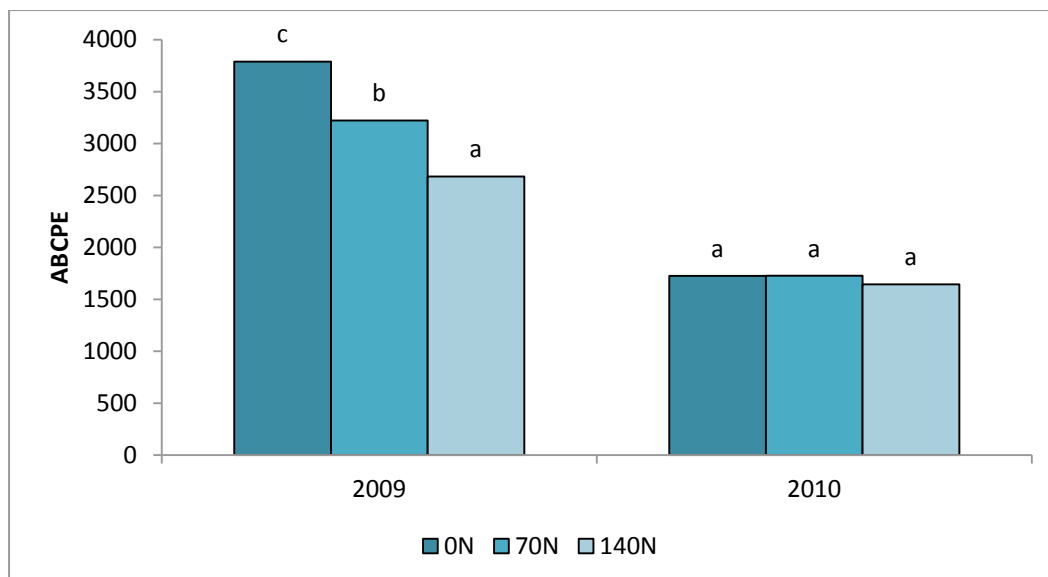


Figura 3.4: Medias de la interacción A × N de ABCPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

3.3.3. Dinámica del índice de área foliar total, índice de área foliar verde y duración del área foliar verde

El IAFT en los tres EC analizados fue mayor en 2009 en comparación con 2010 (Tabla 3.3) y (Anexo 14), las dosis crecientes de N aumentaron significativamente el área foliar. K. Escorpión presentó mayor área foliar en los tres EC, junto a B. Guapo y Bag. 10 presentó el menor valor. En EC 39 se observó una interacción significativa A × Fu × N (Tabla 3.3) (Figura 3.5) la cual mostró que en 2009 la aplicación de Nativo con dosis crecientes de N incrementaron en forma significativa el IAFT mientras que con la aplicación de Folicur no se observaron efectos y sin fungicida hubo un aumento del IAFT con la dosis mayor (140N). En 2010 con los dos fungicidas y las dosis crecientes de N hubo aumento significativo del área foliar y sin fungicida hubo incremento con la dosis mayor (Figura 3.5). En el IAFT en EC 60 se observaron los mismos resultados que en EC 39 y la interacción Fu × N mostró que las dosis crecientes de N aumentaron significativamente el área foliar en los tres tratamientos de fungicidas, así mismo la interacción N × Cu mostró el efecto significativo del N en los tres cultivares con efecto

diferencial entre ellos En EC 82 se observaron los mismos efectos del año, fungicida y N sobre el área foliar que se describieron en los otros EC. Al igual que lo observado en los distintos EC, la DAFT resultó afectada por el año, fungicida, N, cultivar e interacciones $Fu \times N$, $A \times Cu$, $N \times Cu$ y $Fu \times N \times Cu$ (Tabla 3.3). La interacción triple mostró que ante agregados crecientes de N la DAFT se incrementó con algunas diferencias de magnitud según el tratamiento de fungicida y el cultivar. (Figura 3.6). La interacción doble $A \times Cu$ mostró que en ambos años Bag. 10 presentó el menor valor, K. Escorpión el mayor y Bag. 10 tuvo una DAFT intermedio. En 2009 no hubo diferencias entre B. Guapo y K. Escorpión mientras que en 2010 se diferenciaron todos los cultivares (Figura 3.7).

El IAFV fue significativamente mayor en el año 2009 en comparación con el año 2010, la fertilización nitrogenada aumentó los valores a medida que se incrementó la dosis de N aplicado y el fungicida también incrementó el IAFV con respecto a las parcelas sin tratar en EC 39, 60 y 82 aunque sin evidenciar diferencias entre los principios activos utilizados (Anexo 15). Los cultivares también mostraron diferencias significativas en los tres EC evaluados, siendo K. Escorpión el que obtuvo mayor IAFV seguido por B. Guapo y Bag 10 presentó el menor valor medio. Las interacciones $A \times Cu$, $N \times Cu$ fueron significativas en los tres EC evaluados (Tabla 3.4). La interacción $A \times Cu$ en los tres EC indicó que según el estadio y el año los distintos cultivares variaron su ranking en IAFV. El N provocó aumentos diferenciales en todos los cultivares.

La interacción triple $Fu \times N \times Cu$ fue significativa en EC 60 y EC 82. Además, la interacción $A \times Fu \times N$ resultó significativa en EC 39 y $A \times N$ en EC 82 y se observaron los mismos resultados que en el IAFT. La DAFV fue significativamente mayor en 2009 (130 días) en comparación con 2010 (86 días), el fungicida incrementó la DAFV aunque no hubo diferencias entre los principios activos utilizados. A mayor dosis de N aplicado, se observaron aumentos significativos de la DAFV. Bag. 10 presentó el menor valor de DAFV y K. Escorpión el mayor valor. Las interacciones $A \times Cu$, $N \times Cu$ y $Fu \times N \times Cu$ resultaron significativas (Tabla 3.4). La interacción $A \times Cu$ mostró que en el año 2009 los valores de DAFV fueron más altos que en 2010 sin embargo no hubo diferencias entre los cultivares mientras que en 2010 los valores fueron menores y

significativamente distintos siendo K. Escorpión el que presentó mayor valor seguido por B. Guapo y Bag. 10 que tuvo menor DAFV (Figura 3.8). La interacción triple Fu × N × Cu (Figura 3.9) indicó que la DAFV se incrementó con la aplicación de N y fungicida aunque la magnitud fue diferencial (Figura 3.9).

Tabla 3.3: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar total (IAFT) y duración de área foliar total (DAFT) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | IAFT EC39 | | IAFT EC60 | | IAFT EC82 | | DAFT | |
|--------------------------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 1684129 | 0,012 | 102 | 0,040 | 2017402 | 0,014 | 142 | 0,017 |
| Error a | 2 | 2,02 | | 0,44 | | 0,29 | | 2440 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 1,92 | 0,007 | 0,98 | 0,084 | 0,82 | 0,018 | 4260 | 0,014 |
| A × Fu | 2 | 0,43 | 0,175 | 0,004 | 0,984 | 0,17 | 0,281 | 129 | 0,800 |
| Error b | 8 | 0,20 | | 0,28 | | 0,12 | | 564 | |
| Fertilización (N) | 2 | 8,86 | <0,001 | 259 | <0,001 | 508 | <0,001 | 58805 | <0,001 |
| A × N | 2 | 0,53 | 0,013 | 0,02 | 0,840 | 0,07 | 0,431 | 116 | 0,488 |
| Fu × N | 4 | 0,13 | 0,320 | 0,40 | 0,027 | 0,04 | 0,715 | 498 | 0,032 |
| A × Fu × N | 4 | 0,64 | 0,001 | 0,03 | 0,927 | 0,04 | 0,702 | 264 | 0,189 |
| Error c | 24 | 0,10 | | 0,12 | | 0,08 | | 158 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,90 | 0,027 | 38,2 | <0,001 | 0,18 | 0,074 | 6045 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 1,86 | <0,001 | 0,23 | 0,174 | 0,14 | 0,123 | 835 | 0,018 |
| Fu × Cu | 4 | 0,05 | 0,942 | 0,08 | 0,643 | 0,14 | 0,096 | 178 | 0,465 |
| N × Cu | 4 | 0,75 | 0,019 | 1,35 | <0,001 | 0,05 | 0,528 | 2091 | <0,001 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,37 | 0,193 | 0,06 | 0,761 | 0,02 | 0,859 | 208 | 0,383 |
| A × N × Cu | 4 | 0,32 | 0,259 | 0,05 | 0,797 | 0,05 | 0,608 | 239 | 0,311 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,35 | 0,171 | 0,34 | 0,013 | 0,24 | 0,001 | 555 | 0,009 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,23 | 0,462 | 0,04 | 0,971 | 0,01 | 0,987 | 116 | 0,783 |
| Error d | 72 | 0,24 | | 0,13 | | 0,07 | | 196 | |

Tabla 3.4: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde (IAFV) y duración de área foliar verde (DAFV) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | IAFV EC39 | | IAFV EC60 | | IAFV EC82 | | DAFV | |
|--------------------------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 1514089 | 0,012 | 12,8 | 0,089 | 1002544 | 0,005 | 79313 | 0,013 |
| Error a | 2 | 17.9 | | 0,13 | | 0,05 | | 1017 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 19.0 | 0,006 | 0,89 | 0,056 | 147 | <0,001 | 4725 | 0,002 |
| A × Fu | 2 | 0,39 | 0,182 | 0,04 | 0,813 | 0,02 | 0,735 | 16,3 | 0,950 |
| Error b | 8 | 0,18 | | 0,21 | | 0,07 | | 317 | |
| Fertilización (N) | 2 | 106 | <0,001 | 265 | <0,001 | 211 | <0,001 | 56083 | <0,001 |
| A × N | 2 | 0,31 | 0,096 | 0,06 | 0,628 | 0,33 | <0,001 | 242 | 0,219 |
| Fu × N | 4 | 0,10 | 0,494 | 0,27 | 0,113 | 0,15 | 0,003 | 161 | 0,390 |
| A × Fu × N | 4 | 0,46 | 0,015 | 0,03 | 0,900 | 0,02 | 0,526 | 218 | 0,246 |
| Error c | 24 | 0,12 | | 0,13 | | 0,03 | | 149 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,87 | 0,015 | 21,7 | <0,001 | 0,42 | <0,001 | 2459 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 16.186 | <0,001 | 0,64 | 0,004 | 0,40 | <0,001 | 1140 | 0,001 |
| Fu × Cu | 4 | 0,08 | 0,008 | 0,08 | 0,558 | 0,07 | 0,242 | 162 | 0,381 |
| N × Cu | 4 | 0,72 | 0,01 | 13,5 | <0,001 | 0,08 | 0,148 | 2109 | <0,001 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,38 | 0,111 | 0,02 | 0,924 | 0,02 | 0,740 | 129 | 0,500 |
| A × N × Cu | 4 | 0,29 | 0,219 | 0,08 | 0,535 | 0,03 | 0,714 | 282 | 0,130 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,36 | 0,078 | 0,31 | 0,008 | 0,15 | 0,003 | 506 | 0,003 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,17 | 0,526 | 0,03 | 0,982 | 0,003 | 1,000 | 58,3 | 0,928 |
| Error d | 72 | 0,20 | | 0,11 | | 0,05 | | 153 | |

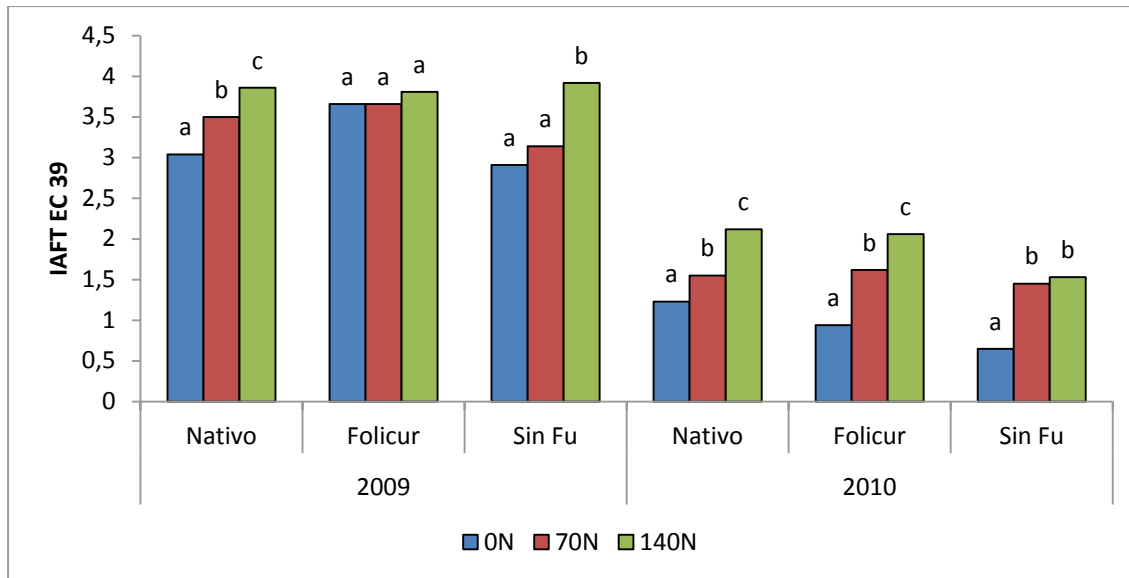


Figura 3.5: Medias de la interacción A × Fu × N para IAFT en EC 39 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida y año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

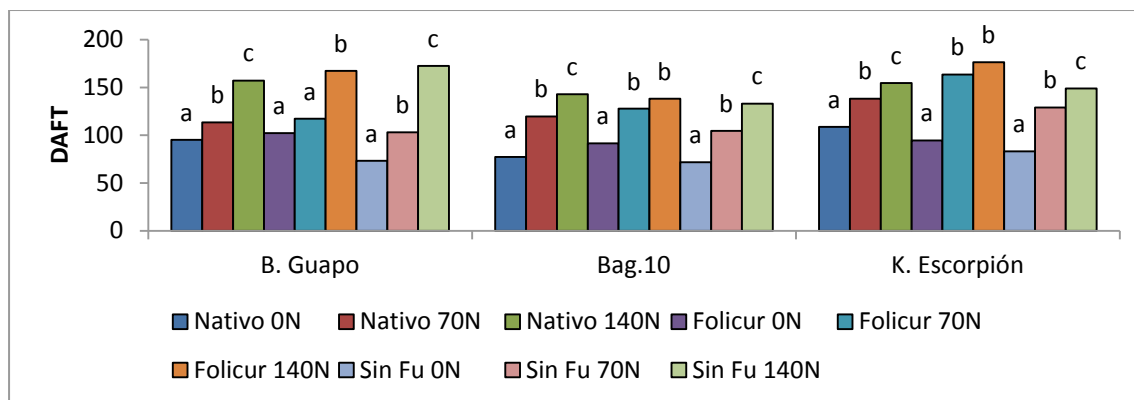


Figura 3.6: Medias de la interacción Fu × N × Cu para DAFT en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras distintas entre dosis de N en cada tratamiento de fungicida y cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

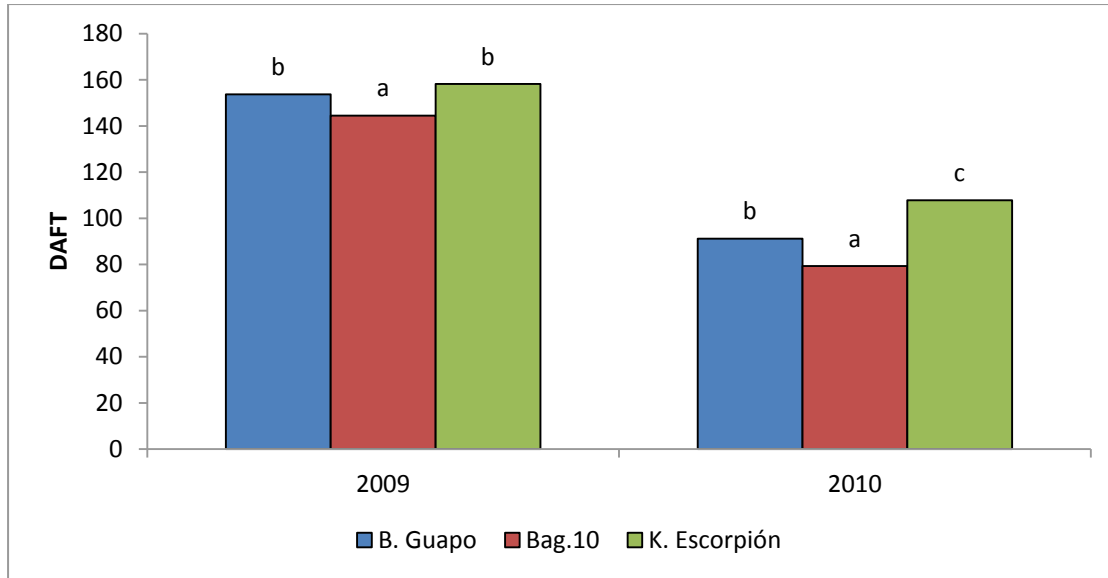


Figura 3.7: Medias de la interacción A × Cu para la DAFV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

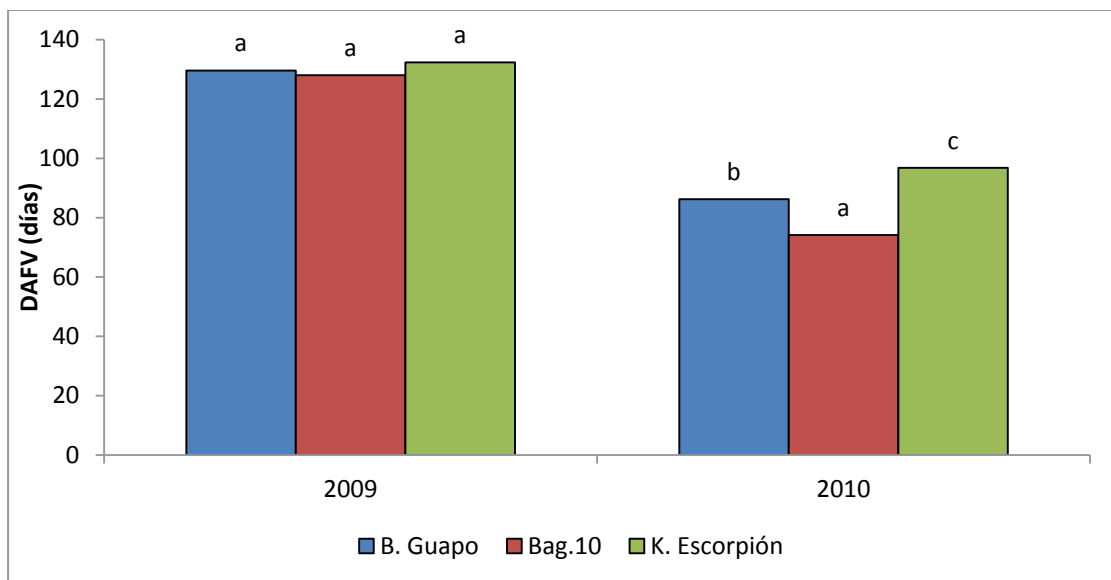


Figura 3.8: Medias de la interacción A × Cu para la DAFV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD $<0,05$ con un nivel de significancia $P < 0,05$.

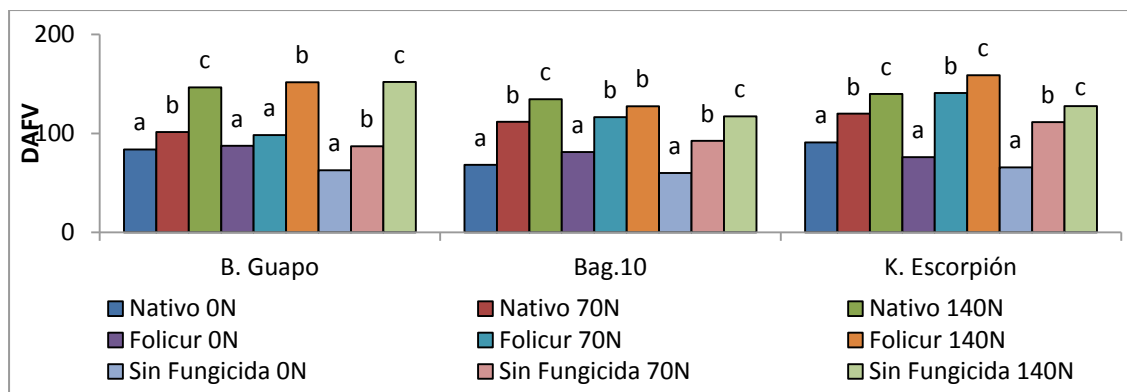


Figura 3.9: Medias de la interacción Fu \times N \times Cu para la DAFV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida y cultivar indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

3.3.4. Dinámica del índice de área foliar verde de los estratos foliares

El IAFV de los estratos foliares evaluados, mostró efectos del año, fungicida, N y cultivar. El IAFVHB (Tabla 3.5) (Anexo 17), IAFVHB-1 (Tabla 3.6) (Anexo 18) fue significativamente mayor en 2009 con respecto a 2010 mientras que el IAFVHB-2 (Tabla 3.7) presentó diferencias significativas para tratamientos de N, cultivar y la interacción A \times Cu en EC 39 y el IAFVHB-3 (Tabla 3.8) fue mayor en EC 60 y el N causó aumentos del IAFV en este estrato mientras que en el resto de los EC no mostró diferencias significativas. En la figura 3.11 se observa que el efecto de las dosis crecientes de N fue significativo en todos los estratos foliares, causando aumento del área foliar excepto en HB-3 en EC 39 y EC 82 en los que no se observaron diferencias.

3.3.5. Duración del área foliar verde de los estratos foliares

La DAFVHB y la DAFVHB-1 fue mayor en 2009 con respecto a 2010, el fungicida aumentó la DAFVHB pero no se observaron diferencias entre los principios activos (Anexos 17 y 18). Las dosis crecientes de N causaron aumento significativo de la DAFHB. Los cultivares B. Guapo y Bag.10 presentaron el menor valor y se distinguieron en forma significativa de K. Escorpión que obtuvo el mayor valor. Las

medias de la interacción triple A × N × Cu de la DAFVHB aumentaron significativamente con las dosis crecientes de N en ambos años para los cultivares B. Guapo y Bag.10. Así mismo se observó el mismo efecto para K. Escorpión en 2009 mientras que en 2010 la dosis 0N se diferenció de 70 y 140N que no mostraron diferencias (Figura 3.11). La DAFVHB-1 presentó interacciones significativas, en Fu × N se observó que el agregado de N aumentó significativamente para cada tratamiento de fungicida. El IAFVHB-2 (Anexo 19) e IAFHB-3 (Anexo 20) aumentaron con dosis crecientes de N.

Tabla 3.5: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFVHB) y duración de área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | IAFVHB EC39 | | IAFVHB EC60 | | IAFVHB EC82 | | DAFVHB | |
|--------------------------|-------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 3405131 | 0,007 | 322 | 0,039 | 413 | 0,012 | 32919 | 0,009 |
| Error a | 2 | 0,23 | | 0,13 | | 0,05 | | 291 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 0,56 | 0,003 | 0,17 | 0,157 | 0,32 | 0,066 | 1134 | 0,014 |
| A × Fu | 2 | 0,22 | 0,039 | 0,04 | 0,570 | 0,01 | 0,920 | 1,08 | 0,999 |
| Error b | 8 | 0,04 | | 0,07 | | 0,08 | | 148 | |
| Fertilización (N) | 2 | 209.108 | <0,001 | 505 | <0,001 | 174 | <0,001 | 13,0 | <0,001 |
| A × N | 2 | 0,05 | 0,134 | 0,07 | 0,152 | 0,28 | <0,001 | 179 | 0,045 |
| Fu × N | 4 | 0,03 | 0,362 | 0,00 | 0,971 | 0,07 | 0,053 | 21,4 | 0,792 |
| A × Fu × N | 4 | 0,07 | 0,053 | 0,02 | 0,746 | 0,02 | 0,636 | 75,1 | 0,245 |
| Error c | 24 | 0,02 | | 0,04 | | 0,03 | | 50,9 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,51 | <0,001 | 0,19 | <0,001 | 0,26 | <0,001 | 444 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 0,02 | 0,674 | 0,54 | <0,001 | 0,39 | <0,001 | 969 | <0,001 |
| Fu × Cu | 4 | 0,08 | 0,104 | 0,00 | 0,953 | 0,03 | 0,353 | 35,3 | 0,448 |
| N × Cu | 4 | 0,12 | 0,022 | 0,22 | <0,001 | 0,02 | 0,557 | 295 | <0,001 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,10 | 0,044 | 0,02 | 0,526 | 0,03 | 0,417 | 31,2 | 0,513 |
| A × N × Cu | 4 | 0,05 | 0,287 | 0,06 | 0,027 | 0,01 | 0,791 | 153 | 0,005 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,08 | 0,045 | 0,04 | 0,055 | 0,03 | 0,417 | 53,9 | 0,201 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,07 | 0,085 | 0,03 | 0,219 | 0,01 | 0,947 | 38,4 | 0,431 |
| Error d | 72 | 0,04 | | 0,02 | | 0,03 | | 37,83 | |

Tabla 3.6: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (IAFVHB-1) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (DAFVHB-1) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| | | IAFVHB-1 EC39 | | IAFVHB-1 EC60 | | IAFVHB-1 EC82 | | DAFVHB-1 | |
|--------------------------|-------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|----------|--------|
| Fuente de variación | de gl | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 2068061 | 0,007 | 100 | 0,005 | 1376575 | <0,001 | 15027 | 0,004 |
| Error a | 2 | 0,15 | | 0,004 | | 0,0005 | | 59,6 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 0,24 | 0,006 | 0,14 | 0,014 | 0,27 | <0,001 | 681 | <0,001 |
| A × Fu | 2 | 0,07 | 0,114 | 0,01 | 0,647 | 0,002 | 0,807 | 9,66 | 0,734 |
| Error b | 8 | 0,02 | | 0,02 | | 0,01 | | 30,1 | |
| Fertilización (N) | 2 | 168 | <0,001 | 255 | <0,001 | 0,02 | 0,016 | 5219 | <0,001 |
| A × N | 2 | 0,05 | 0,022 | 0,0006 | 0,943 | 0,003 | 0,410 | 12,3 | 0,362 |
| Fu × N | 4 | 0,03 | 0,069 | 0,050 | 0,003 | 0,02 | 0,004 | 36,4 | 0,034 |
| A × Fu × N | 4 | 0,05 | 0,007 | 0,002 | 0,936 | 0,003 | 0,511 | 11,5 | 0,431 |
| Error c | 24 | 0,01 | | 0,01 | | 0,003 | | 11,6 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,24 | <0,001 | 0,33 | <0,001 | 0,09 | <0,001 | 510 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 0,15 | 0,002 | 0,02 | 0,323 | 0,003 | 0,649 | 28,0 | 0,295 |
| Fu × Cu | 4 | 0,02 | 0,371 | 0,02 | 0,200 | 0,02 | 0,027 | 58,5 | 0,044 |
| N × Cu | 4 | 0,16 | <0,001 | 0,12 | <0,001 | 0,02 | 0,036 | 225 | <0,001 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,05 | 0,064 | 0,01 | 0,802 | 0,002 | 0,902 | 27,9 | 0,304 |
| A × N × Cu | 4 | 0,05 | 0,056 | 0,01 | 0,655 | 0,002 | 0,897 | 41,2 | 0,134 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,03 | 0,317 | 0,06 | 0,002 | 0,03 | 0,004 | 88,5 | <0,001 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,02 | 0,438 | 0,002 | 0,997 | 0,001 | 0,991 | 10,9 | 0,862 |
| Error d | 72 | 0,02 | | 0,02 | | 0,01 | | 22,6 | |

Tabla 3.7: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-2) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (DAFVHB-2) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | IAFVHB-2 EC39 | | IAFVHB-2 EC60 | | IAFVHB-2 EC82 | | DAFVHB-2 | |
|--------------------------|-------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 428 | 0,052 | 0,00 | | 0,00 | | 1096 | 0,052 |
| Error a | 2 | 0,24 | | 0,00 | | 0,00 | | 61,8 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 0,01 | 0,836 | 0,06 | 0,200 | 0,001 | 0,199 | 74,9 | 0,297 |
| A × Fu | 2 | 0,05 | 0,496 | 0,00 | 1,000 | 0,00 | 1,000 | 13,2 | 0,784 |
| Error b | 8 | 0,07 | | 0,029 | | 0,0007 | | 52,8 | |
| Fertilización (N) | 2 | 0,29 | 0,003 | 147 | <0,001 | 0,001 | 0,018 | 2142 | <0,001 |
| A × N | 2 | 0,09 | 0,140 | 0,00 | 1,000 | 0,00 | 1,000 | 21,8 | 0,350 |
| Fu × N | 4 | 0,04 | 0,484 | 0,054 | 0,03 | 0,0004 | 0,358 | 86,3 | 0,009 |
| A × Fu × N | 4 | 0,05 | 0,357 | 0,00 | 1,000 | 0,00 | 1,000 | 11,7 | 0,673 |
| Error c | 24 | 0,04 | | 0,02 | | 0,00 | | 19,9 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,41 | 0,003 | 0,13 | 0,003 | 0,0003 | 0,006 | 196 | 0,005 |
| A × Cu | 2 | 0,65 | <0,001 | 0,00 | 1,000 | 0,003 | 1,000 | 165 | 0,011 |
| Fu × Cu | 4 | 0,12 | 0,136 | 0,01 | 0,783 | 0,00 | 0,070 | 31,3 | 0,466 |
| N × Cu | 4 | 0,10 | 0,213 | 0,07 | 0,010 | 0,001 | 0,149 | 163 | 0,002 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,16 | 0,051 | 0,00 | 1,000 | 0,001 | 1,000 | 40,9 | 0,327 |
| A × N × Cu | 4 | 0,10 | 0,178 | 0,00 | 1,000 | 0,00 | 1,000 | 26,6 | 0,550 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,07 | 0,430 | 0,03 | 0,256 | 0,00 | 0,696 | 40,0 | 0,382 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,06 | 0,446 | 0,00 | 1,000 | 0,0004 | 1,000 | 16,3 | 0,872 |
| Error d | 72 | 0,06 | | 0,02 | | 0,0006 | | 34,6 | |

Tabla 3.8. Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para índice de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (IAFVHB-3) y duración de área foliar verde de la hoja bandera menos tres (DAFVHB-3) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | de gl | IAFVHB-3 EC39 | | IAFVHB-3 EC60 | | DAFVHB-3 | |
|--------------------------|-------|---------------|--------|---------------|----------|----------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 0,03 | 0,274 | 0,35 | 0,00 | 259 | 0,01 |
| Error a | 2 | 0,01 | | 0,00 | | 3,51 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 0,003 | 0,371 | 0,00 | 0,80 | 6,99 | 0,38 |
| A × Fu | 2 | 0,001 | 0,619 | 0,00 | 0,97 | 0,40 | 0,94 |
| Error b | 8 | 0,003 | | 0,01 | | 6,33 | |
| Fertilización (N) | 2 | 0,0005 | 0,906 | 0,07 | 0,03 | 66,4 | 0,05 |
| A × N | 2 | 0,01 | 0,116 | 0,00 | 0,97 | 3,58 | 0,83 |
| Fu × N | 4 | 0,003 | 0,691 | 0,01 | 0,84 | 8,03 | 0,80 |
| A × Fu × N | 4 | 0,007 | 0,287 | 0,00 | 1,00 | 2,56 | 0,97 |
| Error c | 24 | 0,01 | | 0,02 | | 19,3 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 0,01 | 0,130 | 0,03 | 0,28 | 29,1 | 0,38 |
| A × Cu | 2 | 0,00 | 0,960 | 0,00 | 0,99 | 0,08 | 1,00 |
| Fu × Cu | 4 | 0,00 | 0,558 | 0,02 | 0,60 | 35,3 | 0,33 |
| N × Cu | 4 | 0,01 | 0,425 | 0,01 | 0,79 | 22,2 | 0,57 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,01 | 0,085 | 0,00 | 1,00 | 2,85 | 0,98 |
| A × N × Cu | 4 | 0,00 | 0,897 | 0,00 | 1,00 | 1,45 | 1,00 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,00 | 0,686 | 0,02 | 0,70 | 28,3 | 0,48 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,00 | 0,630 | 0,00 | 1.000,00 | 2,26 | 1.000 |
| Error d | 72 | 0,01 | | 0,03 | | 29,85 | |

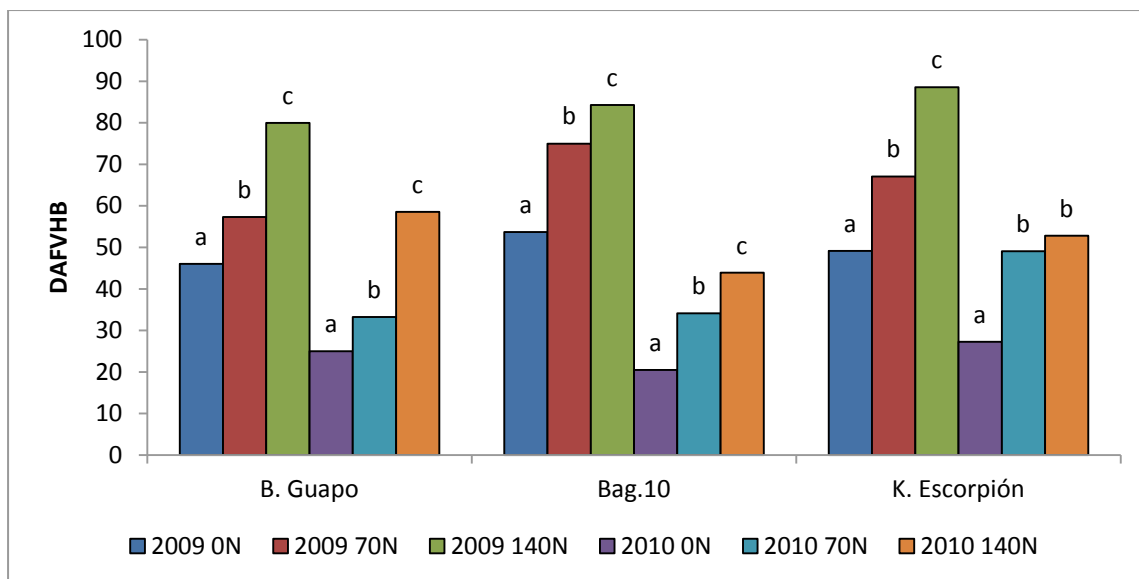


Figura 3.10: Medias de la interacción A × N × Cu de DAFVHB en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada año y cada cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

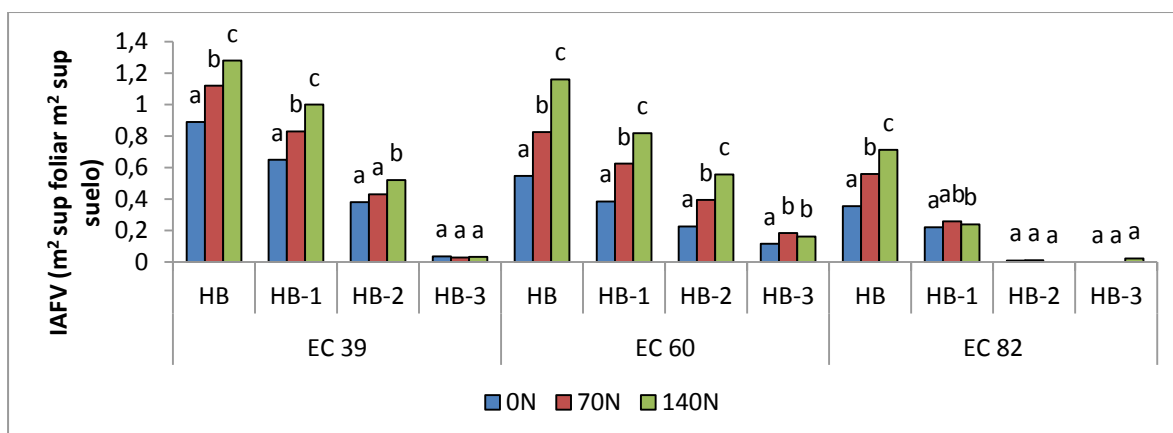


Figura 3.11: Medias de IAFV por estratos: Hoja bandera (HB), hoja por debajo de la HB (HB-1), hoja por debajo de la HB-1 (HB-2) y hoja por debajo de la HB-2 (HB-3) en EC 39, 60 y 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada estrato foliar y cada EC indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

3.3.6. Porcentaje de área foliar no verde (%AFNV)

La tabla de ANAVA (Tabla 3.9) muestra que en EC 39 el %AFNV fue influenciado significativamente por el año, siendo mayor en 2009 con respecto a 2010, las dosis crecientes de N disminuyeron el %AFNV y la interacción A × Cu indicó que en 2009 no hubo diferencias entre cultivares mientras que en 2010 Bag. 10 presentó el menor valor y se diferenció de B. Guapo y K. Escorpión que presentaron mayor proporción de área no verde (Anexo 16). En EC 60 el año, fertilizante, cultivar e interacciones A × N y A × Cu y Fe × Cu fueron significativas. En 2009 el aumento creciente de N disminuyó significativamente el %AFNV mientras que en 2010 no se observaron diferencias (Figura 3.12). Bag. 10 presentó menor %AFNV en 2009 y se diferenció de los otros cultivares. En 2010 el cultivar que mostró mayor %AFNV fue K. Escorpión.

En EC 82 hubo menores %AFNV en los tratamientos con fungicida aunque no se evidenciaron diferencias entre los principios activos aplicados. La interacción Fu × N mostró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos de fertilización cuando se aplicó fungicida. Contrariamente sin fungicida el agregado de N causó aumento significativo del %AFNV (Figura 3.13).

Del mismo modo, la tasa de incremento del %AFNV fue influenciada por el fungicida, el fertilizante, el cultivar, y las interacciones A × Fu, A × N y Fu × N. El fungicida Nativo disminuyó significativamente el %AFNV con respecto al tratamiento sin fungicida mientras que Folicur no ocasionó cambios (Figura 3.14). La interacción Fu × N mostró que no hubo diferencias significativas entre tratamientos de fertilización cuando se aplicó fungicida y sin fungicida la tasa de incremento de %AFNV aumentó en forma notoria (Figura 3.15).

Tabla 3.9: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para porcentaje de área foliar no verde (%AFNV) y tasa de incremento de %AFNV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | gl | %AFNV EC39 | | %AFNV EC60 | | %AFNV EC82 | | Tasa Incremento | |
|--------------------------|----|------------|--------|------------|--------|------------|--------|-----------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 85,0 | 0,012 | 8957 | 0,014 | 0,00 | 0,993 | 87,1 | 0,458 |
| Error a | 2 | 1,04 | | 127 | | 126 | | 104 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 11,6 | 0,730 | 98,9 | 0,262 | 3648 | 0,014 | 3259 | 0,035 |
| A × Fu | 2 | 6,94 | 0,827 | 46,9 | 0,501 | 404 | 0,463 | 509 | 0,475 |
| Error b | 8 | 35,5 | | 62,1 | | 476 | | 622 | |
| Fertilización (N) | 2 | 164 | <0,001 | 726 | <0,001 | 175 | 0,406 | 665 | 0,061 |
| A × N | 2 | 15,7 | 0,322 | 513,31 | <0,001 | 1394 | 0,003 | 1114 | 0,013 |
| Fu × N | 4 | 2,17 | 0,954 | 20,89 | 0,521 | 656 | 0,020 | 674 | 0,031 |
| A × Fu × N | 4 | 16,5 | 0,316 | 4,18 | 0,954 | 246 | 0,292 | 282 | 0,284 |
| Error c | 24 | 13,2 | | 25,28 | | 187 | | 210 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 31,5 | 0,142 | 246,22 | <0,001 | 6445 | <0,001 | 6714 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 86,1 | 0,006 | 212,93 | <0,001 | 1697 | <0,001 | 2084 | <0,001 |
| Fu × Cu | 4 | 6,55 | 0,796 | 0,94 | 0,992 | 335 | 0,126 | 305 | 0,179 |
| N × Cu | 4 | 23,6 | 0,211 | 50,88 | 0,010 | 367 | 0,097 | 364 | 0,114 |
| A × Fu × Cu | 4 | 9,91 | 0,642 | 16,90 | 0,324 | 308 | 0,156 | 419 | 0,075 |
| A × N × Cu | 4 | 43,4 | 0,034 | 22,67 | 0,186 | 49,5 | 0,893 | 35,3 | 0,944 |
| Fu × N × Cu | 8 | 14,7 | 0,492 | 18,01 | 0,276 | 213 | 0,318 | 219 | 0,334 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 13,1 | 0,578 | 16,71 | 0,327 | 49,5 | 0,972 | 39,3 | 0,998 |
| Error d | 72 | 15,7 | | 14,24 | | 179 | | 188 | |

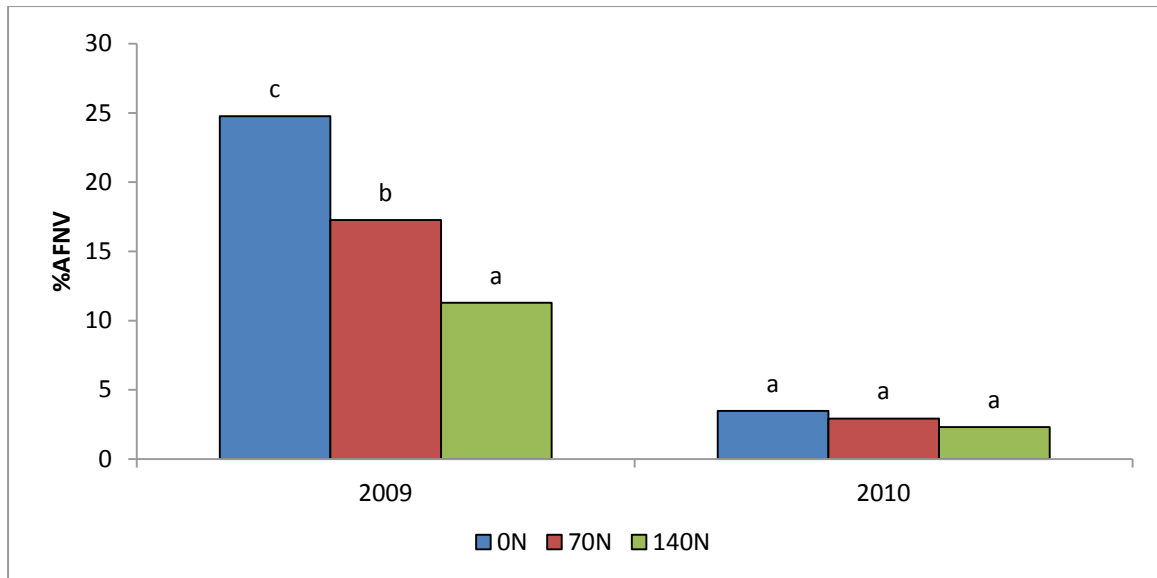


Figura 3.12: Medias de la interacción A × N de % área foliar no verde (%AFNV) en EC 60 de tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

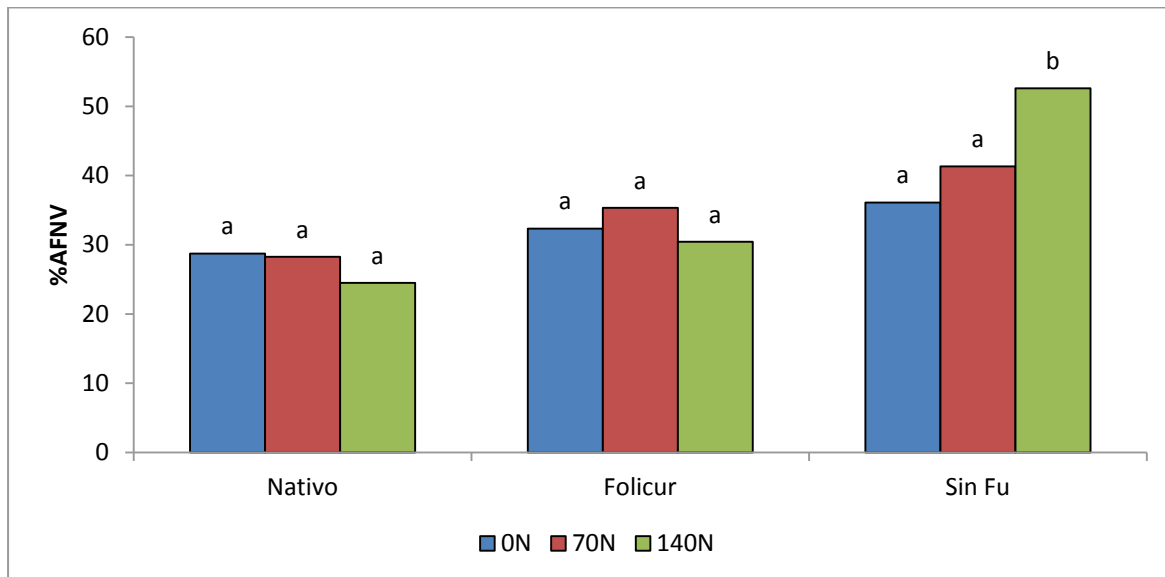


Figura 3.13: Medias de la interacción Fu × N para % área foliar no verde (%AFNV) en EC 82 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada

fungicida indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

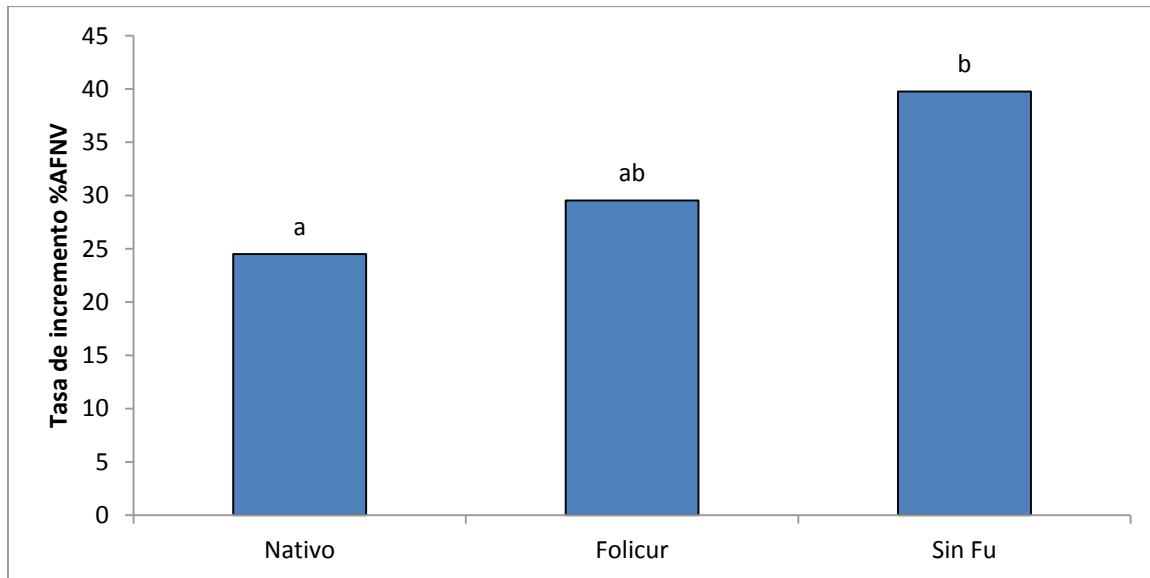


Figura 3.14: Medias de Tasa de incremento de %AFNV EC 82- EC 39 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de fungicidas indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $<0,05$.

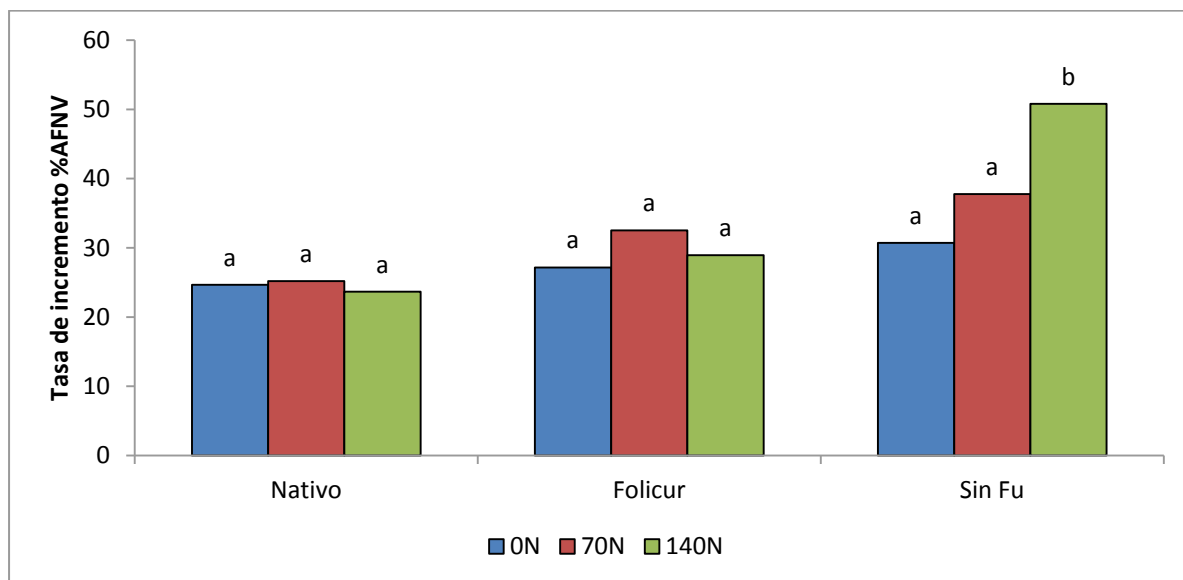


Figura 3.15: Medias de la interacción $Fu \times N$ para Tasa de incremento de %AFNV en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y

tres dosis de N en dos años. Las letras distintas entre dosis de N en cada tratamiento de fungicida indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

3.3.7. El rendimiento de grano y sus componentes

La respuesta del RG al tipo de fungicida, dosis de N y cultivares se presenta en la tabla 3.10. Los resultados de rendimiento (Anexo 21) revelan que los valores medios se incrementaron en aquellas parcelas tratadas con fungicida aunque sin diferencias entre principios activos (Anexo 21). Por otro lado, se encontraron diferencias entre cultivares. Las medias muestran que el cultivar Bag. 10 tuvo el rendimiento más alto (6933 kg ha^{-1}) comparado con B. Guapo y K. Escorpión que no difirieron entre ellos (6193 y 5909 kg ha^{-1} respectivamente). La dosis de fertilizante N tuvo un efecto significativo en el RG. En este estudio, ocurrieron interacciones entre $A \times N$ (Figura 3.16). En 2009 el máximo valor de rendimiento fue alcanzado con la dosis 70N (7759 kg ha^{-1}), mientras que en 2010 el valor máximo fue obtenido con 140N (7299 kg ha^{-1}). Sin embargo, en ambos años, el rendimiento se incrementó con dosis crecientes de N. Con respecto a los componentes del rendimiento las EPM^2 resultaron modificadas significativamente por el fertilizante N, el cultivar y las interacciones $A \times N$, $\text{Fu} \times N$ y $A \times \text{Cu}$ (Tabla 3.6 y 3.7). En 2009 hubo más EPM^2 que en 2010, el fungicida no mostró diferencias entre los tratamientos aunque los valores fueron mayores en los tratamientos protegidos (Anexo 21). El N incidió significativamente en el número de EPM^2 , a mayor dosis de N, mayor cantidad de EPM^2 . B. Guapo presentó el mayor número de EPM^2 y Bag. 10 el menor número. K. Escorpión tuvo valores intermedios y no se diferenció de los otros cultivares. En la interacción $A \times N$ se observó que en ambos años, el número de EPM^2 aumentó con el agregado de N, aunque en 2009 solo se diferenció la dosis 0N, de 70 N y 140N, y fue más notorio en 2010 en el cual las medias de los tres niveles de N se diferenciaron entre sí (Figura 3.17). El análisis de la interacción $\text{Fu} \times N$ permitió observar que con la aplicación de Nativo y Folicur, al incrementar el N las EPM^2 aumentaron con diferencias significativas entre la dosis N0 y las dosis N70-140N. En el tratamiento sin fungicida al aplicar dosis crecientes de N, hubo un aumento significativo de EPM^2 , diferenciándose entre todos los tratamientos y se observó el

mayor incremento entre la dosis 0N y 140N (Figura 3.18). La interacción A × Cu mostró que en 2009 hubo mayor cantidad de EPM² en todos los cultivares en comparación a 2010. En 2009 K. Escorpión obtuvo la menor cantidad de EPM² y se diferenció de B. Guapo que obtuvo la mayor cantidad. En 2010 Bag. 10 obtuvo el menor número de EPM² y se diferenció de B. Guapo y K. Escorpión que obtuvieron valores similares (Figura 3.19).

El año, el N, el cultivar y las interacciones dobles A × N, A × Fu, Fu × N, A × Cu y la interacción triple A × Fu × Cu causaron efectos significativos en GPE (Tablas 3.5 y 3.7). El valor medio de GPE fue superior en 2010 y no hubo diferencias entre tratamientos de fungicidas. Asimismo, la dosis creciente de N causó un aumento significativo en el número de GPE (Anexo 21). El cultivar Bag. 10 registró el mayor número de GPE y se diferenció de B. Guapo y K. Escorpión que presentaron menores valores y no difirieron entre ellos según el test de LSD (P<0,05). En la interacción A × Fu × N se observó en 2009 que la aplicación de Nativo y Folicur con dosis crecientes de N, aumentó los GPE aunque sin diferencias entre los tratamientos de N (Figura 3.20). Sin embargo, sin fungicida y con aplicaciones crecientes de N, los GPE aumentaron pero se evidenciaron diferencias entre 0N y las dosis 70 y 140 N que fueron similares. En 2010 la aplicación de Nativo y dosis crecientes de N provocó aumentos en los GPE con diferencias entre los tratamientos de N. De la misma forma con Folicur también hubo incremento en el número de GPE observándose diferencias entre las dosis 0N y 70 N mientras que sin fungicida aumentaron los GPE con aplicación de N y solo se diferenció la dosis 140 N de las otras dos.

En 2009 hubo diferencias entre los cultivares B. Guapo que obtuvo el mayor valor y K. Escorpión que registró menor número de GPE, Bag. 10 tuvo un valor intermedio. En 2010 se detectaron diferencias significativas entre los tres cultivares siendo Bag. 10 el que tuvo más GPE seguido por K. Escorpión y B. Guapo. B. Guapo presentó valores similares para ambos años, mientras que Bag. 10 y K. Escorpión tuvo más GPE en 2010 (Figura 3.21).

El año, el N, el cultivar y las interacciones Fu × N, A × Cu y la interacción triple A × Fu × N afectaron significativamente el PMG (Tablas 3.6 y 3.7). El PMG fue mayor en 2010.

La aplicación de diferentes dosis de fertilizante N incidió significativamente sobre el PMG, mostrando diferencias entre los tres niveles de fertilización. A mayor dosis de N, menor PMG (Anexo 21). Los cultivares difirieron en este valor en forma altamente significativa, siendo Bag. 10 el que presentó menor PMG seguido por K. Escorpión y B. Guapo que tuvo el mayor PMG. El análisis de la interacción A × Cu muestra que todos los cultivares tuvieron mayor PMG en 2010 y se diferenciaron entre ellos. En 2009, K. Escorpión se diferenció de los otros dos cultivares (Figura 3.22). La interacción triple A × Fu × N mostró que en 2009 el fungicida Nativo disminuyó el PMG con aumentos crecientes de N aunque sin diferencias entre tratamientos N, Folicur también provocó disminuciones en este componente con el agregado de N aunque no hubo diferencias entre las dosis 70N y 140N. Sin fungicida y con el agregado de N también disminuyó el PMG, siendo el valor medio de PMG en N0 el que se diferenció de los otros dos tratamientos (Figura 3.23).

El peso hectolátrico (PH) fue significativamente mayor en 2010 (78,7 kg hl⁻¹) con respecto a 2009 (74,7 kg hl⁻¹) (Anexo 22). El N también afectó el PH disminuyendo con dosis crecientes de fertilizante. Los cultivares mostraron diferencias altamente significativas entre ellos, siendo Bag. 10 el que presentó el menor PH (72.5 kg hl⁻¹), seguido por B. Guapo (76,8 kg hl⁻¹) y K. Escorpión (80,8 kg hl⁻¹). También se encontraron dos interacciones significativas A × N y A × Cu (Tabla 3.10). En 2009 las dosis crecientes de N disminuyeron el PH en forma significativa diferenciándose todos los valores mientras que en 2010 hubo diferencias entre los valores de PH en la dosis 140N que fue menor y la dosis 70N en la cual el PH fue mayor.

Asimismo la interacción A × Cu mostró diferencias siendo Bag. 10 el cultivar que tuvo el menor PH y se diferenció de B. Guapo y K. Escorpión que tuvieron mayores valores en ambos años, aunque en 2010 los valores medios fueron mayores (Anexo 22).

Tabla 3.10: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para RG (rendimiento de grano) y sus componentes en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | gl | RG(Kg ha ⁻¹) | | EPM ² | | GPE | | PMG (g) | | PH (kg hl ⁻¹) | |
|------------------------|----|--------------------------|--------|------------------|--------|------|--------|---------|--------|---------------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 91858260 | 0,127 | 1178567 | 0,065 | 1558 | 0,039 | 2247 | 0,035 | 658 | 0,009 |
| Error a | 2 | 14378967 | | 84760 | | 64,6 | | 82,0 | | 1,27 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 46836660 | 0,004 | 15039 | 0,388 | 47,4 | 0,237 | 79,3 | 0,240 | 1,45 | 0,735 |
| A × Fu | 2 | 5854610 | 0,293 | 2594 | 0,835 | 26,0 | 0,426 | 27,9 | 0,570 | 1,40 | 0,743 |
| Error b | 8 | 4075683 | | 14093 | | 27,4 | | 46,2 | | 4,53 | |
| Fertilización (N) | 2 | 68611219 | <0,001 | 181128 | <0,001 | 512 | <0,001 | 289 | <0,001 | 40,7 | <0,001 |
| A × N | 2 | 32103403 | <0,001 | 37920 | 0,011 | 127 | 0,010 | 39,3 | 0,098 | 23,2 | <0,001 |
| Fu × N | 4 | 1285039 | 0,421 | 20585 | 0,041 | 93,8 | 0,011 | 158 | <0,001 | 1,59 | 0,159 |
| A × Fu × N | 4 | 955170 | 0,566 | 4764 | 0,611 | 64,3 | 0,048 | 3,71 | 0,017 | 1,42 | 0,201 |
| Error c | 24 | 1269429 | | 6977 | | 22,8 | | 15,3 | | 0,88 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 15081439 | 0,004 | 55483 | 0,010 | 475 | <0,001 | 639 | <0,001 | 935 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 1528465 | 0,542 | 59470 | 0,007 | 588 | <0,001 | 424 | <0,001 | 39,1 | 0,002 |
| Fu × Cu | 4 | 2150108 | 0,487 | 4894 | 0,783 | 32,8 | 0,483 | 9,52 | 0,870 | 1,05 | 0,950 |
| N × Cu | 4 | 811058 | 0,858 | 8048 | 0,584 | 28,1 | 0,559 | 21,7 | 0,590 | 12,4 | 0,092 |
| A × Fu × Cu | 4 | 2666773 | 0,374 | 7179 | 0,637 | 59,2 | 0,187 | 16,3 | 0,712 | 4,36 | 0,571 |
| A × N × Cu | 4 | 4373020 | 0,145 | 15041 | 0,264 | 42,6 | 0,343 | 63,5 | 0,094 | 13,6 | 0,068 |
| Fu × N × Cu | 8 | 1734232 | 0,690 | 13110 | 0,331 | 18,7 | 0,850 | 43,8 | 0,200 | 4,49 | 0,640 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 1100039 | 0,890 | 1901 | 0,994 | 28,3 | 0,640 | 39,4 | 0,266 | 6,8 | 0,339 |
| Error d | 72 | 2473828 | | 11241 | | 37,3 | | 30,7 | | 5,9 | |

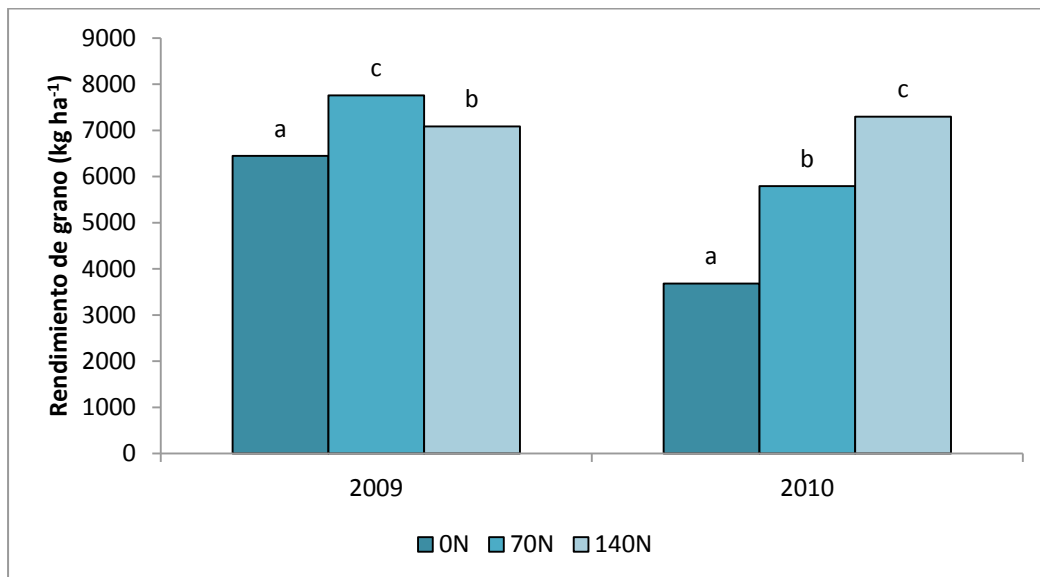


Figura 3.16: Medias de la interacción A × N de RG (rendimiento de grano) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes

entre dosis de N en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

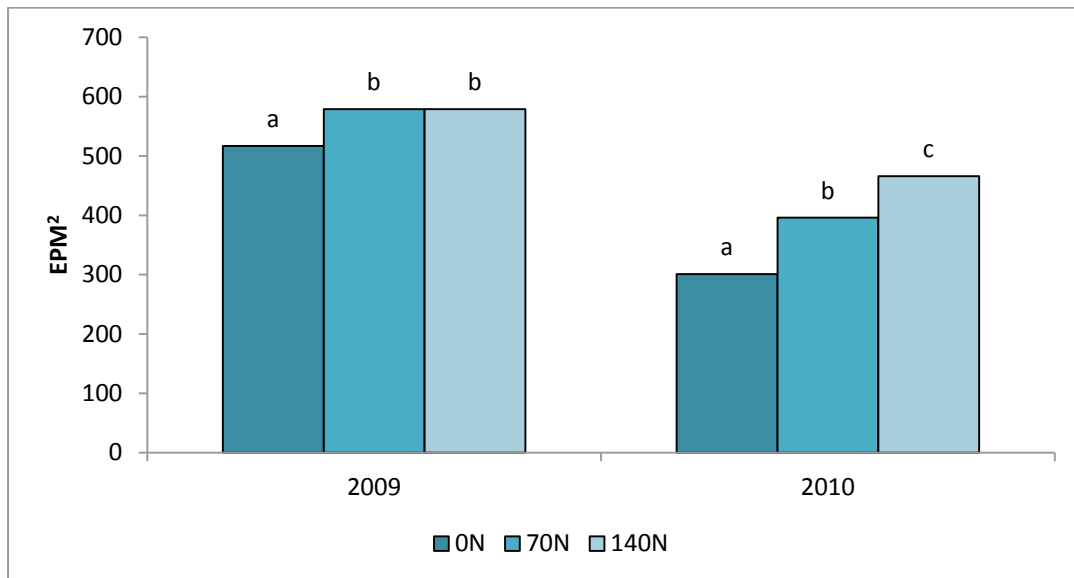


Figura 3.17: Medias de la interacción $A \times N$ de EPM^2 en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras distintas entre dosis de N en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

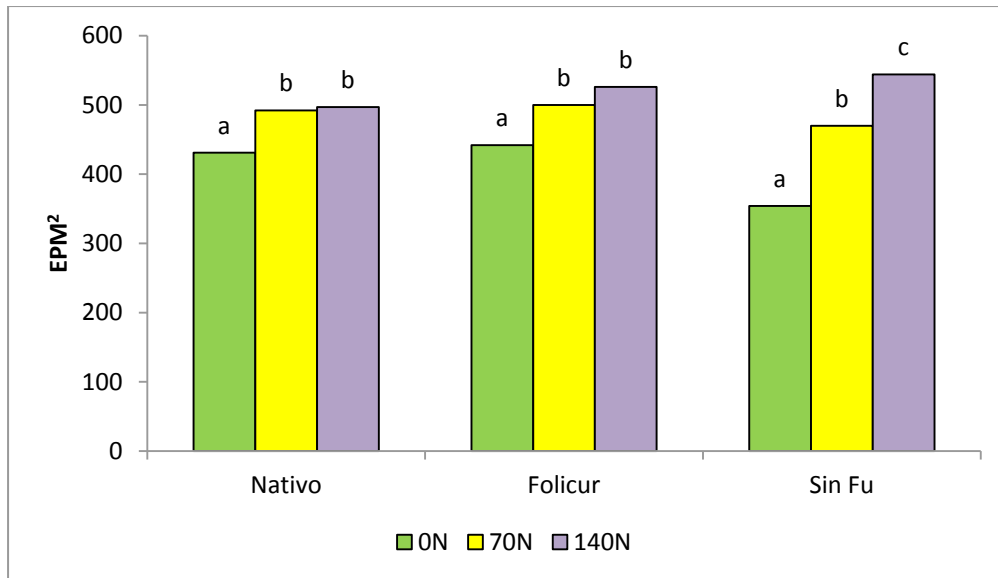


Figura 3.18: Medias de la interacción Fu × N de EPM² en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

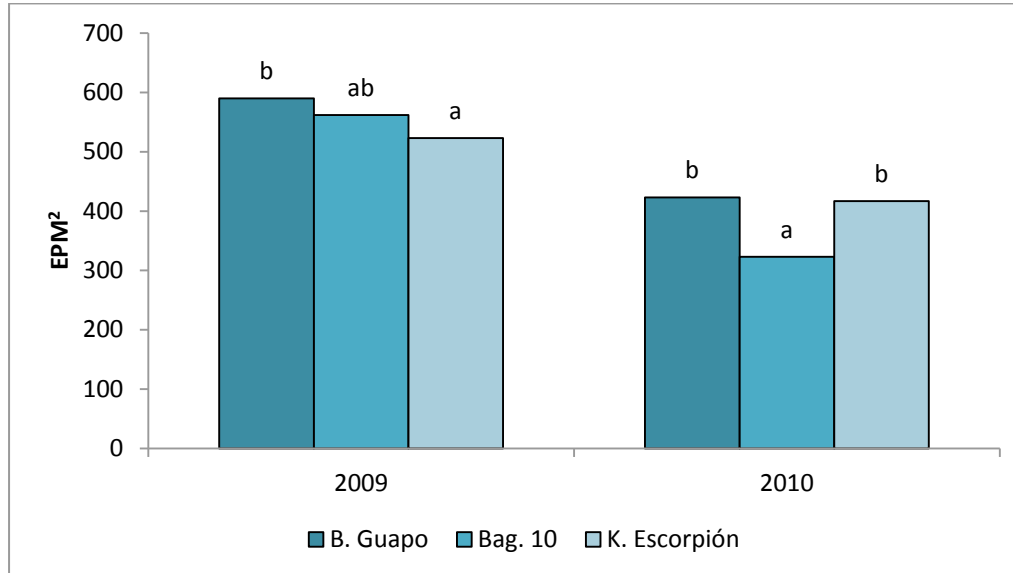


Figura 3.19: Medias de la interacción A × Cu de EPM² en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

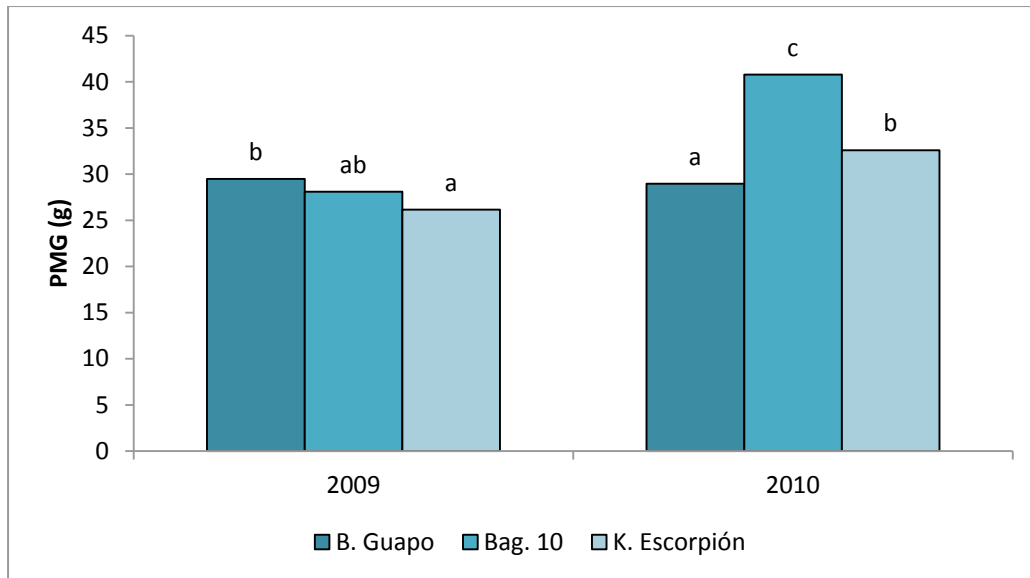


Figura 3.20: Medias de la interacción A × Cu de PMG en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

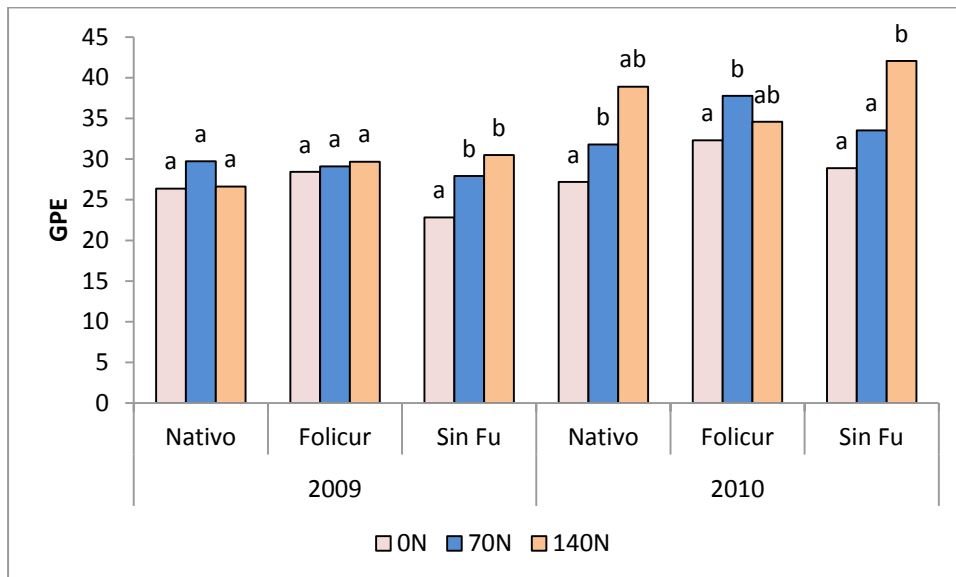


Figura 3.21: Medias de la interacción A × Fu × N de GPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida y cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

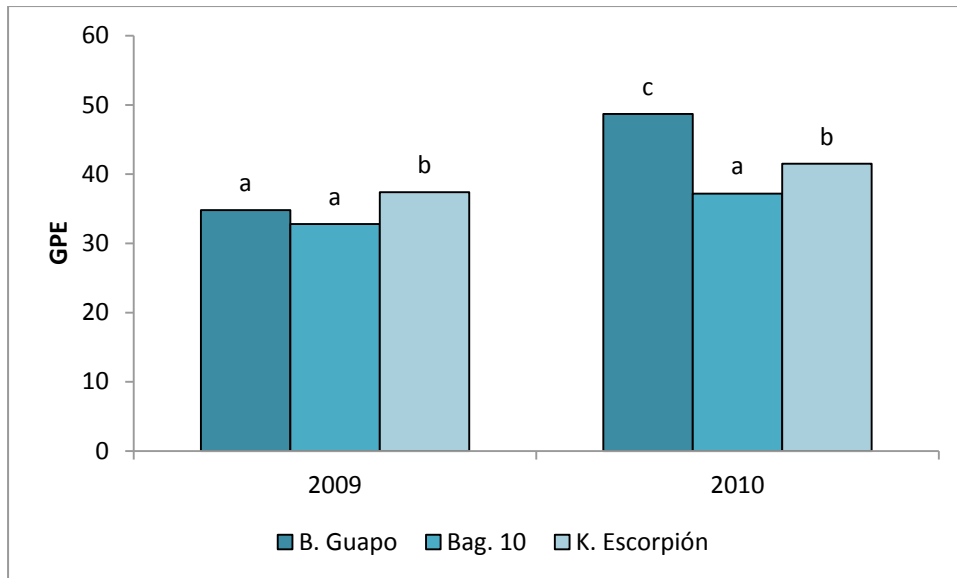


Figura 3.22: Medias de la interacción A × Cu de GPE en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

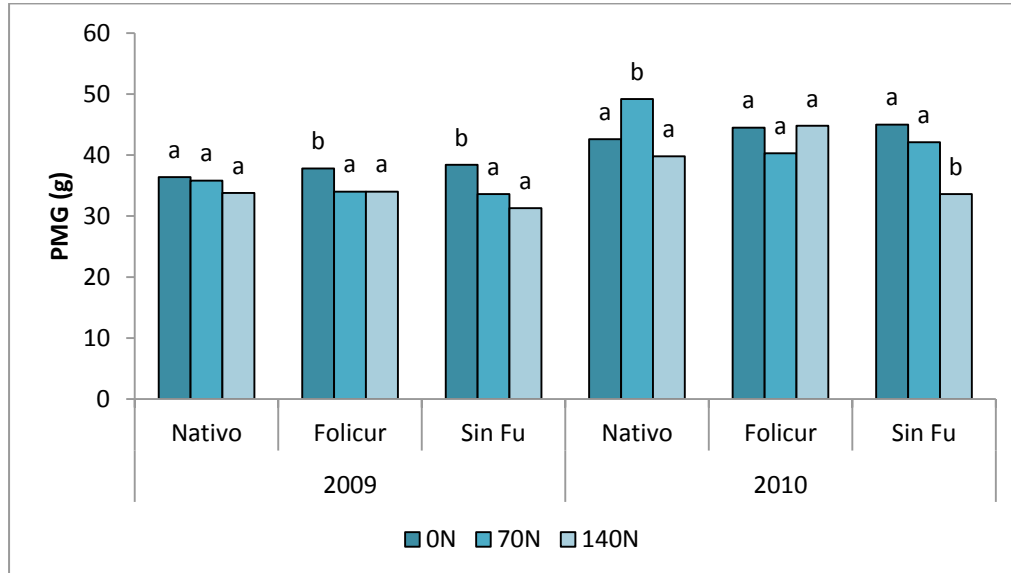


Figura 3.23: Medias de la interacción A × Fu × N de PMG en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

3.3.8. Contenido de proteína del grano y gluten

El %CPG mostró una respuesta significativa a la aplicación de fungicidas, fertilizante N y cultivares (Tabla 3.11). Los valores de %CPG se redujeron significativamente con la aplicación de Nativo (11,7%) y Folicur (%) con respecto a sin fungicida (12,3%), (Tabla 3.9). El % CPG tendió a aumentar a medida que se incrementó la dosis de N aplicado de una forma significativa (Figura 3.24). También hubo diferencias entre los cultivares. El %CPG fue significativamente menor en Bag. 10 (11,5%) comparado con B. Guapo y K. Escorpión que no difirieron entre ellos (12,4% y 12,3%) (Figura 3.24) (Anexo 22).

En cuanto al gluten húmedo (%GH) y seco (%GS) se encontraron diferencias significativas entre fungicidas, N, cultivar y la interacción A × Cu (Tabla 3.11). El %GH y %GS fue mayor en 2009 en comparación a 2010 (Anexo 22). La interacción A × Cu mostró que en ambos años el %GH y %GS fue menor para Bag. 10 y mayor para K. Escorpión aunque en 2010 hubo diferencias entre los tres cultivares para %GS y para %GH solo B. Guapo fue significativamente menor al resto. Por otro lado, el N aumentó el %GH y %GS aunque en el GH se diferenciaron las dosis 0N de 70-140N y en el %GS las dosis 0-70N de 140N. La aplicación de fungicida disminuyó el %GH pero solo la combinación de Nativo provocó una disminución significativa. Asimismo el %GS también se vio afectado por la aplicación de fungicida aunque en este caso las diferencias se observaron entre los dos principios activos, siendo mayor con la aplicación de Folicur comparado a la aplicación de Nativo. Ambos tratamientos no mostraron diferencias con el control (Tabla 3.11).

Tabla 3.11: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para %CPG (Contenido proteína del grano), %GH (Gluten húmedo) y %GS (Gluten seco) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | gl | %CPG | | % GH | | % GS | |
|---------------------|----|------|--------|------|--------|------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 4,22 | 0,107 | 104 | 0,035 | 12,9 | 0,166 |
| Error a | 2 | 0,53 | | 3,79 | | 2,84 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 5,44 | <0,001 | 11,1 | 0,048 | 2,61 | 0,025 |
| A × Fu | 2 | 0,47 | 0,254 | 1,18 | 0,633 | 0,24 | 0,583 |
| Error b | 8 | 0,29 | | 2,44 | | 0,43 | |
| Fertilización (N) | 2 | 45,0 | <0,001 | 213 | <0,001 | 22,9 | <0,001 |
| A × N | 2 | 1,15 | 0,211 | 2,75 | 0,590 | 0,67 | 0,202 |
| Fu × N | 4 | 1,37 | 0,129 | 7,58 | 0,239 | 0,74 | 0,148 |
| A × Fu × N | 4 | 0,17 | 0,904 | 2,45 | 0,750 | 0,14 | 0,833 |
| Error c | 24 | 0,69 | | 5,12 | | 0,39 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 13,6 | <0,001 | 152 | <0,001 | 18,2 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 0,48 | 0,709 | 58,2 | <0,001 | 5,55 | <0,001 |
| Fu × Cu | 4 | 1,17 | 0,504 | 10,4 | 0,082 | 0,73 | 0,267 |
| N × Cu | 4 | 0,75 | 0,707 | 0,37 | 0,989 | 0,18 | 0,862 |
| A × Fu × Cu | 4 | 0,47 | 0,849 | 2,05 | 0,789 | 0,47 | 0,493 |
| A × N × Cu | 4 | 0,46 | 0,855 | 4,55 | 0,443 | 1,30 | 0,060 |
| Fu × N × Cu | 8 | 0,78 | 0,810 | 5,99 | 0,287 | 0,81 | 0,184 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 0,30 | 0,987 | 9,63 | 0,058 | 0,72 | 0,256 |
| Error d | 72 | 1,40 | | 4,81 | | 0,55 | |

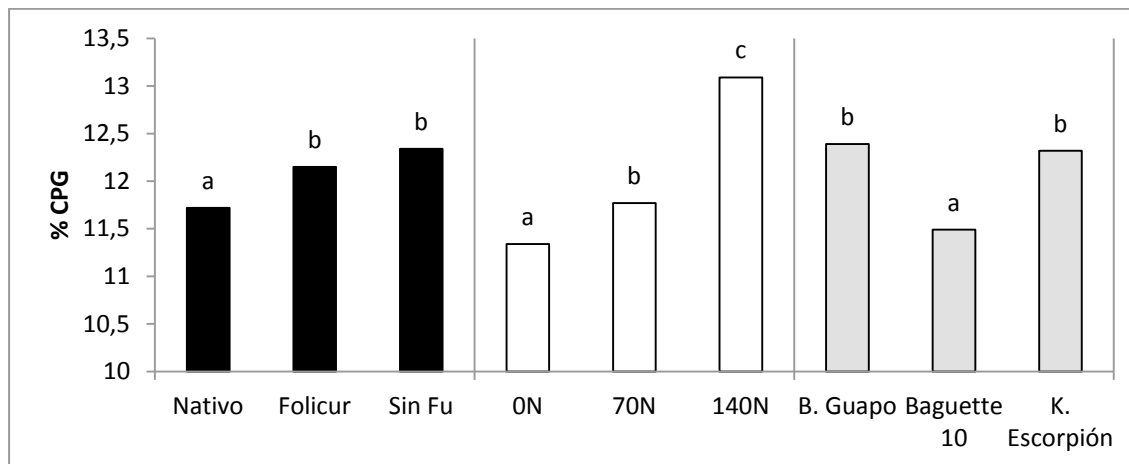


Figura 3.24: Medias de %CPG en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cada factor indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

3.3.9. Propiedades reológicas: Parámetros del alveograma

El ANAVA de las propiedades reológicas de las muestras de harina de trigo de los ensayos se presenta en la Tabla 3.12. Con respecto a los valores del alveograma, la tenacidad (P) mostró diferencias significativas en cuatro interacciones dobles (Anexo 23). La interacción A × Fu mostró que en el año húmedo (2009), el fungicida Nativo decreció significativamente los valores de P (82,4 mm) comparado con Folicur (98,9 mm) y el tratamiento control (104,5 mm), mientras que en el año seco (2010) no hubo diferencias en la respuesta a la aplicación de fungicidas (Figura 3.25).

Considerando la interacción Fu × N (Figura 3.26), la dosis de N tuvo un efecto significativo en el valor P en aquellas parcelas tratadas con Folicur, donde el P decreció con aumentos crecientes de N. Además, la interacción Fu × Cu también fue significativa (Figura 3.27). La respuesta del valor P a la aplicación del fungicida varió dependiendo del cultivar; Así, B. Guapo mostró diferencias significativas entre los tratamientos con fungicidas. Nativo disminuyó los valores de P comparado con el tratamiento control. Por otro lado, Bag. 10 y K. Escorpión no mostraron diferencias entre los tratamientos mencionados anteriormente. La interacción N × Cu fue significativa (Figura 3.28), las diferencias en las dosis de N tuvieron un efecto significativo en las variaciones de P en cultivares de baja aptitud panadera como Bag. 10 (GC3). Contrariamente, en los cultivares de mejor aptitud panadera no se detectaron diferencias en los valores de P.

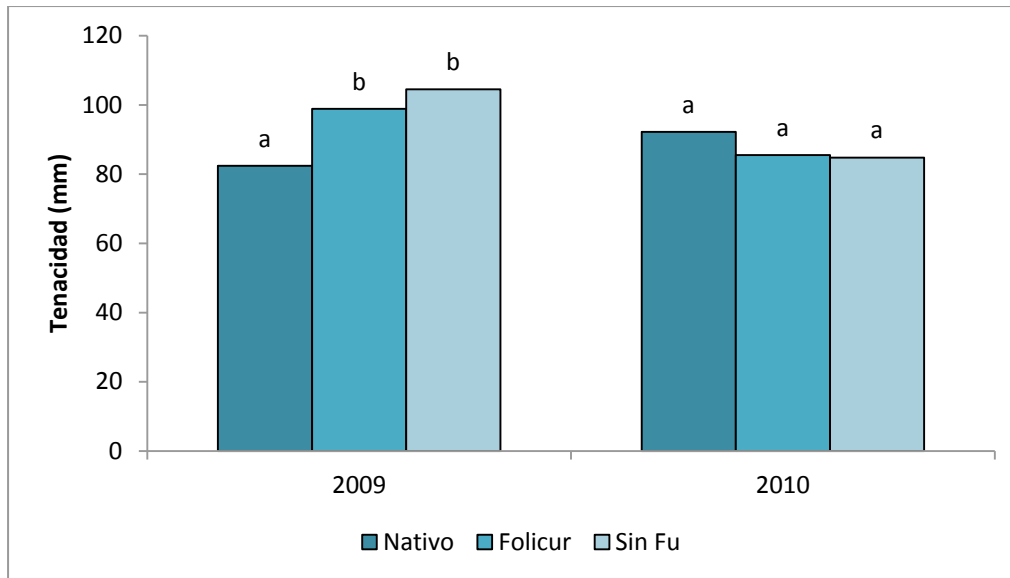


Figura 3.25: Medias de la interacción A × Fu de tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cada tratamiento de fungicida en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

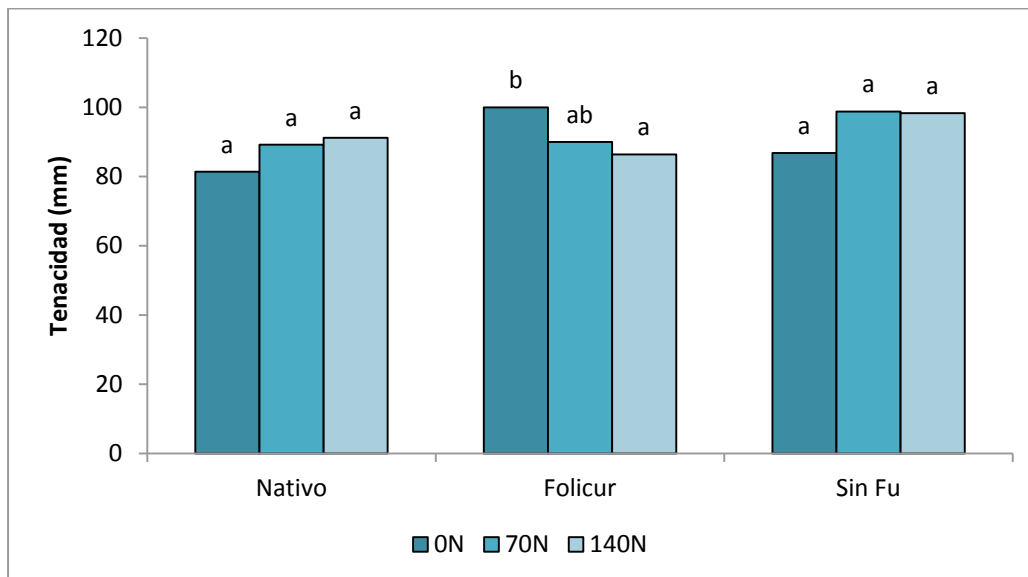


Figura 3.26: Medias de la interacción Fu × N de tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en

cada fungicida indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

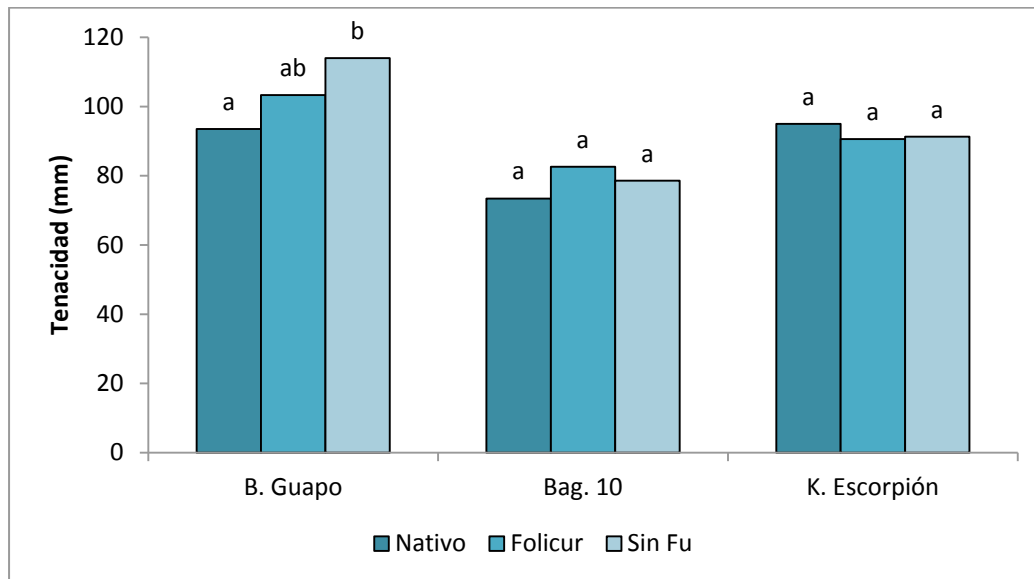


Figura 3.27: Medias de la interacción $Cu \times Fu$ de Tenacidad (mm) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre tratamientos de fungicidas en cada cultivar indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

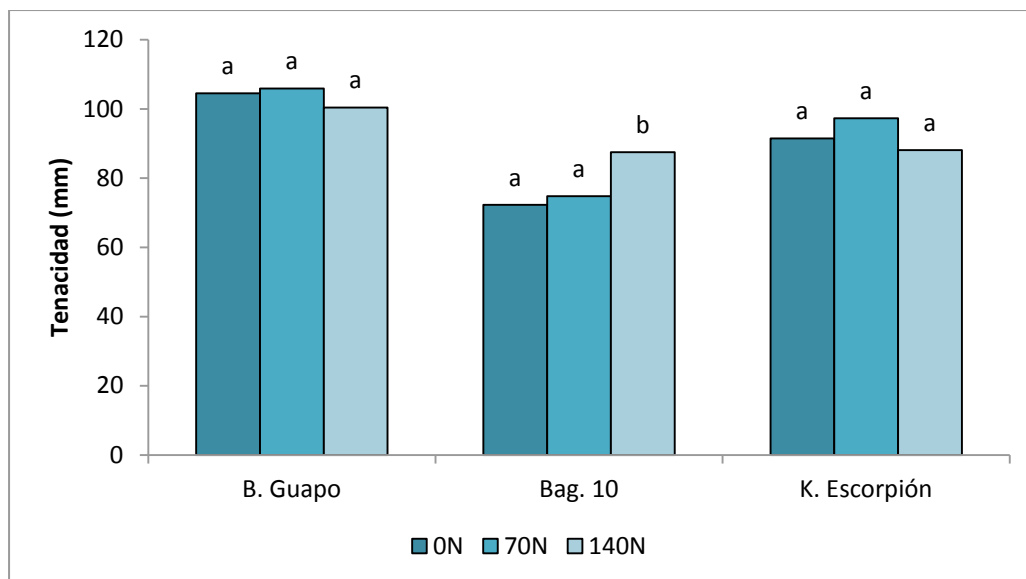


Figura 3.28: Medias de la interacción N × Cu de la tenacidad (P) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada cultivar indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

La extensibilidad (L) varió significativamente entre los años de estudio (Tabla 3.10). En el año húmedo, la mayor dosis de N (140N) incrementó el L (65,3 mm) comparado con la dosis 0N y 70N (53,9 y 51,7 mm) respectivamente (Figura 3.29). En contraste, en 2010 la dosis de N no tuvo efecto significativo en L. La interacción A × Cu fue significativa, mostrando que los valores de L difirieron entre los dos años de estudio siendo K. Escorpión y B. Guapo los que presentaron mayores valores (cultivares con mejor grupo de calidad panadera) en el año húmedo mientras que Bag. 10 obtuvo el menor L. En el año seco (2010), el cultivar Bag. 10 de baja calidad panadera no mostró diferencias con B. Guapo y K. Escorpión se diferenció obteniendo el mayor L (Figura 3.30).

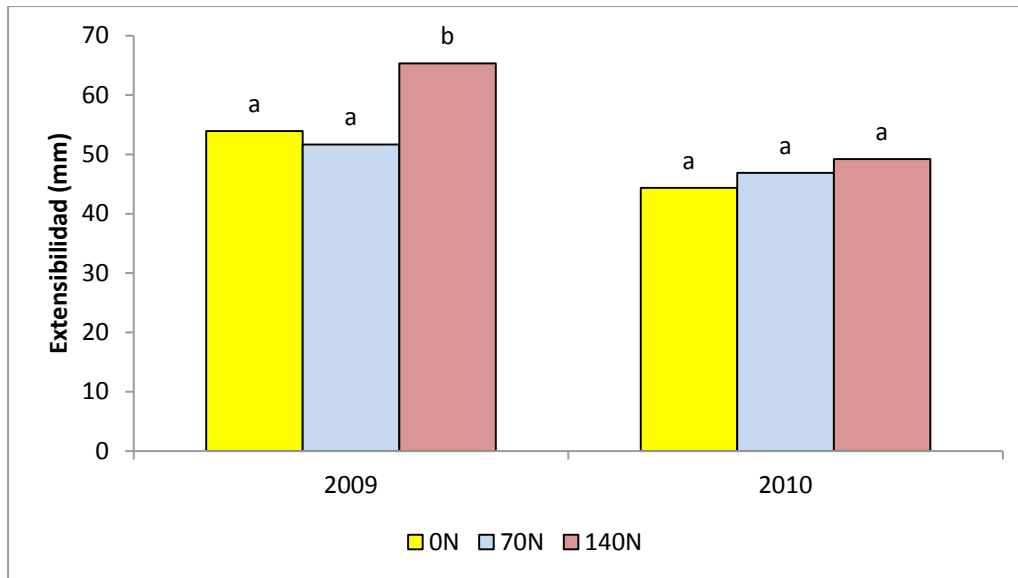


Figura 3.29: Medias de la interacción A × N de L (extensibilidad) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

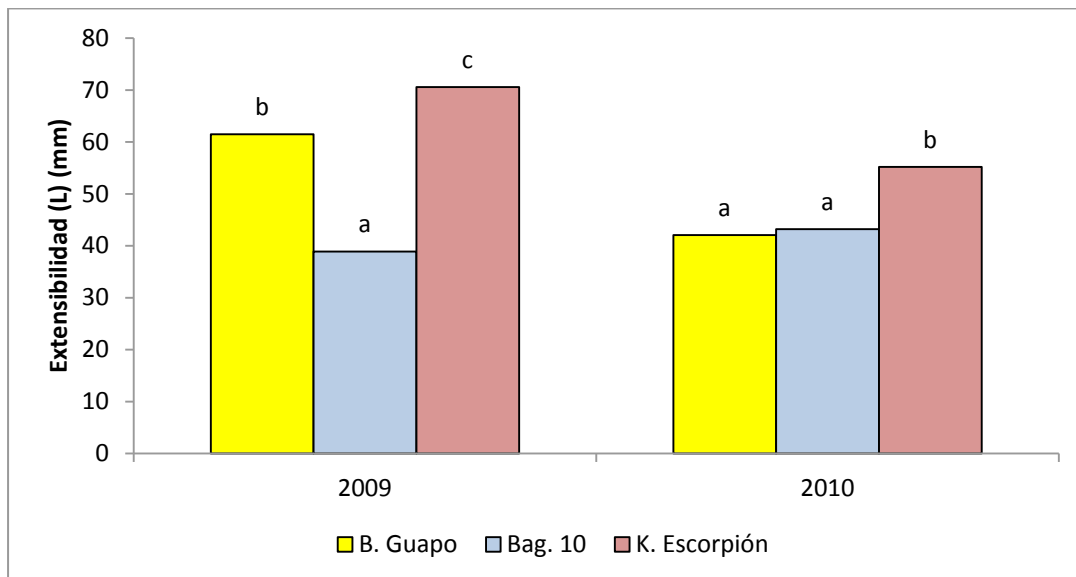


Figura 3.30: Medias de la interacción A × Cu de L (extensibilidad) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes

entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

La relación P/L presentó dos interacciones significativas $Fu \times N$ y $A \times Cu$. La aplicación de fungicidas no evidenció resultados consistentes, Nativo mostró una tendencia al incremento entre las dosis de N, mientras que Folicur decreció P/L cuando se incrementaron las dosis de N. En las parcelas control, se observaron diferencias entre las dosis 0N y 70N, en las cuales el valor P/L se incrementó significativamente pero en las parcelas con 140N el valor no difirió de los otras dosis de N (Figura 3.31). La relación P/L fue diferente entre cultivares y la interacción $A \times Cu$ mostró que en 2009 K. Escorpión tuvo el menor valor y se diferenció de Bag. 10 y B. Guapo que presentaron un valor mayor mientras que en 2010 B. Guapo tuvo el valor de P/L más alto y se diferenció de los otros cultivares (Figura 3.32).

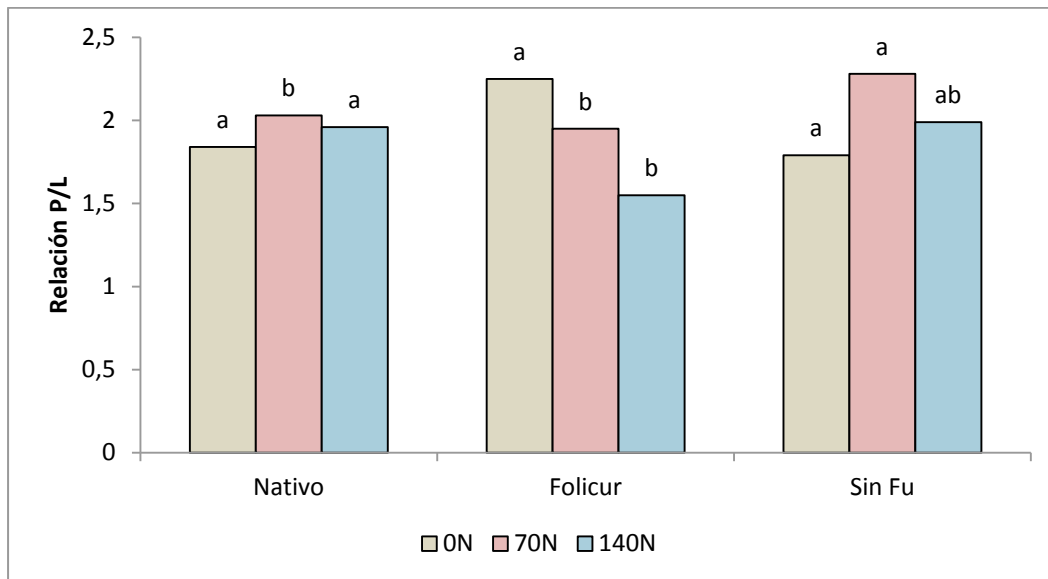


Figura 3.31: Medias de la interacción $Fu \times N$ de la relación P/L en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en

cada fungicida indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

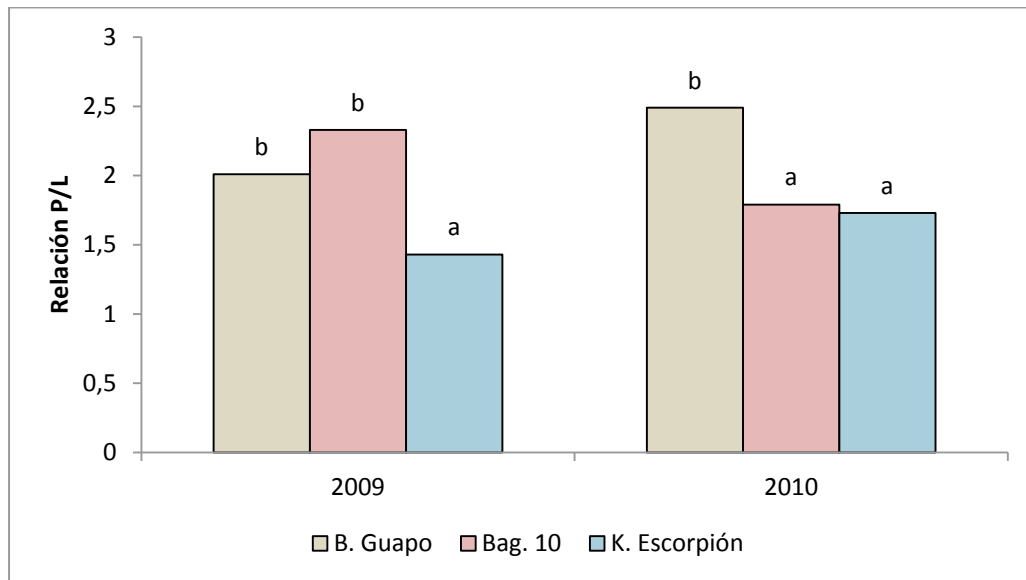


Figura 3.32: Medias de la interacción $A \times Cu$ de la relación P/L en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

La fuerza panadera (W) fue afectada en forma significativa por el fertilizante N y el cultivar, así como las interacciones $A \times Fu$ y $A \times Cu$. El N incidió sobre el W causando un aumento del mismo, a mayor dosis de N, mayor W . Con respecto a los cultivares, los de mejor calidad panadera (B. Guapo y K. Escorpión) obtuvieron los valores más altos y Bag. 10 de calidad panadera inferior obtuvo el valor más bajo. La interacción $A \times Fu$ (Figura 3.33) mostró que en 2009 el valor W en las muestras tratadas con Nativo fue el más bajo ($197 J \times 10^{-4}$) y estadísticamente diferente de las tratadas con Folicur ($232 J \times 10^{-4}$) y el tratamiento control ($238 J \times 10^{-4}$) mientras que en 2010 no se observaron diferencias entre los valores de W entre los distintos tratamientos de fungicidas (Figura 3.34). La interacción $A \times Cu$ mostró que en ambos años los cultivares de mejor grupo de calidad panadera (B. Guapo y K. Escorpión) presentaron valores significativamente mayores de W con

respecto a Bag. 10 que fue menor, con mayores diferencias en 2009. Además en el año 2009 fue notorio el mayor valor de W (Figura 3.34).

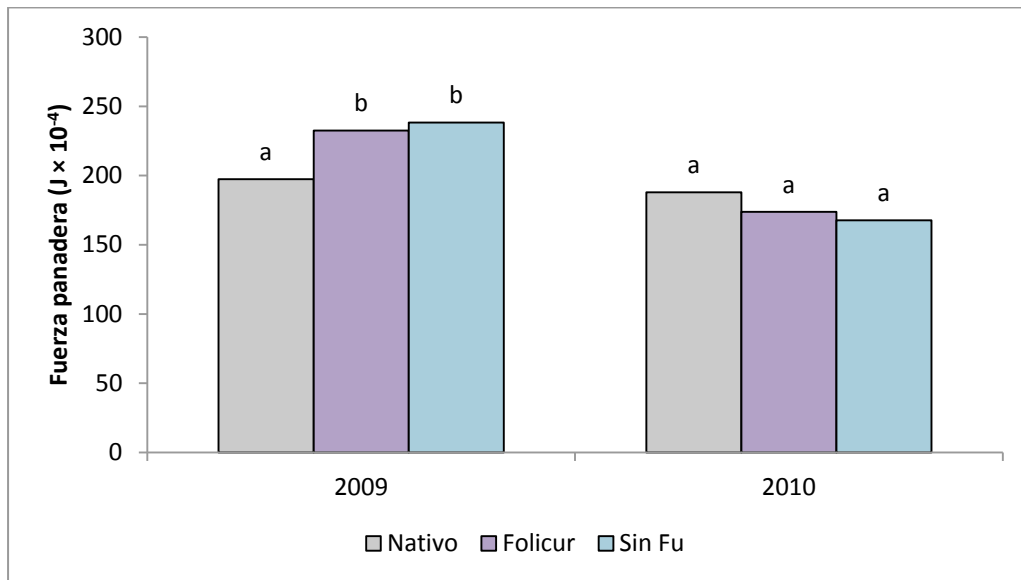


Figura 3.33: Medias de la interacción A × Fu de W (fuerza panadera) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre fungicidas en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

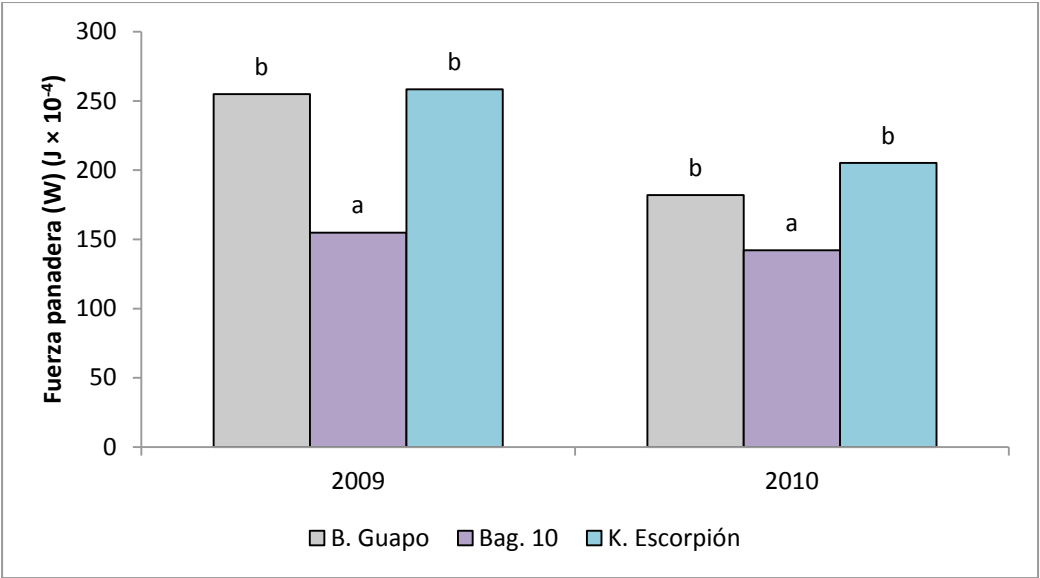


Figura 3.34: Medias de la interacción A \times Cu de W (fuerza panadera) en tres cultivares de trigo tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares en cada año indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

Tabla 3.12: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para parámetros del alveograma en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| Fuente de variación | gl | Tenacidad (P) | | Extensibilidad (L) | | Relación P/L | | Fuerza Panadera (W) | |
|------------------------|----|---------------|--------|--------------------|--------|--------------|--------|---------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 2439 | 0,381 | 4170 | 0,028 | 0,27 | 0,686 | 86667 | 0,085 |
| Error a | 2 | 1959 | | 132 | | 12,5 | | 8425 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 752 | 0,123 | 82,9 | 0,197 | 0,16 | 0,477 | 1936 | 0,525 |
| A × Fu | 2 | 3259 | 0,004 | 48,9 | 0,354 | 0,46 | 0,164 | 14142 | 0,037 |
| Error b | 8 | 273 | | 41,3 | | 0,20 | | 2571 | |
| Fertilización (N) | 2 | 158 | 0,629 | 1171 | <0,001 | 0,86 | 0,080 | 17482 | 0,006 |
| A × N | 2 | 81,5 | 0,786 | 437 | 0,025 | 0,24 | 0,463 | 7718 | 0,081 |
| Fu × N | 4 | 1025 | 0,036 | 143 | 0,259 | 1,31 | 0,009 | 1586 | 0,684 |
| A × Fu × N | 4 | 875 | 0,060 | 34,8 | 0,846 | 0,30 | 0,435 | 3425 | 0,321 |
| Error c | 24 | 334 | | 101 | | 0,30 | | 2762 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 8737 | <0,001 | 6425 | <0,001 | 6,42 | <0,001 | 108162 | <0,001 |
| A × Cu | 2 | 93,7 | 0,740 | 2178 | <0,001 | 3,94 | <0,001 | 12721 | 0,003 |
| Fu × Cu | 4 | 815 | 0,041 | 340 | 0,054 | 0,61 | 0,307 | 1071 | 0,724 |
| N × Cu | 4 | 789 | 0,046 | 160 | 0,339 | 0,79 | 0,185 | 2500 | 0,315 |
| A × Fu × Cu | 4 | 358 | 0,336 | 264 | 0,120 | 0,15 | 0,874 | 917 | 0,778 |
| A × N × Cu | 4 | 186 | 0,662 | 255 | 0,132 | 0,19 | 0,811 | 443 | 0,930 |
| Fu × N × Cu | 8 | 411 | 0,243 | 251 | 0,190 | 0,47 | 0,483 | 693 | 0,950 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 210 | 0,708 | 135 | 0,466 | 0,50 | 0,429 | 487 | 0,983 |
| Error d | 72 | 309 | | 139 | | 0,49 | | 2072 | |

3.3.10. Parámetros del farinograma

El parámetro absorción de agua de la harina (A) presentó diferencias significativas entre los cultivares, Bag. 10 del grupo de calidad 3 presentó el menor valor de A (56,2 ml) y se diferenció de B. Guapo y K. Escorpión que presentaron valores similares y mayores (58,9 y 58,5 ml respectivamente), acorde a su aptitud panadera (Tabla 3.13 y Anexo 24). La interacción triple A × Fu × N fue significativa, ya que en el año seco (2010) el aumento en las dosis de N produjo una significativa disminución de los valores de A en las parcelas tratadas con Nativo. Contrariamente, en las parcelas tratadas con Folicur los valores más altos fueron obtenidos con 70N. En el año húmedo (2009) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 3.35).

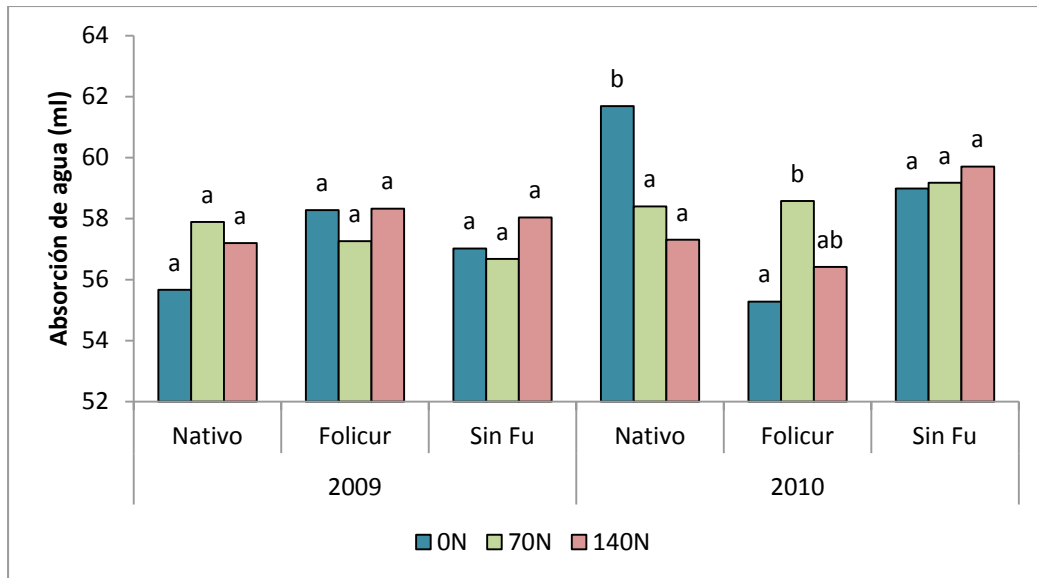


Figura 3.35: Medias de la interacción A × Fu × N de A (absorción de agua) en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N en cada fungicida y cada año indican diferencias significativas, según el test LSD con un nivel de significancia $P < 0,05$.

El tiempo de desarrollo de la masa (B) mostró diferencias significativas entre años, cultivares y para las interacciones Fu × N, A × Fu × N y Fu × N × Cu (Tabla 3.13 y Anexo 24). La interacción A × Fu × N no fue consistente. Los valores de B estuvieron de acuerdo a la aptitud panadera de los tres cultivares con valores en B. Guapo (11.56 min), seguido por K. Escorpión (8,92 min) y finalmente Bag. 10 (6,71 min) (Anexo 24).

El ANAVA de la estabilidad de la masa (D) se presenta en la Tabla 3.13, en que los efectos principales del año y cultivar, la interacción doble Fu × N y tres interacciones triples (A × Fu × N, A × Fu × Cu, A × N × Cu y Fu × N × Cu) fueron significativas. La interacción Fu × N × Cu mostró que las parcelas control combinadas con fertilización N no modificaron los valores de D entre cultivares, pero la inclusión de los fungicidas mostraron diferencias significativas aunque esas diferencias no fueron consistentes (Anexo 24). Por último, el grado de

ablandamiento de la masa (E), presentó cuatro interacciones significativas (Tabla 3.13) aunque su análisis no mostró resultados consistentes (Anexo 24).

Tabla 3.13: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para parámetros del farinograma en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

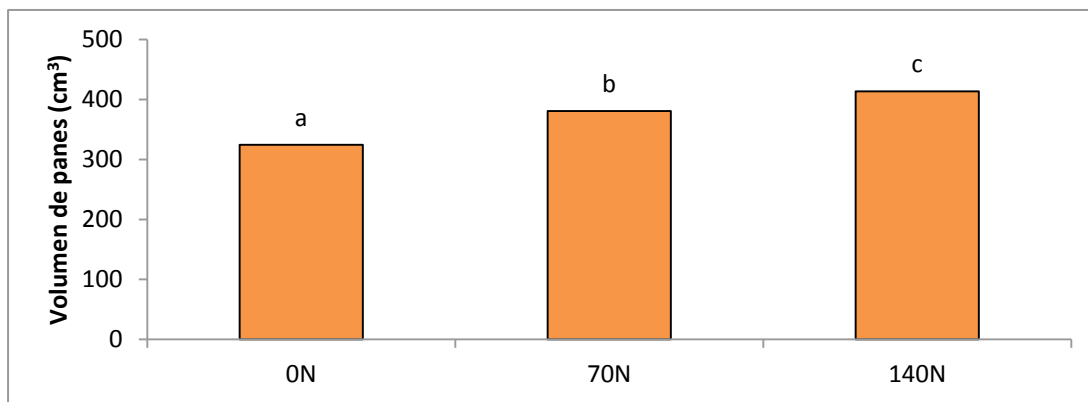
| Fuente de variación | gl | Absorción de Agua (%) (A) | | Tiempo de Desarrollo de la masa (min) (B) | | Estabilidad (min) (D) | | Grado de Ablandamiento (U,B) (E) | |
|------------------------|----|---------------------------|--------|---|--------|-----------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Año (A) | 1 | 42,2 | 0,400 | 1228 | 0,044 | 4246 | 0,023 | 35295 | 0,007 |
| Error a | 2 | 37,6 | | 57,8 | | 100 | | 240 | |
| Fungicida (Fu) | 2 | 12,1 | 0,292 | 44,9 | 0,503 | 279 | 0,318 | 3847 | 0,026 |
| A × Fu | 2 | 49,9 | 0,026 | 26,0 | 0,662 | 326 | 0,270 | 3213 | 0,039 |
| Error b | 8 | 8,37 | | 59,8 | | 210 | | 646 | |
| Fertilización (N) | 2 | 0,51 | 0,494 | 4,99 | 0,672 | 52,8 | 0,326 | 106 | 0,836 |
| A × N | 2 | 11,6 | 0,320 | 15,6 | 0,300 | 108 | 0,111 | 2298 | 0,034 |
| Fu × N | 4 | 9,82 | 0,424 | 77,2 | 0,001 | 210 | 0,006 | 2206 | 0,016 |
| A × Fu × N | 4 | 30,5 | 0,033 | 63,3 | 0,004 | 132 | 0,041 | 1645 | 0,048 |
| Error c | 24 | 9,75 | | 12,3 | | 44,9 | | 586 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 114 | <0,001 | 318 | <0,001 | 164 | 0,031 | 110 | 0,805 |
| A × Cu | 2 | 12,1 | 0,196 | 24,3 | 0,388 | 17,7 | 0,675 | 1053 | 0,133 |
| Fu × Cu | 4 | 7,67 | 0,382 | 34,4 | 0,258 | 88,9 | 0,107 | 1217 | 0,058 |
| N × Cu | 4 | 17,8 | 0,053 | 36,6 | 0,229 | 28,9 | 0,632 | 619 | 0,310 |
| A × Fu × Cu | 4 | 9,45 | 0,276 | 53,4 | 0,089 | 118 | 0,040 | 1515 | 0,025 |
| A × N × Cu | 4 | 13,0 | 0,137 | 18,8 | 0,565 | 190 | 0,004 | 979 | 0,115 |
| Fu × N × Cu | 8 | 8,14 | 0,357 | 65,9 | 0,015 | 110 | 0,021 | 518 | 0,429 |
| A × Fu × N × Cu | 8 | 8,49 | 0,327 | 35,6 | 0,210 | 55,9 | 0,286 | 369 | 0,666 |
| Error d | 72 | 7,32 | | 26,3 | | 44,9 | | 508 | |

3.3.11. Ensayos de panificación

El V de los panes fue afectado significativamente por el N, cultivar y la interacción Fu × Cu (Tabla 3.14). La fertilización N provocó aumentos significativos del V de los panes (Figura 3.36 y Figura 3.37) Entre los cultivares se observaron diferencias ya que Bag. 10 presentó el menor valor mientras que B. Guapo y K. Escorpión obtuvieron mayores valores de V (Figura 3.38). El Pe no mostró cambios significativos entre los tratamientos de fungicida, fertilizante N y cultivares. Los cultivares y la interacción Fu × Cu incidieron significativamente sobre el VE. En la interacción se observó que K. Escorpión aumentó el V significativamente mientras que los otros cultivares lo mantuvieron (Figura 3.39).

Tabla 3.14: Cuadrados medios (CM) del análisis de varianza para valores de panificación en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

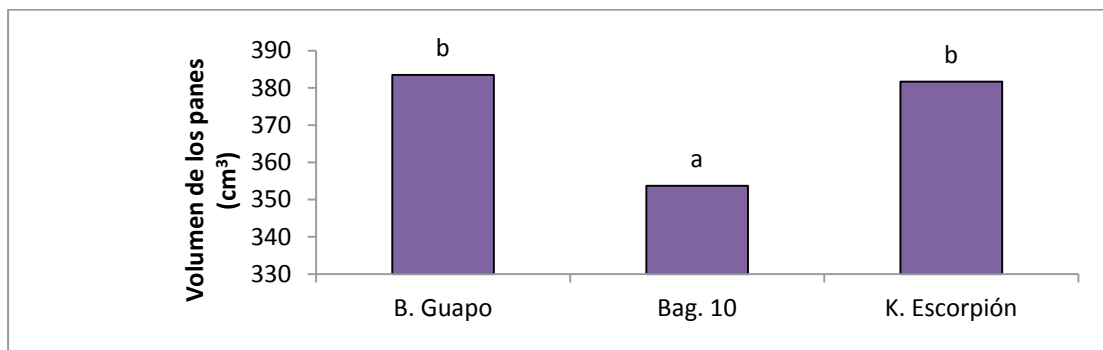
| Fuente de variación | gl | Peso (Pe) (g) | | Volumen (V) (cm ³) | | Volumen específico (VE) | |
|---------------------|----|---------------|--------|--------------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) | CM | Pr (F) |
| Fungicida (Fu) | 2 | 129 | 0,632 | 2586 | 0,110 | 0,04 | 0,005 |
| Error a | 4 | 98,1 | | 640 | | 0,001 | |
| Fertilización (N) | 2 | 175 | 0,346 | 55004 | <0,001 | 0,362 | <0,001 |
| Fu × N | 4 | 114 | 0,573 | 2618 | 0,068 | 0,0075 | 0,680 |
| Error b | 12 | 151 | | 904 | | 0,012 | |
| Cultivar (Cu) | 2 | 244 | 0,142 | 7534 | 0,015 | 0,057 | 0,051 |
| Fu × Cu | 4 | 120 | 0,414 | 5298 | 0,020 | 0,052 | 0,033 |
| N × Cu | 4 | 113 | 0,445 | 4116 | 0,053 | 0,035 | 0,120 |
| Fu × N × Cu | 8 | 158 | 0,258 | 2031 | 0,285 | 0,020 | 0,345 |
| Error c | 36 | 118 | | 1589 | 0,017 | | |



Figuras 3. 36. Medias de volumen de pan (cm³) entre tratamientos de N en un ensayo de trigo inoculado con *Z. tritici* en tres cultivares de trigo bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre dosis de N indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P <0,05.



Figuras 3.37. Efecto del N sobre el V de los panes en un ensayo con tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en 2010. 3.37a. B. Guapo. 3.37b. K. Escorpión. 3.37c. Bag. 10.



Figuras 3. 38. Medias de Volumen de pan (cm³) en un ensayo de trigo inoculado con *Z. tritici* en tres cultivares de trigo bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre cultivares indican diferencias significativas según el test LSD con un nivel de significancia P <0,05.

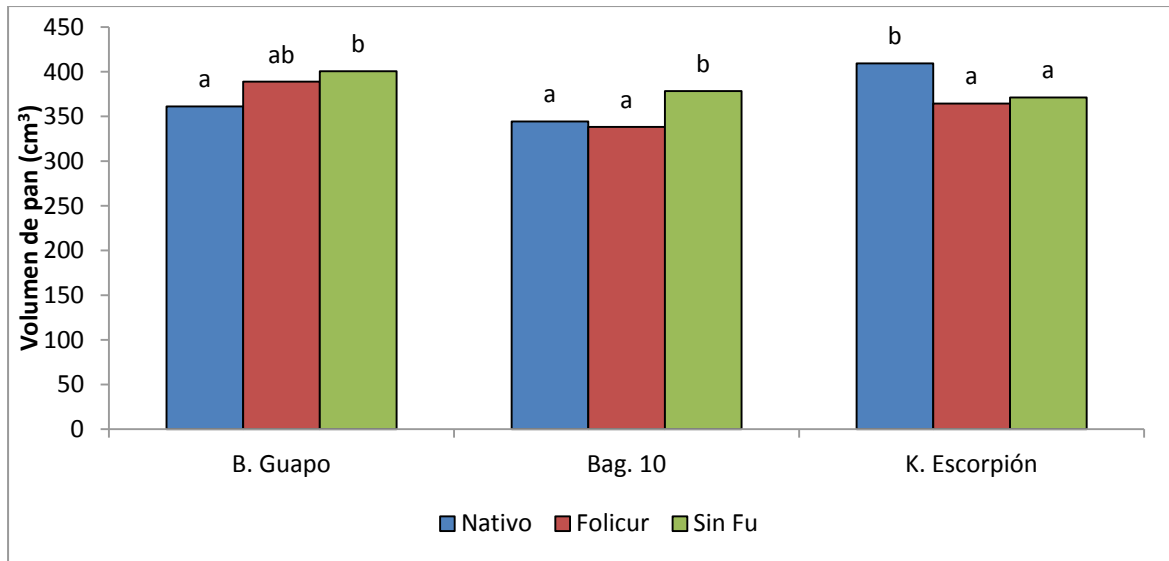


Figura 3.39. Medias de Volumen de pan (cm³) en la interacción Fu × Cu en tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años. Las letras diferentes entre fungicidas en cada cultivar indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD con un nivel de significancia P < 0,05.

3.4. DISCUSIÓN

3.4.1. Condiciones ambientales, severidad, ABCPE, dinámica del IAF y DAFV

La variación de las lluvias observada entre los dos años de ensayo, fue claramente reflejada en los valores de severidad y ABCPE, RG, %CPG, IAFT, IAFV, DAFV total y de los distintos estratos foliares analizados. El primer año de ensayo (2009) se presentó con abundantes precipitaciones a diferencia del segundo año (2010) en el que las precipitaciones acumuladas en el período de cultivo fueron menores y por debajo de la media de la región para el ciclo de cultivo. Las precipitaciones de 2009 fueron muy favorables para el desarrollo y dispersión de *Z. tritici* y esto se evidenció en los mayores valores de severidad y ABCPE registrados. Resultados similares han sido encontrados por Ruske *et al.*

(2003) y Rodrigo *et al.* (2015) quienes encontraron que las condiciones de tiempo húmedo en una estación de crecimiento favorecieron el incremento de la severidad de la MHT. Asimismo, Hess y Shanner (1987) y Simón *et al.* (2003) encontraron que la severidad de la enfermedad se incrementó cuando la temperatura y la humedad en los períodos de post infección y en post inoculación fueron altas.

La severidad de la enfermedad fue significativamente más alta en las parcelas no tratadas que en aquellos tratamientos con fungicida. La aplicación de Nativo (triazol + estrobilurina) no difirió del tratamiento con Folicur (solo triazol) sin embargo se observó una tendencia a una menor severidad en las parcelas con Nativo. En forma similar, Jorgensen *et al.* (1999) registraron que el efecto curativo de la estrobilurina fue similar que el fungicida triazol. Contrariamente, Ruske *et al.* (2003) encontraron que el tratamiento más efectivo para reducir la MHT fue con un fungicida que contenía estrobilurina (azoxistrobina) comparado con el triazol. En este sentido, es probable que el tipo de molécula de estrobilurina pueda influir en estos resultados. Además, inhiben la germinación de esporas y la infección temprana siendo muy efectivos cuando se usan en forma preventiva (Wegulo y Stevens, 2011) esto se vincularía con una menor posibilidad de reinfección en el ciclo del cultivo.

Pese a los mayores valores de severidad registrados en 2009, la observación de la dinámica del IAFT, IAFV y la DAFT así como la DAFV y en los distintos estratos mostró que los valores fueron significativamente mayores, claramente asociado a las mayores precipitaciones que favorecieron la generación de macollos y la expansión foliar. La aplicación de fungicidas incrementó el IAFV y la DAFV comparado a los tratamientos sin fungicida, aunque no se evidenciaron diferencias entre principios activos. En este sentido Bayles (1999) registró que las estrobilurinas son capaces de prolongar la DAFV en forma superior a los triazoles. Contrariamente y en acuerdo a los resultados de esta tesis, McCartney *et al.* (2007) y Blandino y Reyneri (2009) no encontraron aumentos significativos en la

DAFV cuando agregaron estrobilurinas comparado con un tratamiento solo con triazol.

Por otro lado, la fertilización N es necesaria para alcanzar altos rendimientos y buena calidad panadera pero podría afectar el desarrollo de algunas enfermedades foliares causadas por hongos. Sin embargo, la magnitud y la dirección de estos efectos son inconsistentes. La fertilización nitrogenada podría influir en la severidad de la MHT al modificar el microclima dentro del canopeo (Shaw y Royle, 1989). A diferencia de lo encontrado en otros estudios (Gheorghies, 1974; Prew *et al.*, 1983; Howard *et al.*, 1994; Leitch y Jenkins, 1995, Simón *et al.*, 2002, 2003), en esta tesis el aumento de la dosis de N disminuyó el ABCPE en el año húmedo. De igual modo, Johnston *et al.* (1979) registraron una disminución en la severidad de la enfermedad con aumentos del N en un año de su ensayo experimental. Ishikawa *et al.* (2012) sugirió que podría existir un nivel óptimo de N en el suelo para el desarrollo del patógeno por debajo del cual, el patógeno no podría desarrollarse y en esa situación prevalecería el vigor de la planta, luego habría un óptimo en que la severidad aumentaría, para volver a decrecer por sobre el mismo. Es interesante aclarar que este comportamiento es esperable de un patógeno hemibiótrofo como *Z. tritici* que crece y se desarrolla como biótrofo en un estado inicial y de un modo necrótrofo en un estado posterior (Scholes y Royles, 1995). La explicación a este hallazgo podría atribuirse a una disponibilidad suficiente de N en el suelo, lo cual implicaría que incluso en los tratamientos sin N, existió una cantidad límite de N y la enfermedad no progresó. Otra explicación podría basarse en que los cultivos que reciben fertilización N tienen mayor densidad de canopeo y por lo tanto menor cantidad de lluvia alcanza la base del canopeo (Lovell *et al.*, 1997), obtaculizando el progreso de la enfermedad con respecto a los cultivos sin fertilizar. En este punto, es relevante profundizar estudios del efecto de diferentes tasas de N en patógenos con distinto hábito nutricional (biótrofos-necrótrofos).

Numerosos cultivares de trigo presentan diferencias en términos de rendimiento, calidad y tolerancia o resistencia a la enfermedad. En algunos trabajos se ha

asociado el alto rendimiento potencial con tolerancia a enfermedades y también con calidad panadera dada la asociación inversa entre rendimiento y calidad (Parker *et al.*, 2004). Los cultivares tolerantes muestran pequeñas reducciones de rendimiento cuando son afectados por enfermedades foliares

3.4.2. Rendimiento en grano y sus componentes

El incremento en el IAFV y la DAFV con la aplicación de fungicidas, ocasionó aumentos del RG, confirmando la estrecha relación de la DAFV con el RG documentado por Reynolds *et al.* (2000) y Richards (2000). Los tratamientos con fungicida mejoraron significativamente el RG comparado con el tratamiento sin fungicida, aunque tampoco se evidenciaron diferencias entre los principios activos Nativo (estrobilurina- triazol) y Folicur (solo triazol) coincidiendo con lo encontrado por Blandino y Reyneri (2009). Estos resultados no coinciden con otros autores quienes hallaron que realizando al menos una aplicación de estrobilurina junto al triazol resultó en incrementos en el rendimiento (Jorgensen *et al.*, 1999; Bayles, 1999; Ruske *et al.*, 2004). Sin embargo, en este estudio, aunque no fue significativo, se observó que en el año húmedo (2009) la aplicación de Nativo presentó una tendencia a incrementar más el RG que Folicur. Estos incrementos podrían estar asociados con el mantenimiento de la fotosíntesis del canopeo durante el llenado de grano pero también por la prolongación de la DAFVHB (Dimmock y Gooding, 2002b). En consecuencia, la respuesta del RG a los fungicidas en el cultivo de trigo depende de la severidad de las enfermedades presentes, tolerancia o resistencia de los cultivares, manejo del cultivo y condiciones ambientales. Así, la aplicación de un fungicida foliar en el trigo tiene un amplio rango de respuestas para el RG (Roth y 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). Con respecto a los componentes del RG, las EPM^2 aumentaron con el agregado de N y el PMG disminuyó dado el aumento de EPM^2 y GPE.

La respuesta del RG de trigo a la dosis de N varió dependiendo del año, lo que puede atribuirse a las diferencias en la cantidad de lluvia registrada. En esta tesis el rendimiento se incrementó con elevadas dosis de N en 2010 aunque en 2009 la respuesta fue registrada con dosis superiores a 70N. La interacción A × N también fue significativa en los trabajos de Garrido- Lestache *et al* (2004) y Varga *et al.* (2005), esto indica que la fertilización nitrogenada es altamente dependiente de variaciones anuales en la cantidad y distribución de lluvias, en la absorción y eficiencia del fertilizante nitrogenado en varios estadios de crecimiento del trigo.

El cultivar tuvo un efecto significativo en el RG; hubo diferencias significativas entre los tres cultivares. Bag. 10 que tiene baja aptitud panadera tuvo el mayor RG, seguido por B. Guapo (mejor calidad panadera). Con respecto a los componentes del RG, las EPM² y los GPE aumentaron con dosis crecientes de N en los tratamientos con fungicidas mientras que la aplicación de N con fungicidas disminuyó el PMG, debido al alto número de EPM² y GPE generado.

3.4.3. El efecto de la mancha de la hoja en el contenido de proteína del grano

A diferencia de lo encontrado por otros autores (Arabi *et al.*, 2007), en esta tesis se encontró aumento en la concentración de proteína cuando la severidad de la MHT se incrementó. Tales incrementos fueron independientes del cultivar ya que la interacción Fu × Cu no fue significativa. En forma similar, estudios previos (McKendry *et al.*, 1995; Dimmock y Gooding, 2002; Gooding (2007) han documentado que al controlar *Z. tritici* con fungicidas se asoció con reducciones en el %CPG, indicando que el efecto del patógeno la incrementa. Esto puede fundamentarse por el hábito nutricional de este patógeno, que cumple el inicio de su acción como biotrófo. Cuando los patógenos biótrosos afectan al trigo, la concentración de proteína usualmente se reduce (el patógeno causa más daño en la acumulación y partición del N en el grano que en la acumulación y partición de materia seca). Contrariamente, cuando el trigo es afectado por patógenos necrotrofos), la concentración de proteína aumenta. Finalmente, los patógenos hemibiotrofos como *Z. tritici* podrían causar efectos combinados dependiendo del genotipo y las condiciones ambientales. En este trabajo, aunque ocurrieron

pequeñas reducciones en el %CPG debido a la aplicación de fungicidas, pudieron ser compensadas con la aplicación de fertilizante nitrogenado. Según Dimmock y Gooding (2002), el uso de fungicidas cuando *Z. tritici* es el patógeno dominante puede reducir el %CPG pero esas pérdidas generalmente son pequeñas y pueden ser reducidas o eliminadas a través de aplicaciones de urea foliar durante el llenado de grano. Los menores valores de %CPG en los tratamientos con Nativo pueden ser explicados por el hecho de que ganancias de rendimiento a través del control de la enfermedad con fungicidas puede diluir la proteína por una producción adicional de carbohidratos.

En este trabajo, el %CPG se incrementó en forma creciente con la dosis de N aplicado desde 0 a 140 N. En forma similar, Ayoub *et al.* (1995) encontraron que el %CPG se incrementó con aumentos de N. Se ha reconocido que el aumento del %CPG bajo condiciones de alta fertilización nitrogenada (Godfrey *et al.*, 2010) o aplicaciones de N tardías (Gooding y Davies, 1997) dan como resultado mayor síntesis y acumulación de proteínas de reserva.

Se ha dado poca atención al impacto de las enfermedades foliares en la molienda y calidad panadera y en las interacciones de la severidad de la enfermedad con el cultivar en la calidad panadera del trigo. En esta tesis, las medias de %CPG fueron acordes a la aptitud panadera de los cultivares. Dimmock y Gooding (2002) mencionaron que los cultivares específicamente panaderos en los cuales la proteína alta es un criterio para la selección junto al RG alto, 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.

Alguna evidencia sugiere que la diferencia en el %CPG entre cultivares no es sólo atribuible a características heredadas sino que también es influenciado por las condiciones ambientales (Denčić *et al.*, 2011). Cuál de los dos factores (genotipo o ambiente) es dominante en formar la calidad panadera es cuestionable y depende de la variabilidad genética de los genotipos testeados y la variación en

las condiciones ambientales (Fuertes Mendizabal *et al.*, 2010). En este trabajo con respecto al %CPG, se observó que las diferencias genotípicas fueron estables en los dos años de ensayo dado que la interacción A × Cu no fue significativa y considerando que los dos años fueron diferentes en cuanto a la cantidad de precipitaciones acumuladas.

3.4.4. Propiedades reológicas: parámetros del farinograma y alveograma

Aunque el %CPG mostró una respuesta significativa al tratamiento con fungicida, los parámetros del alveograma y farinograma medidos en las muestras de harina no mostraron resultados consistentes. En este estudio, W y P decrecieron con la aplicación de fungicidas en el año húmedo (2009) probablemente asociado con bajo %CPG derivado de un incremento en el IAFV y DAFV que condujeron a RG altos. Del mismo modo, Cuniberti *et al.* (2004) en la evaluación de ensayos de la RET, encontraron disminuciones del W y el V cuando se aplicaron fungicidas al mismo tiempo que encontraron una respuesta positiva en rendimiento, PH, PMG, %CPG y gluten en la mayoría de los cultivares. En un estudio anterior (Blandino y Reyneri, 2009) encontraron beneficios consistentes en el W con el uso de fungicidas que contienen triazol más estrobilurina, pero no encontraron diferencias significativas en la variable P/L. Además Cátedra Cerón y Solís Martel (2003) no encontraron diferencias entre W y P/L con o sin fungicidas. Peña *et al.* (2005) no encontraron relaciones entre W y P/L y tampoco parece existir un antagonismo entre estas variables.

En esta tesis, se pudo observar que cuando la dosis de N se incrementó, los parámetros reológicos como la extensibilidad (L) y la fuerza panadera (W) mejoraron. López Bellido *et al.* (1998), Garrido Lestache *et al.* (2005), Godfrey *et al.* (2010) y Fuertes-Mendizabal *et al.* (2010) establecieron que existe un efecto favorable de la fertilización N en la calidad al incrementar el %CPG. Además, de acuerdo a Fuertes Mendizabal *et al.* (2010), ambos L y W fueron más sensibles al agregado de N que la tenacidad (P). Por lo tanto, P fue más independiente de la dosis de N que el resto de los parámetros del alveograma. A diferencia de lo hallado por Fuertes Mendizabal *et al.* (2010) el incremento de L con respecto a P

no resultó en una mejora de la masa en la relación P/L cuando se alcanzó mayor concentración de N en el grano. Esto significa que no necesariamente se pueden obtener masas más equilibradas incrementando la dosis de N. La acumulación de proteína está más vinculada con la formación de gliadinas que de gluteninas. En este sentido, las dosis altas de N o fertilización tardía suelen generar aumentos en el %CPG y mayor relación gliadina/glutenina con menores P/L y masas más extensibles (Schalamuk *et al.*, 2003). En esta tesis, en el año húmedo el L se incrementó con dosis altas de N, probablemente esto pueda deberse al mayor aumento de la concentración de proteínas con un incremento en las gliadinas que está asociado con una mayor extensibilidad (Fuertes Mendizabal *et al.*, 2010).

Chidichimo *et al.* (1997) encontraron una relación positiva entre la incorporación tardía de urea en las variables de calidad tales como W y V. Aunque altas dosis de N pueden generar incrementos de %CPG, que pueden conducir a una mayor cantidad de gliadinas, la calidad de las proteínas es principalmente determinada por el genotipo. Es por esto que las condiciones favorables para la acumulación de proteínas y los aumentos en el contenido de gluten en los cultivares modernos no se corresponden usualmente con aumentos del W. Renzi *et al.* (2007) encontraron que cuando el %CPG aumenta en cultivares de mejor calidad panadera (CG1), el W aumenta mientras que en los cultivares de baja calidad panadera (GC3) el W aumenta en menor medida.

Prácticamente todos los parámetros del alveograma y farinograma respondieron claramente al genotipo y al fertilizante N. Denčić *et al.* (2011) hallaron que el rango de algunos parámetros de calidad fueron significativamente mayores a través de los cultivares más que a través de los ambientes. García *et al.* (2001) encontraron que aunque el %CPG y gluten puede ser estimado recíprocamente, ninguno de estos parámetros mostró una asociación con el W. En este estudio, se encontró una relación positiva entre la adición de N y el W en el cultivar B. Guapo pero lo opuesto sucedió para el cultivar K. Escorpión. Entre los cultivares estudiados, B. Guapo y K. Escorpión presentaron los mejores valores de P, L, W y P/L de acuerdo a su aptitud panadera.

Considerando los parámetros farinográficos, ninguna de las variables excepto el grado de ablandamiento (E), fueron modificados por el tratamiento de fungicidas, aunque estas diferencias fueron inconsistentes. Wang *et al* (2004) encontraron que no hubo diferencias entre las propiedades reológicas entre tratamientos con y sin fungicidas del grupo de triazoles y estrobilurinas. Estos autores solo encontraron diferencias genotípicas significativas con respecto a las propiedades reológicas. Esto coincide por lo hallado por Denčić *et al.* (2011) quienes evaluaron el efecto del cultivar y el ambiente en 140 cultivares de diferentes países. Estos autores concluyeron que el componente genético es principalmente responsable de las variaciones en las variables de calidad comparado con el efecto del ambiente, que tuvo un mayor efecto en el %CPG. Contrariamente, Peña *et al.* (2007) encontraron cambios en el parámetro farinográfico B (tiempo de desarrollo de la masa) y el D (estabilidad) para el mismo cultivar en diferentes localidades. Asimismo, Abbate *et al.*, 2010 encontraron en ensayos experimentales en diferentes zonas productivas argentinas, los efectos de la localidad y del año fueron tanto o más importantes que los del cultivar para definir la calidad del trigo; además el efecto de la localidad cambió entre años. Por otro lado la clasificación por GC no resultó estable entre localidades.

Los resultados de los parámetros farinográficos obtenidos en este estudio solo revelan diferencias entre los cultivares. El cultivar B. Guapo (GC1) presentó los mejores valores de A, B, D y V seguido por K. Escorpión (GC2) y Baguette 10 (GC3), lo que también indicaría que en la calidad panadera es muy determinante el genotipo más que la interacción genotipo × ambiente.

Se puede concluir que *Z. tritici* incrementa el %CPG con escasa influencia en las propiedades reológicas. Indudablemente, se deben profundizar los estudios que incluyan la interacción del ambiente, genotipos, tipos de fungicidas y así fortalecer las bases del conocimiento agronómico para tomar decisiones en el manejo integrado de las enfermedades en un marco de buenas prácticas agrícolas y sustentables con el medio ambiente.

CAPÍTULO 4

DISCUSIÓN GENERAL Y CONSIDERACIONES FINALES

Las enfermedades foliares fúngicas son las principales restricciones bióticas que reducen el rendimiento en los planteos productivos de trigo en Argentina (Annone *et al.*, 1994; Annone *et al.*, 2001; Simón *et al.*, 2002; Bancal *et al.*, 2007; Serrago *et al.*, 2009). La MHT causada por el hongo hemibiótrofo *Zymoseptoria tritici* Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt es una enfermedad de amplia difusión e importancia en el mundo y en nuestro país, debido a los porcentajes de pérdida de rendimiento y sus componentes así como la disminución de la calidad de los granos (Eyal *et al.*, 1987; Annone *et al.*, 1999; Simón *et al.*, 1996; 2002).

A pesar de las importantes disminuciones en el rendimiento, el mejoramiento que se ha realizado ha sido escaso y entre los factores causales pueden mencionarse la alta variabilidad genética de los patógenos (Gurung *et al.*, 2011; Drabesová *et al.*, 2013), la falta de un estudio intenso sobre la genética de la resistencia, como así también el hecho de que la resistencia está condicionada por poligenes que determinan una resistencia parcial y cuya selección en mejoramiento puede resultar más complicada. Aunque se han identificado y mapeado numerosos marcadores de ADN ligados a genes mayores y QTLs con resistencia a la MHT, el despliegue de estos genes en los programas de mejoramiento de trigo no han sido suficientemente explotados debido a la falta de genes efectivos frente a la mayoría de las poblaciones de *Z. tritici* (Arraiano y Brown 2006; Ghaffary *et al.*, 2012; Mergoum *et al.*, 2007). Además, es posible que muchos de los genes de resistencia no sean duraderos y es necesario un esfuerzo continuo en la búsqueda de recursos genéticos efectivos para el manejo de esta enfermedad (Adhikari *et al.*, 2015).

Del mismo modo, la tolerancia a enfermedades en trigo es una herramienta no suficientemente explotada en el mejoramiento del cultivo, siendo un complemento importante de la resistencia genética, ya que implica una reducción en la pérdida de rendimiento frente a similares niveles de infección de la enfermedad, es decir las plantas son infectadas sin padecer efectos importantes en el crecimiento o el

rendimiento (Hammerschmidt, 2004). Las ventajas en el uso de la tolerancia se basan en que puede ser un complemento de la resistencia genética, y puede modificar los umbrales de control reduciendo la aplicación de fungicidas. La tolerancia a MHT podría impactar también en otras variables como los componentes de la calidad industrial del cereal, a través de las modificaciones que puede producir sobre ésta, el efecto de una menor reducción en el rendimiento ante la misma severidad de la enfermedad, o por el hecho de que algunos cultivares puedan frente a similares niveles de severidad o disminución de área verde ser menos afectados en la cantidad o calidad de las proteínas o en variables alveográficas, farinográficas o de panificación.

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la cuantificación de la tolerancia. Como se describió detalladamente en el capítulo 1 la tolerancia ha sido más precisamente cuantificada en base a la relación entre la pérdida de rendimiento y la disminución del área verde causada por las enfermedades (Spitters *et al.*, 1990, Parker *et al.*, 2004), ya que la cuantificación de las enfermedades en base al porcentaje de severidad no aporta información sobre el área del canopeo y no da una idea temporal y espacial de la epifitía dando lugar a errores en la determinación de la tolerancia. En efecto, una forma aún más precisa de evaluarla es cuantificar la relación entre disminución del área verde por estrato foliar (posición vertical dentro del canopeo) donde se manifiesta la enfermedad (Béasse *et al.*, 2000; Robert *et al.*, 2004; Bancal *et al.*, 2007) y las pérdidas de rendimiento para cada cultivar separadamente a través de la comparación de la pendiente de la regresión entre la enfermedad y el rendimiento. Esto se logra con un gradiente de enfermedad a través de la aplicación de diferentes concentraciones de inóculo, lo que limita el número de genotipos a usar, por lo que se necesita tener algún conocimiento previo de los mismos. Zuckerman *et al.*, 1997 encontraron diferencias en tolerancia a MHT en un grupo limitado de variedades, por lo cual sería interesante la búsqueda de tolerancia entre cultivares argentinos.

Discusión de resultados obtenidos considerando los objetivos planteados en los capítulos de la tesis

Considerando los antecedentes mencionados, *el objetivo general que se planteó en esta tesis fue evaluar diferencias en tolerancia a la pérdida de rendimiento por el*

patógeno hemibiótrofo Zymoseptoria tritici entre cultivares de trigo como un complemento de la resistencia genética y su efecto sobre la expresión de la calidad comercial y panadera.

En el capítulo 2 se plantearon los siguientes objetivos específicos: “Evaluar diferencias en tolerancia para rendimiento en cultivares de trigo frente al patógeno hemibiótrofo causante de la mancha foliar (*Z. tritici*) y su impacto sobre la acumulación y partición de N al grano y variables de calidad comercial y panadera”; “Evaluar el efecto de variables ambientales (temperatura media, precipitaciones) sobre la concentración de proteínas”. Con el propósito de cumplir los objetivos enunciados se llevaron a cabo los ensayos experimentales cuyos materiales y métodos utilizados se describieron en el capítulo 2. El desarrollo de los ensayos experimentales y su posterior análisis permitió comprobar la existencia de cultivares tolerantes a la MHT. Esto fue detectado mediante el análisis de las regresiones entre la DAFV y la pérdida de RG causado por la presencia de *Z. tritici* para cada cultivar, generada por un gradiente de inóculo artificial. Así, se encontró que Bag. 10 fue el cultivar que presentó mayor tolerancia, en tanto que K. Chajá fue el cultivar con mayor sensibilidad. Sin embargo varios cultivares tuvieron valores significativamente similares a Bag.10. Ellos fueron B. Brasil, B. 75 Aniversario, K. Escorpión y K. Flecha, que por lo tanto también evidenciaron buenos niveles de tolerancia. Otros cultivares no fueron significativamente diferentes de ambos grupos. Estos resultados están sustentados por muchos estudios que han confirmado que las medidas del tamaño del canopeo, y en particular, el efecto de la enfermedad en el IAFV, correlaciona más estrechamente con la pérdida de rendimiento que con la estimación del porcentaje de severidad solamente (Lim y Gaunt, 1981; Waggoner y Berger, 1987; Whelan y Gaunt, 1990; Byrson *et al.*, 1995; Parker *et al.*, 2004; Foulkes *et al.*, 2006). De acuerdo con lo mencionado en el capítulo 2, en esta tesis, el modelo que contempla la DAFV y el RG para detectar tolerancia demostró ser más explicativo y significativo que los modelos que han usado el ABCPE y la DAFNV para cuantificar los efectos de la enfermedad. Estos modelos también fueron probados pero sin lograr resultados significativos. En ambos años de ensayo se observaron los síntomas de la MHT aunque en el año 2011 las condiciones meteorológicas fueron muy predisponentes para el desarrollo del patógeno, con mayor cantidad de precipitaciones

que en 2010 y la enfermedad se manifestó con mayor severidad y ABCPE. Estas condiciones ambientales predisponentes provocaron también mayores valores de IAFV, DAFV total y por estratos y mayor RG en comparación a 2010. El IAFVHB e IAFVHB-1 fueron mayores en 2011 y disminuyeron con aumentos crecientes del inóculo, se observaron interacciones A × Cu que indicaron diferencias entre cultivares, así B. Guapo, Bag. 10 y K. Escorpión mostraron mayores valores de IAF en estos estratos en 2010 y se diferenciaron del resto de los cultivares. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis ***“Existe variabilidad genética para el carácter tolerancia al hongo patógeno Z. tritici causante de la mancha foliar en los cultivares argentinos de trigo”***

La regresión entre las precipitaciones acumuladas pre- antesis y post- antesis en ambos años con el %CPG dio una asociación negativa y significativa, indicando que a mayor cantidad de lluvias acumuladas tanto pre antesis como post antesis, disminuyó el %CPG. Esto puede atribuirse al incremento en el rendimiento ocasionado por las mismas a través del aumento en las variables de generación de biomasa. Esto coincide con hallazgos de Dimmock y Gooding (2002). Asimismo el incremento de las temperaturas post-antesis dentro del rango de los valores de este trabajo (18 a 19,9°C, para 2010 y 2011 respectivamente), se asoció con una disminución de la concentración de proteínas. Si bien cuando las temperaturas se incrementaron el peso de los granos fue menor, el porcentaje de proteínas disminuyó por un incremento en el rendimiento asociado al número de granos por unidad de superficie. Los valores de temperatura pre-antesis en ambos años fueron muy similares por lo que no permitieron detectar asociaciones. Estos resultados permiten aceptar la hipótesis ***“Las diferencias ambientales (temperatura y lluvias, antes y después de antesis) inciden sobre el IAFV y el rendimiento y pueden influir sobre el efecto de la MHT en la concentración de proteína”***. Esto coincide con lo hallado por Dimmock y Gooding (2002) quienes observaron disminuciones de la proteína cuando ocurrieron altas precipitaciones antes del llenado de grano debido a una dilución del N por el crecimiento vegetativo, e incremento de pérdidas de N.

En esta tesis, el RG y sus componentes fueron reducidos por la inoculación con *Z. tritici*. La reducción en el RG fluctuó entre 25% y 50% dependiendo del cultivar y la concentración de inóculo aplicada. Otros investigadores, Leitch y Jenkins (1995); Simón *et al.* (1996; 2002); Rodrigo *et al.*, (2015) también encontraron, reducciones significativas del rendimiento, EPM², GPE, PMG y PH debido a *Z. tritici*. El rendimiento es afectado predominantemente a través de efectos sobre la DAFV y restricciones en el número de GPE y el peso de los granos (Cornish *et al.*, 1990; Parker *et al.*, 2004; Blandino *et al.*, 2009; Serrago *et al.*, 2011).

Con respecto al impacto de *Z. tritici* sobre la acumulación y removilización de N, se encontró que este patógeno afecta principalmente la removilización de N al grano y en menor medida la absorción post-antesis. No existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en el nivel de removilización y absorción de N post antesis. Los resultados de esta tesis coinciden con lo observado por McCabe *et al.* (2001); Ruske *et al.* (2001), los cuales muestran una significativa reducción en el contenido de nitrógeno en grano producto principalmente de la menor removilización y en menor medida de la absorción post-antesis. Es importante aclarar que si bien el N removilizado y el rendimiento de N disminuyó, hubo un efecto de concentración de proteína por la disminución en el rendimiento de los tratamientos inoculados. Aunque la absorción post antesis no fue afectada significativamente, mostró una clara tendencia a disminuir con el aumento del inóculo por lo tanto, estos resultados permiten confirmar la hipótesis **“La MHT afecta la acumulación y partición de N al grano causando disminución de la removilización y absorción post- antesis”**

Considerando las variables de calidad, la MHT provocó cambios en el %CPG, parámetros alveográficos y farinográficos así como en el V del pan. El %CPG, %GH y %GS, el L, W, B, D y V, aumentaron con las dosis crecientes de inóculo mientras que el P, relación P/L disminuyeron y los parámetros A y E de la masa no evidenciaron cambios. En cuanto a la relación entre tolerancia y variaciones en %CPG debido a *Z. tritici*, grupo de calidad de cultivares y variables alveográficas, farinográficas y de panificación no resultó significativa. La relación entre el grupo de calidad panadera de los cultivares y la tolerancia no mostró correlaciones significativas, sin embargo se

observó que los cultivares de grupo 1 y 2 tendieron a incrementar o mantener el %CPG más que aquellos pertenecientes al grupo de calidad 3. El cultivar Bag. 10 caracterizado por rendimiento potencial alto (baja calidad panadera) resultó tolerante y el cultivar K. Escorpión (calidad panadera moderada) también resultó tolerante mientras que el cultivar B. Guapo de buena calidad panadera y bajo rendimiento potencial, no se consideró sensible ni tolerante a MHT. La correlación entre rendimiento potencial de los cultivares y tolerancia no fue significativa en ambos años. Los resultados encontrados en esta tesis y desarrollados en el capítulo 2 conducen a rechazar la hipótesis **“Las diferencias en tolerancia condicionan un diferente comportamiento de los cultivares en la acumulación de N y las variables de calidad comercial y panadera frente a la infección con *Z. tritici*. En los cultivares tolerantes al existir menores reducciones en el rendimiento la concentración de proteína disminuye con respecto a los no tolerantes que la incrementan cuando son afectados por el patógeno al disminuir su rendimiento”**

Por todo lo expuesto anteriormente, es evidente la importancia de la tolerancia en el manejo integrado de las enfermedades pero como también se explicitó, la investigación al respecto no ha sido suficiente, lo que sumado a la baja efectividad de la resistencia genética conduce a que el control químico siga siendo muy utilizado para combatir la MHT. Los fungicidas son utilizados en el manejo de las enfermedades foliares como estrategia de control (Carmona *et al.*, 1999) y particularmente importantes en la zona de producción triguera Argentina debido a que se combinan altos potenciales de rendimiento de los cultivares, alta presión de infección, escasa resistencia genética a la MHT y otras enfermedades foliares y condiciones meteorológicas predisponentes al desarrollo de diversos patógenos. Del mismo modo la fertilización N, es necesaria para alcanzar altos rendimientos de grano y buena calidad panadera. A pesar de esta influencia positiva en la calidad, la fertilización nitrogenada podría afectar también la expresión de las enfermedades del trigo (Simón *et al.*, 2002, 2003) y la efectividad de la aplicación foliar de fungicidas (Howard *et al.*, 1994; Simón *et al.*, 2002, 2003; Varga *et al.*, 2005) aunque la magnitud y la dirección de este efecto es inconsistente. Los estudios sobre la interacción de fungicidas, tipo de patógeno, disponibilidad de N y cultivares que difieran en su aptitud panadera y tolerancia a la enfermedad son escasos

y solo consideran algunos factores (Cox *et al.* 1989; Mc Kendry *et al.* 1995; Herrman *et al.* 1996; Simon *et al.* 2002; Ruske *et al.* 2003, 2004; Garrido Lestache *et al.* 2004; Arabi *et al.* 2007; Blandino and Reyneri, 2009; Godfrey *et al.* 2010; Rodrigo *et al.* 2015).

Los objetivos propuestos en el capítulo 3 fueron “*evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre las variables de calidad panadera del trigo*” y “*evaluar el efecto de diferentes principios activos de fungicidas (triazol y estrobilurinas + triazoles) en caracteres morfofisiológicos y su efecto sobre el rendimiento y la calidad comercial y panadera de trigo*”.

Para cumplir con estos objetivos se llevaron a cabo ensayos experimentales en dos años. Se utilizaron tres cultivares de diferente grupo de calidad panadera y tolerancia a MHT. B. Guapo (GC1) y sensible a *Z. tritici*, K. Escorpión (GC2) y Bag. 10 (GC3), ambos tolerantes a *Z. tritici* en base a datos de la RET.

La incidencia de las condiciones ambientales (lluvia y temperatura) sobre el IAFV, rendimiento y su influencia en el efecto de la MHT y en el contenido de proteína del grano

Los resultados de este capítulo indicaron que las mayores precipitaciones registradas en 2009 sumado a la alta humedad relativa favorecieron el desarrollo y dispersión de *Z. tritici*. Esto se evidenció en el incremento de la severidad y ABCPE en el año húmedo (2009) y es coincidente con los resultados de Hess y Shanner (1987); Ruske *et al.* (2003); Simón *et al.* (2003) y Rodrigo *et al.* (2015) quienes verificaron el efecto positivo de la humedad relativa y las precipitaciones en el desarrollo de este patógeno y encontraron que las condiciones de tiempo húmedo en una estación de crecimiento favorecieron más la severidad de la MHT que en las estaciones secas. Así mismo, el IAFV, DAFV y RG presentaron valores medios superiores con respecto al segundo año de ensayo (2010) que presentó menores precipitaciones acumuladas. Las condiciones ambientales afectan en forma indirecta el incremento de proteína con la enfermedad. El incremento del canopeo por la mayor cantidad de precipitaciones conduce a un mayor rendimiento diluyendo el %CPG.

El efecto de los fungicidas sobre la dinámica del índice de área foliar total, verde, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial:

Los resultados de los ensayos experimentales demostraron que la aplicación de fungicidas controló la MHT aunque no hubo diferencias significativas entre los principios activos triazol- estrobilurina (Nativo) y triazol (Folicur) en los valores de severidad y ABCPE. El fungicida provocó cambios significativos en el área foliar verde total y por estratos, causando aumento del IAFT, IAFV en los distintos EC evaluados aunque no hubo evidencia de diferencias entre Nativo y Folicur. La DAFVHB y la DAFVHB-1 fue mayor en 2009 con respecto a 2010, el fungicida aumentó la DAFVHB pero no se observaron diferencias entre los principios activos. Estos resultados coinciden con lo hallado por McCartney *et al.*, (2007); Blandino y Reyneri (2009); Wegulo y Stevens (2011) quienes no registraron diferencias significativas en el retraso de la senescencia de la HB o el aumento de RG entre triazoles y triazoles combinados con estrobilurinas.

El mayor IAFT e IAFV por estratos en los tratamientos con fungicida propició un aumento en el RG y sus componentes. Los valores medios de RG se incrementaron en aquellas parcelas tratadas con fungicida coincidiendo con lo hallado por Jorgensen y Olsen (2007). Del mismo modo, Dimmock y Gooding (2002a) explicaron que cuando una epifitias severa es controlada, el uso de fungicidas mejora la calidad del grano ya que el llenado de grano se mantiene.

A su vez, la calidad se vio modificada por el uso de fungicidas. El incremento en la severidad de la MHT provocó aumentos en el %CPG, pero lo opuesto fue observado con la aplicación de fungicidas. Los valores de %CPG se redujeron significativamente con la aplicación de estrobilurina combinada con el fungicida triazol (Nativo) y se diferenció de triazol (Folicur) que no mostró diferencias con las parcelas control. Si bien no se detectaron diferencias significativas entre los principios activos de los fungicidas, existió una tendencia en algunos cultivares, al aumento en las medias de RG en aquellos tratamientos con Nativo. Esto podría explicar el aumento de %CPG en aquellos tratamientos con dicho fungicida. Según Dimmock y Gooding (2002) con la aplicación de fungicidas cuando *Z. tritici* es el patógeno dominante, es común encontrar reducciones en el %CPG. Con respecto a los parámetros reológicos, los valores medios

de P con aplicación de fungicida Nativo en el año húmedo (2009), decrecieron significativamente comparados con Folicur y el tratamiento control, mientras que en el año seco (2010) no hubo diferencias en la respuesta de P a la aplicación de fungicidas. La interacción A × Fu mostró que en 2009 el valor W en las muestras tratadas con Nativo fue el más bajo y estadísticamente diferente de las tratadas con Folicur y el tratamiento control mientras que en 2010 no se observaron diferencias entre los valores de W entre los distintos tratamientos de fungicidas. Cuniberti *et al.*, 2004 encontraron resultados similares. Los parámetros farinográficos tuvieron efecto del cultivar y sus valores medios correspondieron al grupo de calidad panadera. Los parámetros A y B fueron afectados por interacciones del año, N y fungicida mostrando variaciones de los parámetros con N mientras que el D y E no manifestaron tendencias consistentes.

De acuerdo a los resultados encontrados, se puede concluir que la hipótesis “***El principio activo de los fungicidas no ejerce un efecto diferencial sobre el área foliar verde, el rendimiento y las variables de calidad comercial y panadera***” se acepta parcialmente en cuanto a que no se verificó efecto diferencial de los principios activos sobre el área foliar, el RG y las variables alveográficas y farinográficas mientras que en el %CPG se verificó un efecto diferencial de estos fungicidas, por lo tanto se rechaza la idea de que no hay efecto del principio activo sobre el %CPG.

Dinámica del índice de área foliar, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial

Con respecto a los cultivares, Bag. 10 que resultó tolerante, fue el cultivar que presentó mayor RG, mayor GPE, menor EPM², menor PMG y menor PH. Los cultivares B. Guapo y Bag.10 presentaron el menor valor de IAFT y IAFV y se distinguieron en forma significativa de K. Escorpión que obtuvo el mayor valor. La DAFVHB de Bag. 10 presentó la menor duración mientras que B. Guapo y K. Escorpión presentaron DAFVHB superiores, lo cual podría explicar los valores altos en el PMG ya que mantuvo el área fotosintéticamente activa que permitió un adecuado llenado de granos y GPE aunque no superaron a Bag. 10 que fue menos afectado por la MHT y obtuvo elevado RG. También hubo diferencias entre los cultivares con respecto al %CPG se

diferenciaron significativamente según su aptitud panadera, así fue menor en Bag. 10 comparado con B. Guapo y K. Escorpión que no difirieron entre ellos. Con respecto a los valores alveográficos, los cultivares de mejor calidad panadera (B. Guapo y K. Escorpión) obtuvieron los valores más altos y Bag. 10 de calidad panadera inferior obtuvo el valor más bajo. Con respecto a La interacción A × Cu mostró que en el año húmedo (2009) los valores de W fueron significativamente mayores a 2010 en los cultivares de mejor grupo de calidad panadera (B. Guapo y K. Escorpión). Las medias de los valores farinográficos A, B y D se correspondieron con la aptitud panadera de los cultivares. Por último, en los parámetros de panificación analizados como el V de pan también se observaron diferencias entre cultivares acordes al grupo de calidad panadera.

Efecto de dosis crecientes de N sobre la dinámica del índice de área foliar verde, el rendimiento de grano y la calidad panadera e industrial

Las dosis crecientes de N causaron aumento significativo del IAFT, IAFV, el índice de área foliar por estratos y sus respectivas duraciones así como en el RG, las EPM² y los GPE mientras el PMG se redujo. Los cultivares en general respondieron favorablemente al agregado de N y esto se evidenció en las medias de %CPG, %GH, P, L, W, V que se incrementaron con dosis crecientes de N. El % CPG y el %GH aumentaron a medida que se incrementó la dosis de N aplicado de una forma significativa. Los resultados de López Bellido *et al.*, 2001 y Fuertes Mendizabal *et al.*, 2010 confirman el efecto positivo del N sobre parámetros de calidad.

El N provocó aumentos del P en los cultivares de menor aptitud panadera mientras que en los cultivares de mejor aptitud no hubo cambios. El parámetro L también aumentó por el agregado de N pero solo fue significativo en el año 2009, en este parámetro se evidenciaron medias mayores en los cultivares de buena aptitud panadera (B. Guapo y K. Escorpión) mientras que en Bag 10 no se detectaron diferencias entre los valores en ambos años y además las medias fueron menores comparado con los otros cultivares. Con respecto a la relación P/L se observó un aumento en la dosis 70 N con respecto a 0N, sin embargo con 140 N no se observaron aumentos consistentes debido al incremento de ambas variables de esa relación.

El N incidió sobre el W causando un aumento del mismo, a mayor dosis de N, mayor W. Del mismo modo, pudo observarse que los parámetros del farinograma también mejoraron con el agregado de N, así los parámetros A, B y D mostraron valores medios mayores en los distintos tratamientos de N. El agregado de N causó aumentos del V de los panes. En el Pe de los panes no se detectaron efectos significativos del N, Fu y cultivar.

La hipótesis “**La concentración de proteína del grano se incrementa cuando el cultivar es afectado por el patógeno hemibiótrofo *Z. tritici*, este incremento se potencia en condiciones de alta fertilización nitrogenada**” se acepta ya que el %CPG tiende a incrementarse con fertilización nitrogenada cuando el cultivar es afectado por *Z. tritici*.

Consideraciones finales y aportes de esta tesis:

La tolerancia como complemento de la resistencia y herramienta para redefinir umbrales de aplicación de fungicidas resulta muy prometedora para atenuar el impacto de las enfermedades de manera más eficiente y sustentable. La calidad panadera que conforma aspectos relevantes en los mercados y bases de comercialización no fue modificada en forma significativa por la tolerancia a la enfermedad, aunque el grupo de calidad tuvo asociaciones con la misma. Los resultados demostraron la presencia de tolerancia a *Z. tritici*. La tolerancia es una forma de defensa potencialmente durable (Walters *et al.*, 2012) y los productores tienen garantizado rendimientos estables, a pesar de que se presente una epifitias severa de *Z. tritici*. El uso de cultivares tolerantes a enfermedades foliares reduce las probabilidades de presión de selección en las poblaciones patógenas y, por lo tanto, se constituye en una excelente herramienta a los fines de su manejo integrado.

Minimizar la pérdida de rendimiento por unidad de expresión de enfermedad podría ayudar a reducir las aplicaciones de fungicidas, por aumentar el umbral empleado en la toma de decisión. Asimismo se demostró el efecto de *Z. tritici* sobre variables que inciden en la generación de biomasa y el efecto del patógeno sobre la proteína y calidad del trigo.

BIBLIOGRAFÍA

Abbate, P. E., Gutheim, F., Polidoro, O., Milisich, H. J., Cuniberti, M. 2010. Fundamentos para la clasificación del trigo argentino por calidad: efectos del cultivar, la localidad, el año y sus interacciones. *Agriscientia*. 27, 1-9.

Adhikari, T. B., Mamidi, S., Gurung, S., Bonman, J. M. 2015. Mapping of new quantitative trait loci (QTL) for resistance to *Septoria* Leaf Blotch in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 205, 699-706.

Agrios G. Plant pathology. 1998. 4th ed. New York: Academic Press

Altenbach, S.B., Dupont, F.M., Kothari, K. M., Chan, R., Johnson, E. L., Lieu, D. 2003. Temperature, water and fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. *J Cereal Sci*. 37, 9-20.

Alzueta, I., Abeledo, L.G., Miralles, D.J. 2008. Impacto de la fertilización nitrogenada y el momento de aplicación sobre la calidad comercial y reológica en trigo pan (*Triticum aestivum* L.). VII Congreso Nacional de Trigo, C9.

Annone, J. G. 1990. Importancia y distribución de *Septoria* spp. En Kohli, M. M; Beuningen, T. van (eds) Conferencia Regional sobre Septorios: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (pp 9-14). Asunción, Paraguay.

Annone, J. G., Calzolari, A., Polidoro, O., Conta, H. 1991. Efecto de la mancha de la hoja causada por *Septoria tritici* sobre el rendimiento. Informe 122. INTA EEA Pergamino. Pergamino, Argentina.

Annone, J.G; Botta, G y Ivancovich, A. 1994. Ocurrencia de la mancha bronceada del trigo en el área norte de la provincia de Buenos Aires. Actas del II Congreso Nacional de Trigo y primer simposio Nacional de Cereales de Invierno. 205-208.

Annone, J.G., 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* VI, 21-23.

Arabi, M. I., Jawar, M., Mir Ali, N. 2007. The effect of *Mycosphaerella graminicola* infection on wheat protein content and quality. *Cereal. Res. Commun.* 35, 81-88.

Arraiano L, Brown, J. 2006. Identification of isolate-specific and partial resistance to *Septoria tritici* blotch in 238 European wheat cultivars and breeding lines. *Plant Pathol* 55(6), 726–738.

Arraiano, L.S., Brading, P. A., Brown, J. K. M. 2001. A detached seedling leaf technique to study resistance to *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*) in wheat. *Plant. Pathol.* 50, 339–346.

Asborno, M. D., Pardi, H. M. Boletines agrometeorológicos. 2008-2013. EEJH. UNLP.

Association of official Analytical Chemists (A.O.A.C) 11 Ed. 1970. Micro Kjeldahl Technique.

Ayoub, M., Guertin, S., Smith, D. L. 1995. Nitrogen fertilizer rate and timing effect on bread wheat protein in Eastern Canada. *J Agron Crop Sci.* 174, 337-349.

Bailey, K.L., Duczek, L.J., Jones-Flory, L., Kutcher, R., Fernandez, M. R., Hughes, G.R., Kirkham, C., Mortensen, K., Boyetchko, S., Burnett, P., D. Orr. 1993. Saskatchewan/Central Alberta Wheat Diseases Survey 1992. *Can. Plant Dis. Surv.* 73, 75-78.

Bancal M.O., 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 preanthesis reserves. *Annals of Botany.* 100, 777–789.

Bancal, M.O., Roche, R., Bancal, P. 2008. Late foliar diseases in wheat crops decrease nitrogen yield through N uptake rather than through variations in N remobilization. *Ann. Bot.* 102, 579–590.

Barbottin, A., Lecompte, C., Bouchard, C., Jeuffroy, M. H. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: genotypic and environmental effects. *Crop Sci.* 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. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 99, 323–334.

Bayles, R. 1999. The interaction of strobilurin fungicides with cereal varieties. *Plant Varieties and Seeds* 12, 129-140.

Bayles, R. A., Hilton, G. J. 2000. Variety as factors in the response of cereal strobilurins. In 'Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference' - Pest and Diseases. 731-738. (Brighton, United Kingdom)

Beáasse, C., Ney, B., Tivoli, B., 2000. A simple model of pea (*Pisum sativum*) growth affected by *Mycosphaerella pinodes*. *Plant Pathol.* 49, 187–200.

Bingham, I.J., Walters, D.R., Foulkes, M.J., Paveley, N. D. 2009. Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. *Annals appl Biol.* 154, 159-173.

Blandino, M., Pilati, A., Reyneri, A. 2009. Effect of foliar treatments to durum wheat on flag leaf senescence, grain yield, quality and deoxynivalenol contamination in North Italy. *Field Crop Res.* 14, 214- 222.

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. *Eur. J. Agron.* 30, 275-282.

Bolsa de Cereales. 2015. Material bibliográfico del curso “Actualización para peritos clasificadores: trigo y su harina”.

Boote, K.J., Jones, J.W., Mishoe, J.W., Berger, R.D. 1983. Coupling pests to crop simulators to predict yield reductions. *Phytopathol.* 73, 1581–1587.

Branlard, G; Bancel, E; Majoul, T; Martre, P; Triboui, E. 2004. Temperature induced variations of the proteome of developing and mature wheat grain. International Workshop Modelling quality traits and their genetic variability for Wheat 18-21 July 2004, Clermont- Ferrand, France.

Broschous, S. C., J. A. Frank, J. R. Frederik. 1985. Influence of winter wheat management practices on the severity of powdery mildew and septoria blotch in Pennsylvania. *Phytopathol.* 75, 538-542.

Browning, J.A. 1979. Genetic protective mechanisms of plant pathogen populations: Their coevolution and use in breeding for resistance. Pp. 52-57 in M.K. Harris, ed. *Biology and Breeding for Resistance*. Texas A & M University Press, College Station, Texas Publ. MP-1451. 605 pp.

Bryson, R. J., Leandro, L., Jones, D. R., 2000. The physiological effects of kresoximmethyl on wheat leaf greenness and the implication for crop yield. In: *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference–Pest and Disease*, pp. 739-747.

Bryson, R. J., Paveley, N. D., Clark, N. D., Sylvester- Bradley, R., Scott, R. K., 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. *Eur. J. Agron.* 7, 53-62.

Bryson, R. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K., Paveley, N. D. 1995. Reconciling the effects of yellow rust on yield of winter wheat through measurements of green leaf area and radiation interception. *Aspects Appl. Biol.* 42, 9–18.

Buchenauer, H. 1987. Mechanism of action of triazol fungicides and related compounds, In: *Modern selective fungicides: properties, applications, mechanisms of action*, H. Lyr, (Ed.), 205–231 Wiley, ISBN: 047020799X ,New York, New York, USA

Campbell, C. A y De Jong, R. 2000. Root-to-straw influence of moisture and rate of N fertilizer. *Can J Plant Sci.* 81, 39-43.

Carignano, M., Staggenborg, S. A., Shroyer, J. P. 2008. Management practices to minimize tan spot in a continuous wheat rotation. *Agron J.* 100,145-153.

Carmona, M. 2001. Principales enfermedades del trigo y su control. Cuadernillo de actualización técnica trigo, CREA. N° 63, 78-93.

Carmona, M., Cortese, P., Moschini, R., Pioli, R., Ferrazini, M., Reis, E. 1999. Economical damage threshold for fungicide control of leaf blotch and tan spot of wheat in Argentina. In: XIV th International Plant Protection Congress, Jerusalem, Israel, 25-30 July 1999. pp.119.

Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perelló, A.E., Miralles, D.J., 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 Res.* 116, 184-195.

Cátedra Cerón, M. M., Solis Martel, I. 2003. Effect of a fungicide treatment on yield and quality parameters of new varieties of durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*) and bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in western Andalusia. *Spanish J Agric Res* 1, 19-26.

Chen, R. S., McDonald, B. A., 1996. Sexual reproduction plays a major role in the genetic structure of population of the fungus *Mycosphaerella graminicola*. *Genetics*, 142, 1119-1127.

Chidichimo, H. O., Di Luca, J., Acciaresi, H., Sempé, M. E. 1997. Efecto de la fertilizacion tardia sobre la calidad y el rendimiento en trigo pan. Fiesta Provincial del Trigo, 28 de Febrero de 1997. Tres Arroyos, Argentina. pp. 8.

Clark, W. S. 1993. Interaction of winter wheat varieties with fungicide programmes and effects on grain quality. *Asp. Appl Biol.* 36, Cereal Quality III, 397–406.

Clarke, D.D. 1984. Tolerance of parasitic infection in plants. In *Plant Diseases: Infection Damage and Loss*, pp. 119–127. Eds R.K.S. Wood and G.J. Jellis. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications.

Cools, H.J., Fraaije, B.A., 2013. Update on mechanisms of azole resistance in *Mycosphaerella graminicola* and implications for future control. *Pest. Manag. Sci.* 69, 150–5.

Cordo, C. A., Perelló, A. E., Alippi, H. E., Arriaga, H. O. 1990. Presencia de *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter teleomorfo de *Septoria tritici* Rob. Ex

Desm en trigos maduros de la Argentina". Revista de la Facultad de Agronomía, 66/67, 49-55.

Cordo, C. A., Perelló, A. E., Arriaga, H. O., Benedicto, G., Avila Ziglino, I. R. 1994. Resistencia a la Mancha foliar causada por *Septoria tritici* en el trigo pan (*Triticum aestivum*-L.) Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Argentina. 70, 23-32.

Cordo, C. A., Simón, M. R., Chidichimo, H. O., Fernández, L., Kripelz, N. I. 2005. Mineralización de los residuos de trigo provenientes de distintos sistemas de labranza: efecto sobre la pérdida de peso y dinámica del nitrógeno. XIII Congreso Latinoamericano de Fitopatología. III Taller de la Asociación Argentina de Fitopatólogos. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, 19-22 April 2005. p. 348.

Cordo, C. A.; Simón, M. R.; Perelló, A. E.; Alippi, H. E. 1999. Spore dispersal of Leaf blotch pathogens of wheat *Mycosphaerella graminicola* and *Septoria tritici*. In: Ginkel, M. van, McNab, A., Krupinsky, J. (eds) *Septoria and Stagnospora diseases of cereals. A compilation of global research* (98-101). México: CYMMYT.

Cornish, P., Baker, G., Murray, G., 1990. Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum*) to infection with *Mycosphaerella graminicola* causing *Septoria tritici* blotch. Aust. J. Agr. Res. 41, 317-327.

Cox, W. J., Bergstrom, G. C., Reid, W. S., Sorrells, M. E., Otis, D. J. 1989. Fungicide and Nitrogen effects on winter wheat under low foliar disease severity. Crop Sci. 29, 164-170.

Cuniberti, M., Bainotti, C., Fraschina, J., Salines, J., Alberione, E., Galich, A., de Galich, M. T. V., Formica, M. B. 2004. Calidad de cultivares de trigo evaluados en ensayos con control químico de enfermedades foliares. Documentos de INTA Marcos Juarez.

Daniel, C., Triboi, E. 2000. Effect of temperature and Nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. J Cereal Sci. 32, 45-56.

Denčić, S., Mladenov, N., Kobiljski, B. 2011. Effects of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. *Inter J Plant Prod.* 5, 71-82.

Dimmock, J.P.R., Gooding, M.J. 2000 Predicting the effects of fungicides on wheat grain quality. *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference – Pests and Diseases:* 815–820.

Dimmock, J.P.R.E., Gooding, M.J., 2002. The influence of foliar diseases, and their control by fungicides, on the protein concentration in wheat grain: a review. *J. Agr. Sci.*, 138, 349-366.

Drabesová, J., Rysánek, P., Brunner, P., McDonald, B. A., Croll, D. 2013. Population genetic structure of *Mycosphaerella graminicola* and Quinone Outside Inhibitor (QoI) resistance in the Czech Republic. *Eur J Plant Pathol* 135, 211–224.

Dupont, F. M., Altenbach, S. B., 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *J. Cereal Sci.* 38, 133–146.

Dupont, F.M., Chan, R., Lopez, R., 2007. Molar fractions of high molecular-weight glutenin subunits are stable when wheat is grown under various mineral nutrition and temperature regimes. *J. Cereal Sci.* 45, 134–139.

Estep, L, K., Torriani, S.F.F., Zala, M., Anderson, N.P., Flowers, M.D., McDonald, B.A., Mundt, C.C., Brunner, P.C., 2014. Emergence and early evolution of fungicide resistance in North American populations of *Zymoseptoria tritici*. *Plant Pathol.*

Evans LT. 1993. *Crop Evolution, Adaptation, and Yield*. New York: Cambridge Univ. Press. 500 pp.

Eyal, Z., Scharen, A. L., Huffman, D., Prescott, J. M. 1985. Global insights into virulence frequencies of *Mycosphaerella graminicola*. *Phytopathol* 75, 1456-1462.

Eyal, Z., Sharen, A.L., Prescott, J.M., van Ginkel, M. 1987 a. *The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Mexico, DF, CIMMYT. 59 pp.

Eyal, Z., Sharen, A.L., Prescott, J.M., van Ginkel, M. 1987b. The *Septoria* diseases of wheat. Concepts and methods of disease management. México, D. F. CIMMYT.

FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Resumen 2013. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. www.fao.org/publications/sofa/es/

Fischer, R. A. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science*. 105: 447-461.

Foulkes, M.J., Paveley, N.D., Worland, A., Welham, S.J., Thomas, J., Snape, J.W. 2006. Major genetic changes in wheat with potential to affect disease tolerance. *Phytopathol.* 96, 680–688.

Fuertes-Mendizábal, T., Aizpurua, A., González-Moro, M. B., Estavillo, J. M. 2010. Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. *Eur J Agro* 32, 52-61.

Fuertes-Mendizábal, T., González-Murua., C., González- Moro, M.B., Estavillo, J. M. 2012. Late nitrogen fertilization affects nitrogen remobilization in wheat. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175, 115-124.

García, R., Annone, J. G., Martín, A. J., Mac Maney, M., Regis, S. 2001. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y distintos parámetros de calidad industrial de distintas variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). 5to. Congreso Nacional de Trigo, III Simposio Nacional de Cereales de siembra otoño-invernal. 25-28 de Septiembre de 2001; Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

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 Res.* 85, 213-236.

Garrido-Lestache, E., López-Bellido, R., López-Bellido, L., 2005. Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization. *Eur. J. Agron.* 23, 265–278.

GenStat for Windows, 12 Th Edition. Copyright 2009. VSN International Ltd.

Gerhard, M. 2001. Der Einfluss Strobilurinhaltiger Fungizide auf Physiologische Abläufe der Ertragsbildung an Winterweizensorten. Dissertation, (Munche, Germany).

Ghaffary, S. M. T., Faris, J. D., Friesen, T. L., Visser, R. G., van der Lee, T. A., Robert O., Kema, G. H. 2012. New broad-spectrum resistance to *Septoria tritici* blotch derived from synthetic hexaploid wheat. *Theor Appl Genet.* 124(1), 125–142

Gheorghies, C. 1974. Research concerning the influence of certain soil and crop factors upon the *Septoria tritici* leaf blotch of wheat. *Lucrari stiintifice-Institutul Agronomic, Bucuresti Seria Agronomie* 15, 113-119.

Gilbert, J., Tekauz, A. Foliar pathogens of spring wheat in Manitoba in 1989. 1990. *Can. Plan. Dis Surv.* 70, 46.

Gilbert, J., Tekauz, A. Foliar pathogens of spring wheat in Manitoba in 1991. 1992. *Can. Plant. Dis. Surv.* 72, 60-61.

Godfrey, D., Hawkesford, M. J., Powers, S. J., Millar, S., Shewry, P. R. 2010. Effects of crop nutrition on wheat grain composition and end use quality. *J Agric Food Chem.* 58, 3012- 3021.

Gomez Pallarés., Del León., Rosell. 2007. De tales Harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Capítulo 1: Trigo.

Gooding, M. J., Davies, W.P. 1997. Wheat production and utilization. Systems quality and the environment. CAB International, Wallingford, UK, 355 p.

Gooding, M. J., Dimmock, J. P. R. E., France, J., Jones, S. A. 2000. Green leaf area decline of wheat flag leaves: the influence of fungicides and relationships with mean grain weight and grain yield. *Annals App Biol.* 136, 77-84.

Gooding, M. S., Smith, S. P., Davies, W. P; Kettlewell, P. S. 1994. Effects of late-season applications of propiconazole and tridemorph on disease, senescence, grain development and the breadmaking quality of winter. *Crop Prot.* 13, 362-370.

Graybosch, R.A., Peterson, C.J., Baenziger, P. S., Shelton, D. R. 1995. Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. *J Cereal Sci.* 22, 45-51.

Gurung, S., Goodwin, S. B., Kabbage, M., Bockus, W. W., Adhikari, T. B. 2011. Genetic differentiation at microsatellite loci among populations of *Mycosphaerella graminicola* from California, Indiana, Kansas, and North Dakota. *Phytopathol* 101(10), 1251–1259.

Hammerschmidt, R. 2004. Tolerance: a mechanism for survival for both host and pathogen. *Physiological and Molecular Plant Pathology.* 64, 281- 282.

Hedke, K., Verret, J. A. 1999. Efficacy of single fungicide treatments in winter wheat using recommended and reduced dosages. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz.* 106, 98-108.

Herrman, T. J., Bowden, R. L., Loughin, T., Bequette, R. K. 1996. Quality response to the control of leaf rust in karl hard red winter wheat. *Cereal Chemistry.* 73, 235-238.

Hess, D. E., Shaner, G., 1987. Effect of moisture and temperature on development of *Septoria tritici* Blotch in wheat. *Phytopathol.* 77, 215- 219.

Hess, D.E., Shaner, G. 1985. Effect of moist period duration on septoria tritici blotch of wheat. Pp. 70-73 in A.L. Scharen, ed. *Septoria of Cereals.* Proc. Workshop, August 2-4, 1983, Bozeman, MT. USDAARS Publ. No. 12. 116 pp.

Hilu, H. M., Bever, W. M. 1957. Inoculation, oversummering and suscept-pathogen relationship of *Septoria tritici* on *Triticum* species. *Phytopathol.* 47,474-480.

Hooker, A. L. 1957. Methods of inoculation and determining varietal reactions in the *Septoria* disease of oats. *Plant Dis. Rep.* 41,592-597.

Howard, D. D., Chambers, A. Y., Logan, J. 1994. Nitrogen and fungicide effects on yield components and disease severity in wheat. *Journal Prod Agr.* 7, 448-454.

Hunter, T. Coker, R. R., Royle, D.J. 1999. The teleomorph stage, *Mycosphaerella graminicola*, in epidemics of *Septoria tritici* blotch on winter wheat in the UK, *Plant Pathology.* 48, no. 1, 51–57.

Inglese, S. J., Paul, N. D. 2006. Tolerance of *Senecio vulgaris* to infection and disease caused by native and alien rust fungi. *Phytopathol.* 96, 718–726.

IRAM 15852:2002. Norma para determinación de proteínas totales. Método Kjeldahl.

IRAM 15855: 2000-12. Norma para farinógrafo de Brabender.

IRAM 15857: 1995. Norma para alveógrafo de Chopin.

IRAM 15857: 2005. Norma para determinación de humedad.

IRAM 15858- 1 1996. Norma para panificación experimental.

IRAM 15864: 2007. Norma para determinar gluten húmedo y seco.

Ishikawa, S., Hare, M. C., Kettlewell, P. S. 2012. Effects of strobilurin fungicide programmes and fertilizer nitrogen rates on winter wheat: severity of *Septoria tritici*, leaf senescence and yield. *J Agri Sci.* 150, 411-426.

Jenkyn, J.F., Finney, M. E.1981. Fungicides, fertilizers and sowing date. In *Strategies for the Control of Cereal Disease* (Eds J. F. Jenkyn & R. T. Plumb), pp. 179–188. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Jenner, C.F., Ugalde, T.D., Aspinall, D., 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 18, 112–119.

Johansson, E., 2000. In: Shewry, P.R. (Ed.), *Environmental Effects on Wheat Proteins.*

Johansson, E., Prieto-Linde, M.L., Jönsson, J.Ö., 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 78, 19–25.

Johnson, K.B., 1987. Defoliation, disease and growth: a reply. *Phytopathol.* 77, 1495–1497.

Johnston, H. W., MacLeod, J. A., Clough, K. S. 1979. Effects of cycocel (CCC) and fungicide sprays on spring wheat grown at three nitrogen levels. *Can J Plant Sci.* 59, 917-929.

Jorgensen, L. N., Henriksen, K. E., Nielsen, G. C. 1999. Adjusting thresholds for *Septoria* control in Winter wheat using strobilurins. In: 'Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A compilation on Global Research'.

Jorgensen, L. N., Olsen, L. V. 2007. Control of tan spot (*Drechslera tritici-repentis*) using cultivar resistance, tillage methods and fungicides. *Crop Prot.* 26, 1606-1616.

Kelley, K. W. 1993. Nitrogen and foliar fungicide effects on winter wheat. *J. Prod. Agric.* 6, 53-57.

Kelley, K. W. 2001. Planting date and foliar fungicide effects on yield components and grain traits of winter wheat. *Agron J.* 93, 380-389.

Kema GHJ, Silfhout CH. 1996. Histology of the pathogenesis of *Mycosphaerella graminicola* in wheat. *Phytopathol.* 86, 777–786.

Kettlewell, P. S., Lawson, J. A., Davies, W. P., Hocking, T. J. 1987. Disease and grain quality of Avalon winter wheat in response to late-season applications of propiconazole fungicide. *Aspects Appl Biol* 15, Cereal Quality, 403-411.

King, J.E., Jenkins, J.E.E., Morgan, W.A. 1983. The estimation of yield losses in wheat from severity of infection by *Septoria* species. *Plant Pathol* 32, 239-249.

Kover, P. X., Schaal, B. A. 2002. Genetic variation for disease resistance and tolerance among *Arabidopsis thaliana* accessions. 17, 11270-11274.

Kramer, T., Gildemacher, B. H., van der Ster, M., Parlevliet, J.E. 1980. Tolerance of spring barley cultivars to leaf rust, *Puccinia hordei*. Euphytica. 29, 209–216.

Kremer, M., Hoffmann, G. M. 1993. Effekte von Blattinfektionen durch *Drechlera tritici-repentis* auf den Kohlenhydrat- und Stickstoffhaushalt von Weizenpflanzen. Journal of Plant Diseases and Protection 100, 259–277.

Leitch, M. H., Jenkins, P. D. 1995. Influence of nitrogen on the development of *Septoria* epidemics in winter wheat. J. Agric. Sci. 124, 361-368.

Leyva-Mir, S. G., Gilchrist-Saavedra, L., Zavaleta-Mejía, E., Khairallah, M., 2006. Yield losses in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotype inoculated with single and mixed isolates of *Septoria tritici* rob ex. Desm. Agrociencia. 40, 315-323.

Lim, L.G., Gaunt, R.E., 1981. Leaf area as a factor in disease assessment. J. Agric. Sci. 97, 481-483.

López-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E., López-Garrido, F.J., 1998. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality under rainfed mediterranean conditions. Field Crops Res. 57, 265–276.

López-Bellido, L., López-Bellido, R.-J., Castillo, J.E., López-Bellido, F.J., 2001. Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. Field Crop Res. 72, 197–210.

Lovell, D.J., Parker, S.R., Hunter, T., Royle, D.J., Coker, R.R., 1997. Influence of crop growth and structure on the risk of epidemics by *Mycosphaerella graminicola* (*Septoria tritici*) in winter wheat. Plant Pathol. 46, 126-138.

Lupton, F.G.H., 1972. Further experiments on photosynthesis and translocation in wheat. Ann. Appl. Biol. 71, 69-79.

Madden, L.V., Nutter F.W., 1995. Modelling crop losses at the field scale. *Can. J. Plant Pathol.* 17, 124–137.

Mc Cartney, C., Mercera, P. C., Cookea, L. R., Fraaijec, B. A. 2007. Effects of a strobilurin-based spray programme on disease control, green leaf area, yield and development of fungicide resistance in *Mycosphaerella graminicola* in Northern Ireland. *Crop Prot.* 26, 1272–1280.

Mc Kendry, A.L., Henke, G.E., Finney, P.L. 1995. Effects of *Septoria* Leaf Blotch on soft red winter wheat milling and baking quality. *Cereal Chem.* 72,142-146.

McCabe, T., Mulhare, J.J., Byrne, J.J., Mclvor, A., Gallagher, E.J. 2001. Yield and quality improvement with strobilurin fungicides in winter wheat. *Aspects of Applied Biology and Wheat Quality.* 64, 219–226.

Mergoum, M., Singh, P., Ali, S., Elias, E., Anderson, J., Glover, K., Adhikari, T. 2007. Reaction of elite wheat genotypes from the northern Great Plains of North America to *Septoria* diseases. *Plant Dis.* 91(10):1310–1315

Mikhaylenko, G.G., Czuchajowska, L., Baik, B. K., Kidwell, K. K. 2000. Environmental influences on flour composition, dough rheology and baking quality of spring wheat. *Cereal Chem,* 77(4): 505-511

Morris, C. F., Ferguson, D. L., Paulsen, G. M. 1989. Nitrogen fertilizer management with foliar fungicide and growth regulator for hard winter wheat production. *App Agric Res* 4, 135–140.

Mundt, C. C, 2002. Use of multiline cultivars and cultivar mixtures for disease management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 40, 381–410.

Mundt, C. C., Hoffer, M. E, Ahmed, H.U., Coakley, S. M., DiLeone, J. A., Cowger, C., 1999. Population genetics and host resistance. In: Lucas, J. A., Bowyer, P., Anderson, H. M, eds. *Septoria on Cereals: a Study of Pathosystems.* Wallingford, UK: CAB International, 115–30. N fertilizer rate. *Eur J Agron.* 33, 52-61.

Newton, A. C, Thomas W. T. B., Guy, D. C., Gaunt, R. E. 1998. The interaction of fertilizer treatment with tolerance to powdery mildew in spring barley. *Field Crop Res.* 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. *J Plant Dis and Prot.* 107, 67–73.

Olesen, J. E., L. N., Jorgensen, J., Petersen, J. V. Mortensen, 2003. Effects of rate and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. 1. Grain yield and foliar disease control. *J. Agric. Sci.* 140, 1–13.

Parker, S.R., Welham, S., Paveley, N. D., Foulkes J., Scott, R.K. 2004. Tolerance of *Septoria* leaf blotch in winter wheat. *Plant Pathol.* 53, 1-10.

Paveley, N. D. 1999. Integrating *Septoria* risk variables. In: Lucas J. A, Bowyer P, Anderson HM, eds. *Septoria* on Cereals: a study of pathosystems. Wallingford, UK: CABI Publishing, 230–50.

Paveley, N. D., 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. In: HGCA Report 358 (22 pp.).

Paveley, N. D., Lockley, D., Sylvester-Bradley, R., Thomas, J. 1997. Determinants of fungicide spray decisions for wheat. *Pest Sci.* 49, 379–88.

Pechanek, U., Karger, A., Groger, S., Charvat, B., Schoggl, G., Lelley, T., 1997. Effect of nitrogen fertilization on quality of flour protein components, dough properties, and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chem.* 74, 800–805.

Penny, A., Widdowson, F.V., Jenkeyn, J.F. 1978. Spring top-dressing of nitrochalk and late sprays of a liquid nitrogen fertilizer and a broad spectrum fungicide for consecutive crops of winter wheat at Saxmuncham, Suffolk. *J. of Agr. Sci, Cambridge* 100, 163-173.

Peña B., Pérez Herrera, R. J., Villaseñor, P., Mir, E., Gómez Valdes, M. M., Mendoza Lozano, M. A., Monterde Gabilondo, R. 2007. Calidad de la cosecha del trigo en México. Ciclo otoño-invierno 2005-2006. Publicación Especial del CONASIST, Av. Cuauhtémoc No. 1617, Mezzanine, Col. Sta. Cruz Atoyac, México, D. F. 24 pp.

Peña, E., Bernaro, A., Soler, C., Jouve, N. 2005. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties. *Euphytica* 143, 169-177.

Pepler, S., Gooding, M. J., Ford, K. E., Ellis, R.H., Jones, S. A., 2005. Delaying senescence of wheat with fungicides has interacting effects with cultivar on grain sulphur concentration but not with sulphur yield on nitrogen: sulphur ratios. *Eur. J. Agron.* 22, 405-416.

Perelló, A. E., Cordo, C. A., Wolcan, S., Sarandón, S. 1988. Método simple para la obtención de inóculo de *Septoria tritici*. *Rob ex. Desm. Revista de la facultad de Agronomía de La Plata.* 6, 91-94.

Peterson, C. J., Graybosch, R. A., Shelton, D.R., Baenziger, P.S. 1998. Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars to environment in the Great Plains. *Euphytica.* 100, 157-162.

Peturson, B., Newton, M., Whiteside, A. G. O.1948. Further studies on the effect of leaf rust on the yield, grade and quality of wheat. *Can. J. of Res. C* 26, 65-70.

Politowski, K., Browning, J. A. 1978. Tolerance and resistance to plant disease: an epidemiological study. *Phytopathol.* 68, 1177-1185.

Ponomarenko, A., Goodwin, S. B., Kema, G. H. J. 2011. *Septoria tritici* blotch (STB) of wheat. *Plant Health Instructor.* (Fuente página web de la APS). DOI: 10.1094/PHI-I-2011-0407-01.

Ponzio, N. 2010 Calidad panadera de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos. Tesis para optar al grado de Magister en

Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.

Prew, R. D., Church, B. M., Dewar, A. M., Lacey, J., Penny, A., Plumb, R. T., Thorne, G. N., Todd, A. D., Williams, T. D. 1983. Effects of eight factors on the growth and nutrient uptake of winter wheat and on the incidence of pests and diseases. *J Agr Sci.* 100, 363-382.

PRONACATRI, 2006. Calidad industrial del trigo argentino: Análisis de la Red de Ensayos Comparativos de Trigo (RET), comparación de subregiones y variedades comerciales en cultivo. Programa Nacional de Calidad de Trigo, SAGPyA, Bs. As., 34 pp.

Puppala, V., Herrman, T.J., Bockus, W. W., Loughin, T.M., 1998. Quality responses of twelve hard red winter wheat cultivars to foliar disease across four locations in central Kansas. *Cereal Chem.* 75, 148-151.

Puricelli, E. C. J., Arregui, M. C. 2013. Mecanismos de acción de plaguicidas. ISSN 978-987-702-017-5. Ed UNR. 268 p.

Rao, A.C.S., Smith, J.L., Jandhyala, V.K., Papendick, R.I., Parr, J.F., 1993. Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. *Agron. J.* 85, 1023–1028.

Reese, C. L., Clay, D., Beck, D., Englund, R. 2007. Is protein enough for assessing wheat flour quality? Western Nutrient Management Conference, Salt Lake City, UT, 7, 85–90.

Renzi, D., Fritz, N., Galantini, J. A., Salomón, N., Miranda, R. 2007. Parámetros de calidad de muestras comerciales de trigo (2002/3 a 2004/5) In: 'La siembra directa en los sistemas productivos del S y SO Bonaerense, Revista Técnica Especial AAPRESID, CIC, CERZOS y UNS. (Eds Galantini *et al*). pp. 82-84.

Reynolds, M.P., Delgado, M.I., Gutiérrez-Rodryguez, M., Larqué-Saavedra, A., 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment I: genetic diversity and crop productivity. *Field Crops Res.* 66, 37–50.

Richards, R. A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot.* 51, 447–458.

Robert, C., Bancal, M. O., Nicolas, P., Lannou, C., Ney, B., 2004. Analysis and modelling effects of leaf rust and *Septoria tritici* blotch on wheat growth. *J. Exp. Bot.* 55, 1079–1094.

Rodrigo, S., Cuello Hormigo, B., Gomes, C., Santamaría, O., Costa, R., Poblaciones, M. J., 2015. Influence of fungicide treatments on disease severity caused by *Zymoseptoria tritici*, and on grain yield and quality parameters of bread- making wheat under Mediterranean conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 141, 99-109.

Roth, G. W., Marshall, H. G. 1987. Effects of timing of nitrogen fertilization and fungicide on soft red winter wheat. *Agron J.* 79, 197-200.

Roy, B. A., Kirchner, J. W., Christian, C. E., Rose, L. E. 2000. High disease incidence and apparent disease tolerance in a North American Great Basin plant community. *Evol Ecol.* 14, 421–38.

Royle, D.J., Parker, S.R., Lovell, D.J., Hunter, T. 1995. Interpreting trends and risks for better control of *Septoria* in winter wheat. In: *A vital role for fungicides in Cereal Production* (Eds H.G. Hewitt, D. Tyson, D.W. Hollomon, J. M. Smith, W.P. Davies., K. R. Dixon), pp. 105-115. Oxford: Bios.

Ruske, R. E., Gooding, M. J., Dobraszczyk, B. J. 2004. Effects of triazole and strobilurin fungicide programmes, with and without late-season nitrogen fertilizer, on the baking quality of Malacca winter wheat. *J Cereal Sci* 40, 1-8.

Ruske, R. E., Gooding, M. J., Jones, S. A. 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 Prot.* 22, 975-987.

Ruske, R. E., Gooding, M.J., 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.

Sanderson, F. R. 1972. *Mycosphaerella* species as the ascogenous state of *Septoria tritici* Rob. and Desm. N. Z., *Journal of Botany*. 10, 707–709.

Sarandón, S. J., Golik, S. I., Chidichimo, H. O. 1997. Acumulación y partición del nitrógeno en dos cultivares de trigo pan ante la fertilización nitrogenada en siembra directa y convencional. *Rev. Fac. Agr. La Plata*. 102, 175-186.

Schafer, J. 1971. Tolerance to plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.* 9, 235–252.

Schalamuk, S., Simón, M. R., Acciaresi, H. A. 2003. Generación de la calidad en trigo. Material didáctico de uso interno Cerealicultura. FCAyF. UNLP.

Schneider, C. A., Rasband, W. S., Eliceiri, K. W. 2012. NIH Image to Image J: 25 years of image analysis. *Nature Methods*. 9, 671-675.

Scholes, J.D., Rolfe S.A., 1995. How do biotrophic pathogens affect the photosynthetic metabolism of their hosts? In *Physiological Responses of Plants to Pathogens: Asp. Appl. Biol.* 42, 91–99. Eds Walters D.R., Scholes J.D., Bryson R.J., Paul N.D., Mc Roberts N. Wellesbourne, UK: Association of Applied Biologists. *Science* 40, 1-8.

Schuh, W. 1990. Influence of tillage systems on disease intensity and spatial pattern of *Septoria* leaf blotch. *Phytopathol.* 80, 1337-1340.

Serrago, R. A., Carretero, R., Bancal, M. O., Miralles, D. J. 2011. Grain weight response to foliar diseases control in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crop Res.* 120, 352-359.

Serrago, R.A., Carretero, R., Bancal, M.O., Miralles, D.J., 2009. Foliar diseases affect the eco-physiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Eur. J. Agron.* 31, 195-203.

Shaner, G. 1981. Effect of environment on fungal leaf blights of small grains. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19, 273-296.

Shaner, G. and R.E. Finney. 1976. Weather and epidemics of septoria leaf blotch of wheat. *Phytopathol.* 66, 781-785.

Shaner, G., Finney, R. E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathol.* 67, 1051-1056.

Shaw, M. W., Royle, D. J. 1989. Airborne inoculum as a major source of *Septoria tritici* (*Mycosphaerella graminicola*) infections in winter wheat crops in the UK. *Plant Pathol.* 38, 35-43.

Shaw, M.W., 1999. Epidemiology of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum*: An Overview. En: van Ginkel, M., McNab, A., Krupinsky, J. (Eds.), *Septoria and stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research*. CIMMYT, México, D.F.

Shewry, P. R. 1999. The synthesis, processing, and deposition of gluten proteins in the developing wheat grain. *Cereal Foods World*, 44, 587–589. Jenner, C.F., T.D. Ugalde, and D. Aspinall. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. *Australian J Plant Physiol.* 18: 211-226.

Shewry, P.R., Halford, N. G. 2002. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *J. Exp. Bot.* 53, 947–958.

Shipton, W. A., Boyd, W. J. R., Rosielle, A. A. 1971. The common *Septoria* diseases of wheat. *Botanical Review.* 37, 231– 262.

SIIA, Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA). 2014. Estadísticas, Agricultura. Trigo. Disponible en: <http://www.sii.gov.ar/series>. Consultado: marzo 2014.

Simmonds, D. H. 1989. Fundamental aspects of wheat quality: the protein fraction. In: CSIRO Editorial Services (eds.). *Wheat and Wheat Quality in Australia*, 9, 183–208.

Simón, M.R., Cordo, C. A., Castillo, N. S., Struik, P. C., 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 J Agron. Volume 2012, Article ID 680275.

Simón, M.R., Cordo, C. A., Perelló, A.E., Struik, P.C. 2003. Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Phytopathol.* 151, 283-289.

Simón, M.R., Perelló, A. E, Cordo, C.A., Struik, P.C., 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components, and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Sci.* 42, 1974-1981.

Simón, M.R., Perelló, A.E., Cordo, C.A., Arriaga, H.O. 1996. Influencia de la infección tardía de *Septoria tritici* Rob Ex Desm sobre el peso de mil granos y algunos parámetros de calidad en *Triticum aestivum* L. *Invest. Agrar: Prod. Prot. Veg.* 11, 161-171.

Simpson, R. H., Lambers, H., Dalling, M. J. 1983. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 71, 7–14.

Slafer, G. A., Rawson, H. M. 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re- examination of some assumptions made by physiologists and modelers. *Australian J Plant Physiol.* 21, 393-426.

Smith, G. P., Gooding, M. J. 1996. Relationships of wheat quality with climate and nitrogen application in regions of England (1974-1993). *Annals Appl. Biol.* 129, 97-108.

Smith, G. P; Gooding, M.J. 1999. Models of wheat grain quality considering climate, cultivar and nitrogen effects. *Agr. Foest. Meteorol* 94, 159-170.

Spiertz, J. H. J., 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 J Agric Sci.* 26, 210-231.

Spitters, C. J. T., Roermund, H.J.W., van Nassau, H.G.M.G., Schepers, J., Mesdag, J., 1990. Genetic variation in partial resistance to leaf rust in winter wheat: disease progress, foliage senescence and yield reduction. *Netherlands J Plant Pathol.* 96, 3–15.

Stewart, S., Pereyra, S., Dias de Ackermann, M. 2002. Manchas foliares de trigo y cebada bajo siembra directa: conceptos y estrategia de control. Informe 32. INIA.

Stone, P. J., Savin, R. 1999. Grain quality and its physiological determinants. In: 'Wheat: ecology and physiology of yield determination'. (Eds Satorre E, Slafer GA) pp. 85-119. (Food Product Press).

Stone, P.J. and M.E. Nicolas. 1994. Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stresses. *Australian J Plant Physiol.* 21,887-900.

Stone, P.J., Nicolas, M. E. 1996. Varietal differences in mature protein composition of wheat resulted from different rates of polymer accumulation during grain filling. *Australian J Plant Physiol.* 23, 727-737.

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.

Takayama, T., Ishikawa, N., Taya, S. 2006. The effect to the protein concentration and flour quality of nitrogen fertilization at 10 days after heading in wheat. *Japan Agricultural Research Quarterly.* 40, 291-297.

Thorne, G. N., Pearman, I., Day, W., Todd, A. D. 1988. Estimation of radiation interception by winter wheat from measurements of leaf area. *J Agric Sci.* 110, 101–8.

Torriani, S. F. F., Brunner, P. C., McDonald, B. A., Sierotzki, H., 2009. Qol resistance emerged independently at least 4 times in European populations of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Manag. Sci.* 65, 155–62.

Triboi, E., Triboi-Blondel, A. M. 2009. Productivity and seed composition. In: 'Modification of Seed Composition to Promote Health and Nutrition', Agronomy monograph. American Society of Agronomy and Crop Science.

Van Beuningen, L. T., Kohli, M. M. 1990. Deviation from the regression of infection and height as a measure of resistance to *Septoria tritici* blotch on wheat. *Plant Dis.* 74, 488-493.

Varga, B., Svečnjak, Z., Maćešić, D., Uher, D. 2005. Winter wheat cultivar responses to fungicide application are affected by nitrogen fertilization rate. *J Agron Crop Sci.* 191, 130-137.

Verreet, J. A., Hoffmann, G. M. 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.

Verreet, J.A., Klink, H., 2002. The biology of fungal pathogens. Vol. 1: Fungal

Vincelli, P. 2002. QoI (Strobilurin) Fungicides: Benefits and Risks. The Plant Health Instructor.

Waggoner, P. E., Berger, R. 1987. Defoliation, Disease and Growth. *Phytopathol.* 77, 393-398.

Walters, D.R., Avrova, A., Bingham, I. J., Burnett, F. J., Fountaine, J., Havis, N. D., Hoad, S. P., Hughes, G., Looseley, M., Oxley, S. J. P., Renwick, A., Topp, C. F. E., Newton, A. C. 2012. *Eur. J Plant Pathol.* 133, 33–73.

Wang, J., Pawelzik, E., Weinert, J., Zhao, Q., Wolf, G. 2004. Effect of fungicide treatment on the quality of wheat flour and breadmaking. *J Agric Food Chem.* 52, 7593-7600.

Wardlaw, C. M., Wrigley, C. M. 1994. Heat tolerance in temperate cereals: An overview. *Australian J Plant Physiol.* 21, 695-703.

Watson, A. M., Hare, M.C., Kettlewell, P. S., Brosnan, J. M., Agu, R.C., 2010. Relationships between disease control, green leaf duration, grain quality and the production of alcohol from winter wheat. *J. Sci Food Agric.* 90, 2602-2607.

Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Botany.* NS 11, 41-76.

Weegels, P. L., Hamer, R. J., Schofield, D. 1996. Critical Review. Functional Properties of wheat glutenin. *J Cereal Sci*, 23, 1-18.

Wegulo, S., Stevens, J. 2011. Yield response to foliar fungicide application in winter wheat. Chapter 1: Fungicides for plant and animal diseases. 227-244.

Whelan, H.G., Gaunt, R.E., 1990. Yield loss: disease relationship in barley crops with different yield potentials. *Proceeding of the 43rd NZ Weed and Pest Control Conference 1990*, 159–162.

Wieser, H., 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.* 24, 115–119.

Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.

Zhan, J., McDonald, B. A., 2004. The interaction among evolutionary forces in the pathogenic fungus *Mycosphaerella graminicola*. *Fungal Genet. Biol.* 41, 590–9.

Zilberstein, M., Blum, A., Eyal, Z., 1985. Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post anthesis speckled leaf blotch stress. *Phytopathol.* 75, 226-230.

Ziv, O., Eyal, Z., 1978. Assessment of yield component losses caused in plants of spring wheat cultivars by selected isolates of *Septoria tritici*. *Phytopathol.* 68, 791-6.

Zuckerman, E., Eshel, A., Eyal, Z. 1997. Physiological aspects related to tolerance of spring wheat cultivars to *Septoria tritici* blotch. *Phytopathol.* 87, 60-65.

ANEXO: TABLAS DE MEDIAS DEL CAPÍTULO 2

Anexo 1: Índice de área foliar total (IAFT) y duración de área foliar total (DAFT) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFT (EC 39) | | | | | | IAFT (EC 60) | | | | | | IAFT (EC 82) | | | | | | DAFT | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | |
| K. Zorro | 2,22 | 2,08 | 1,83 | 6,15 | 6,00 | 4,32 | 2,58 | 1,60 | 1,72 | 5,56 | 4,02 | 3,97 | 1,59 | 1,33 | 0,94 | 0,69 | 0,61 | 0,75 | 113,5 | 84,3 | 79,5 | 241,3 | 198,9 | 173,9 | |
| K. Chajá | 2,18 | 2,00 | 1,89 | 6,50 | 5,45 | 5,50 | 2,44 | 1,86 | 1,65 | 4,52 | 4,49 | 4,05 | 0,90 | 0,93 | 0,96 | 0,90 | 0,57 | 0,75 | 101,9 | 85,1 | 78,8 | 222,1 | 202,2 | 193,6 | |
| ACA 801 | 3,41 | 1,78 | 1,24 | 7,31 | 6,48 | 5,32 | 2,76 | 2,20 | 1,47 | 4,19 | 4,19 | 4,17 | 1,28 | 1,41 | 0,97 | 0,92 | 0,49 | 0,71 | 131,9 | 95,6 | 64,9 | 226,0 | 209,3 | 193,7 | |
| K. Flecha | 2,29 | 1,36 | 1,35 | 6,50 | 5,53 | 4,30 | 2,30 | 1,64 | 1,38 | 4,09 | 3,76 | 4,01 | 1,14 | 1,25 | 0,68 | 0,79 | 0,76 | 0,66 | 102,6 | 73,8 | 61,1 | 209,9 | 186,8 | 173,6 | |
| R. Centinela | 2,95 | 2,60 | 2,79 | 6,45 | 4,97 | 5,43 | 2,46 | 1,95 | 1,98 | 4,45 | 3,49 | 3,39 | 1,23 | 0,94 | 2,01 | 0,58 | 0,54 | 0,47 | 117,0 | 96,3 | 110,9 | 216,4 | 169,1 | 173,0 | |
| B. Brasil | 3,16 | 2,25 | 1,58 | 4,37 | 6,27 | 3,90 | 1,75 | 1,59 | 1,55 | 4,95 | 4,39 | 3,54 | 1,05 | 1,12 | 1,17 | 0,75 | 0,61 | 1,02 | 100,6 | 84,1 | 74,0 | 199,5 | 212,5 | 159,6 | |
| B. 75 Aniversario | 2,44 | 2,00 | 1,76 | 6,75 | 5,17 | 5,33 | 2,28 | 1,78 | 2,17 | 4,17 | 4,11 | 3,83 | 1,44 | 0,83 | 1,25 | 0,36 | 0,43 | 0,55 | 107,7 | 82,1 | 93,0 | 211,2 | 186,8 | 183,4 | |
| Bag. 10 | 2,77 | 2,60 | 2,62 | 6,56 | 5,96 | 5,59 | 3,30 | 2,82 | 2,79 | 4,13 | 4,46 | 4,43 | 0,98 | 1,06 | 0,78 | 0,66 | 0,74 | 0,46 | 135,8 | 122,2 | 118,7 | 210,5 | 211,0 | 201,6 | |
| B. Guapo | 5,11 | 4,07 | 3,11 | 7,00 | 5,96 | 5,31 | 2,25 | 2,53 | 2,02 | 3,89 | 4,17 | 3,66 | 1,10 | 0,88 | 0,92 | 0,77 | 0,55 | 0,60 | 145,6 | 134,7 | 108,0 | 212,4 | 201,5 | 179,4 | |
| K. Escorpión | 5,38 | 3,39 | 1,93 | 7,81 | 5,48 | 3,82 | 3,21 | 2,40 | 1,59 | 4,85 | 4,04 | 3,88 | 1,16 | 0,84 | 1,27 | 0,84 | 0,52 | 0,78 | 174,6 | 120,9 | 82,8 | 249,5 | 190,7 | 164,4 | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,31 | | | | | | | 0,73 | | | | | | 0,15 | | | | | 20,9 | | | | | | |
| Ti | 0,16 | | | | | | | 0,24 | | | | | | 0,09 | | | | | 7,57 | | | | | | |
| Cu | 0,57 | | | | | | | 0,51 | | | | | | 0,18 | | | | | 14,7 | | | | | | |
| A x Ti | 0,23 | | | | | | | 0,35 | | | | | | 0,14 | | | | | 10,7 | | | | | | |
| A x Cu | 0,80 | | | | | | | 0,72 | | | | | | 0,25 | | | | | 20,8 | | | | | | |
| Ti x Cu | 0,98 | | | | | | | 0,88 | | | | | | 0,31 | | | | | 25,5 | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 1,39 | | | | | | | 1,24 | | | | | | 0,44 | | | | | 36,0 | | | | | | |

Anexo 2: Índice de área foliar verde (IAFV) y duración área foliar verde (DAFV) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFV (EC 39) | | | | | | IAFV (EC 60) | | | | | | IAFV (EC 82) | | | | | | DAFV | | | | | | |
|-------------------|--------------|-----|-----|------|-----|-----|--------------|-----|-----|------|-----|-----|--------------|-----|-----|------|-----|-----|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | |
| K. Zorro | 2,2 | 2,0 | 1,8 | 6,0 | 5,3 | 4,1 | 2,7 | 1,4 | 1,4 | 5,1 | 3,1 | 2,9 | 1,3 | 0,8 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 104,5 | 73,2 | 63,6 | 222,7 | 158 | 136,3 | |
| K. Chajá | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 6,3 | 4,7 | 4,6 | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 4,3 | 3,5 | 3,1 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 0,2 | 0,1 | 94,1 | 78,9 | 62,6 | 213 | 161,7 | 148,6 | |
| ACA 801 | 3,1 | 1,5 | 1,1 | 6,7 | 4,3 | 3,8 | 2,4 | 1,8 | 1,3 | 3,6 | 2,7 | 2,7 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,1 | 0 | 114,5 | 74,8 | 54,2 | 197,8 | 145,1 | 126,1 | |
| K. Flecha | 2,2 | 1,2 | 1,3 | 6,0 | 4,8 | 3,4 | 2,2 | 1,5 | 1,2 | 3,5 | 3,1 | 3,5 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0 | 95,2 | 60,2 | 51,8 | 183,2 | 153,4 | 140,3 | |
| R. Centinela | 2,9 | 2,5 | 2,5 | 6,3 | 4,3 | 5,1 | 2,4 | 1,8 | 1,5 | 3,1 | 2,7 | 2,6 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 0 | 110,6 | 88 | 81 | 178,7 | 136,4 | 143,2 | |
| B. Brasil | 3,1 | 2,1 | 1,4 | 4,1 | 5,7 | 3,7 | 1,7 | 1,4 | 1,3 | 3,9 | 3,2 | 3,0 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 94,2 | 72,8 | 59,4 | 166,9 | 169,8 | 134,2 | |
| B. 75 Aniversario | 2,4 | 1,8 | 1,6 | 6,6 | 4,9 | 4,6 | 2,1 | 1,3 | 1,8 | 3,7 | 3,7 | 3,0 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 94,6 | 63,4 | 74,7 | 196 | 169,2 | 147,5 | |
| Bag. 10 | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 6,5 | 5,7 | 4,9 | 2,9 | 2,2 | 2,1 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 0,8 | 0,7 | 0,2 | 0,6 | 0,5 | 0 | 123 | 100,9 | 86,9 | 220,8 | 192,6 | 170,7 | |
| B. Guapo | 4,8 | 3,4 | 2,8 | 6,9 | 5,4 | 4,8 | 1,8 | 1,4 | 1,3 | 3,6 | 3,1 | 3,1 | 0,9 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0 | 128,8 | 94 | 77,6 | 200,9 | 166 | 149,6 | |
| K. Escorpión | 5,2 | 3,0 | 1,4 | 7,2 | 5,0 | 3,4 | 2,5 | 1,9 | 1,0 | 4,2 | 3,6 | 3,4 | 1 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,2 | 0,4 | 152,4 | 97,6 | 53,4 | 224,5 | 169,7 | 142 | |
| A | 0,4 | | | | | | | 0,3 | | | | | | 0,3 | | | | | 13,6 | | | | | | |
| Ti | 0,2 | | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,1 | | | | | 8,3 | | | | | | |
| A x Ti | 0,3 | | | | | | | 0,3 | | | | | | 0,3 | | | | | 11,9 | | | | | | |
| Cu | 0,6 | | | | | | | 0,5 | | | | | | 0,2 | | | | | 14 | | | | | | |
| A x Cu | 0,8 | | | | | | | 0,6 | | | | | | 0,3 | | | | | 19,8 | | | | | | |
| Ti x Cu | 1,0 | | | | | | | 0,8 | | | | | | 0,4 | | | | | 24 | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 1,4 | | | | | | | 1,1 | | | | | | 0,5 | | | | | 34 | | | | | | |

Anexo 3: %Área foliar no verde (%AFNV) y tasa de incremento %AFNV (EC 39 - EC 82) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | %AFNV (EC 39) | | | | | | %AFNV (EC 60) | | | | | | %IAFNV (EC 82) | | | | | | Tasa de incremento %AFNV | | | | | |
|--------------------------|---------------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|--------------------------|------|-------|-------|------|------|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC |
| K. Zorro | 1,36 | 2,73 | 7,1 | 8,79 | 19,5 | 30,4 | 8,62 | 9,54 | 20,7 | 8,79 | 20,3 | 28,8 | 13,8 | 41,7 | 38,3 | 66,7 | 83,1 | 92,5 | 12,5 | 39 | 31,2 | 57,9 | 63,6 | 62,1 |
| K. Chajá | 1,49 | 3,36 | 4,9 | 9,09 | 18,2 | 14,6 | 6,56 | 5,19 | 22,9 | 9,09 | 18,6 | 14,3 | 24 | 45,9 | 51,5 | 66,7 | 77,8 | 70,4 | 22,5 | 42,6 | 46,5 | 57,6 | 59,6 | 55,9 |
| ACA 801 | 6,68 | 9,05 | 14,8 | 5,79 | 12,8 | 12,9 | 11,0 | 14,6 | 12,5 | 5,91 | 12,9 | 12,7 | 24,1 | 35,8 | 42,6 | 12,2 | 74,2 | 66,7 | 17,4 | 26,7 | 27,8 | 6,38 | 61,2 | 53,7 |
| K. Flecha | 4,36 | 7,96 | 8,07 | 4,24 | 22,8 | 25,5 | 2,70 | 11,0 | 9,53 | 4,24 | 22,8 | 25,5 | 36,1 | 27,6 | 44,7 | 22,4 | 70,2 | 100 | 31,8 | 19,6 | 36,6 | 18,2 | 47,4 | 74,5 |
| R. Centinela | 0,8 | 3,55 | 13,2 | 12,1 | 26,9 | 28,6 | 2,64 | 6,45 | 17,9 | 12,2 | 26,9 | 28,6 | 23,2 | 38,4 | 50,6 | 56,4 | 70,7 | 70,5 | 22,4 | 34,8 | 37,4 | 44,3 | 43,7 | 41,8 |
| B. Brasil | 0,92 | 5,35 | 11,1 | 7,87 | 16,1 | 29,6 | 3,88 | 7,09 | 15,0 | 8,00 | 15,8 | 29,5 | 24,2 | 44,2 | 53,6 | 5,35 | 77,1 | 66,7 | 23,3 | 38,9 | 42,5 | -2,52 | 61 | 37,1 |
| B. 75 Aniversario | 1,24 | 8,99 | 9,7 | 17,3 | 31,3 | 26,6 | 5,11 | 13,9 | 17,6 | 17,4 | 31,1 | 26,6 | 22,6 | 55,7 | 50,2 | 66,7 | 66,7 | 100 | 21,3 | 46,7 | 40,5 | 49,4 | 35,4 | 73,4 |
| Bag. 10 | 13,23 | 17,5 | 15,9 | 12,1 | 17,5 | 15,6 | 14,7 | 17,9 | 13,6 | 12,4 | 16,9 | 15,7 | 66 | 83,9 | 100 | 66 | 83,9 | 100 | 52,8 | 66,4 | 84,1 | 53,9 | 66,5 | 84,4 |
| B. Guapo | 13,5 | 34,3 | 40,5 | 12,3 | 34 | 40,6 | 13,4 | 35,3 | 35,3 | 12,3 | 34 | 40,6 | 68,2 | 70,8 | 100 | 57,3 | 100 | 100 | 54,74 | 36,5 | 59,5 | 45 | 65,9 | 59,4 |
| K. Escorpión | 9,77 | 10,8 | 16,9 | 8,94 | 10,6 | 16,2 | 12,5 | 13,7 | 18,9 | 8,94 | 10,6 | 16,2 | 49,8 | 75,2 | 5,89 | 30,4 | 58,2 | 36,2 | 40,1 | 64,3 | -11,1 | 21,4 | 47,7 | 19,9 |
| LSD A | 10,36 | | | | | | 10,82 | | | | | | 40,63 | | | | | | 30,27 | | | | | |
| Ti | 2,31 | | | | | | 2,76 | | | | | | 15,02 | | | | | | 15,4 | | | | | |
| Cu | 4,72 | | | | | | 5,71 | | | | | | 19,56 | | | | | | 18 | | | | | |
| A × Ti | 3,27 | | | | | | 8,66 | | | | | | 21,25 | | | | | | 21,78 | | | | | |
| A × Cu | 6,67 | | | | | | 8,07 | | | | | | 27,66 | | | | | | 25,46 | | | | | |
| Ti × Cu | 8,17 | | | | | | 9,89 | | | | | | 33,87 | | | | | | 31,18 | | | | | |
| A × Ti × Cu | 12,31 | | | | | | 14,51 | | | | | | 51,75 | | | | | | 46,79 | | | | | |

Anexo 4: Índice de área foliar de la hoja bandera (IAFHB) y duración de área foliar de la hoja bandera (DAFVHB) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFVHB (EC 39) | | | | | | IAFVHB (EC 60) | | | | | | IAFVHB (EC 82) | | | | | | DAFVHB | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----|-----|------|-----|-----|----------------|-----|-----|------|-----|-----|----------------|-----|-----|------|-----|-----|--------|------|------|-------|------|------|------|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC |
| K. Zorro | 0,9 | 0,7 | 0,5 | 1,6 | 0,9 | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 1,6 | 0,9 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 37,8 | 28,7 | 28,4 | 31,6 | 57,6 | 41,2 | 52,1 |
| K. Chajá | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 1,4 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 1,4 | 1,3 | 1,0 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 38,8 | 31,9 | 27,2 | 32,6 | 53,2 | 54,1 | 44,4 |
| ACA 801 | 1,2 | 0,8 | 0,6 | 1,6 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,8 | 0,3 | 0,0 | 40,9 | 35,5 | 28,9 | 35,1 | 65,9 | 55,3 | 51,3 |
| K. Flecha | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,8 | 0,2 | 0,0 | 34,2 | 24,3 | 23,4 | 27,3 | 64,1 | 50,2 | 46,7 |
| R. Centinela | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 0,2 | 39,2 | 35,8 | 33,1 | 36,0 | 59,9 | 55,0 | 45,6 |
| B. Brasil | 1,2 | 1,0 | 0,6 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,9 | 0,4 | 0,0 | 37,4 | 42,6 | 26,5 | 35,5 | 56,9 | 46,4 | 42,7 |
| B. 75 Aniversario | 1,3 | 1,0 | 0,6 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 1,5 | 0,8 | 0,6 | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,0 | 54,1 | 43,6 | 32,1 | 43,3 | 52,3 | 43,7 | 36,9 |
| Bag. 10 | 1,4 | 1,0 | 0,9 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,1 | 0,9 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 0,3 | 0,2 | 0,0 | 49,7 | 43,8 | 46,3 | 46,6 | 55,6 | 43,8 | 40,5 |
| B. Guapo | 1,5 | 1,3 | 1,1 | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,5 | 1,3 | 1,0 | 0,4 | 0,1 | 0,0 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 50,5 | 54,3 | 49,0 | 51,2 | 58,9 | 52,2 | 42,6 |
| K. Escorpión | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,0 | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,2 | 47,9 | 46,2 | 60,9 | 51,7 | 59,9 | 49,7 | 45,4 |
| LSD A | 0,12 | | | | | | 0,28 | | | | | | 0,32 | | | | | | 3,20 | | | | | | |
| Ti | 0,08 | | | | | | 0,08 | | | | | | 0,13 | | | | | | 3,70 | | | | | | |
| A x Ti | 0,11 | | | | | | 0,11 | | | | | | 0,18 | | | | | | 5,20 | | | | | | |
| Cu | 0,14 | | | | | | 0,16 | | | | | | 0,17 | | | | | | 5,80 | | | | | | |
| A x Cu | 0,19 | | | | | | 0,22 | | | | | | 0,24 | | | | | | 8,20 | | | | | | |
| Ti x Cu | 0,24 | | | | | | 0,27 | | | | | | 0,29 | | | | | | 10,0 | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 0,34 | | | | | | 0,39 | | | | | | 0,42 | | | | | | 14,0 | | | | | | |

Anexo 5: Índice de área foliar de la hoja bandera menos uno (IAFHB-1) y duración de área foliar de la hoja bandera (DAFVHB-1) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFVHB-1 EC 39 | | | | | | IAFVHB-1 EC 60 | | | | | | IAFVHB-1 EC 82 | | | | | | DAFVHB-1 | | | | | |
|-------------------|----------------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|----------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC |
| K. Zorro | 0,68 | 0,59 | 0,40 | 1,71 | 1,12 | 0,84 | 0,70 | 0,45 | 0,38 | 1,71 | 1,12 | 0,84 | 0,35 | 0,38 | 0,17 | 0,23 | 0,27 | 0,11 | 19,99 | 15,1 | 11,18 | 49,59 | 32,48 | 24,4 |
| K. Chajá | 0,86 | 0,58 | 0,46 | 1,39 | 1,02 | 0,81 | 0,69 | 0,48 | 0,36 | 1,39 | 1,02 | 0,81 | 0,21 | 0,25 | 0,19 | 0,28 | 0,18 | 0,20 | 22,47 | 15,35 | 11,81 | 40,21 | 29,58 | 23,6 |
| ACA 801 | 0,96 | 0,55 | 0,42 | 1,45 | 1,14 | 1,03 | 0,73 | 0,71 | 0,39 | 1,44 | 1,17 | 1,03 | 0,29 | 0,23 | 0,21 | 0,24 | 0,17 | 0,16 | 24,59 | 18,36 | 11,76 | 41,86 | 33,49 | 30 |
| K. Flecha | 0,58 | 0,44 | 0,35 | 1,40 | 1,04 | 0,92 | 0,63 | 0,45 | 0,43 | 1,40 | 1,04 | 0,92 | 0,23 | 0,27 | 0,11 | 0,31 | 0,10 | 0,14 | 17,55 | 12,9 | 11,26 | 40,7 | 30,16 | 26,7 |
| R. Centinela | 0,98 | 0,82 | 0,50 | 1,32 | 1,13 | 0,90 | 0,68 | 0,51 | 0,44 | 1,32 | 1,13 | 0,90 | 0,28 | 0,18 | 0,20 | 0,28 | 0,18 | 0,20 | 24,11 | 19,27 | 13,63 | 38,38 | 32,87 | 26,2 |
| B. Brasil | 1,05 | 0,68 | 0,42 | 1,31 | 1,01 | 0,87 | 0,80 | 0,66 | 0,29 | 1,29 | 1,04 | 0,87 | 0,24 | 0,17 | 0,16 | 0,24 | 0,17 | 0,16 | 26,87 | 19,37 | 10,2 | 37,65 | 29,72 | 25,1 |
| B. 75 Aniversario | 1,11 | 0,71 | 0,52 | 1,25 | 1,06 | 0,71 | 1,23 | 0,61 | 0,39 | 1,23 | 1,07 | 0,71 | 0,31 | 0,10 | 0,14 | 0,31 | 0,10 | 0,14 | 33,88 | 19,14 | 13,17 | 35,96 | 30,93 | 20,5 |
| Bag. 10 | 1,21 | 0,94 | 0,86 | 1,21 | 0,94 | 0,86 | 1,03 | 0,94 | 1,04 | 1,12 | 1,04 | 0,86 | 0,35 | 0,38 | 0,17 | 0,35 | 0,38 | 0,17 | 32,58 | 27,36 | 27,45 | 33,83 | 28,71 | 24,8 |
| B. Guapo | 1,30 | 1,05 | 0,87 | 1,30 | 1,05 | 0,87 | 1,17 | 1,05 | 1,00 | 1,30 | 1,05 | 0,87 | 0,21 | 0,25 | 0,19 | 0,21 | 0,25 | 0,19 | 35,77 | 30,55 | 27,16 | 37,6 | 30,55 | 25,3 |
| K. Escorpión | 1,43 | 1,10 | 0,92 | 1,43 | 1,10 | 0,92 | 1,04 | 1,03 | 1,38 | 1,43 | 1,10 | 0,92 | 0,29 | 0,23 | 0,21 | 0,29 | 0,23 | 0,21 | 35,77 | 30,88 | 33,4 | 41,42 | 31,95 | 26,6 |
| A | 0,15 | | | | | | 0,12 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,85 | | | | | |
| Ti | 0,05 | | | | | | 0,07 | | | | | | 0,15 | | | | | | 1,71 | | | | | |
| A x Ti | 0,08 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,21 | | | | | | 2,41 | | | | | |
| Cu | 0,14 | | | | | | 0,15 | | | | | | 0,06 | | | | | | 3,66 | | | | | |
| A x Cu | 0,19 | | | | | | 0,21 | | | | | | 0,09 | | | | | | 5,18 | | | | | |
| Ti x Cu | 0,23 | | | | | | 0,26 | | | | | | 0,11 | | | | | | 6,34 | | | | | |
| A x Ti x Cu | 0,33 | | | | | | 0,36 | | | | | | 0,16 | | | | | | 8,96 | | | | | |

Anexo 6: Índice de área foliar de la hoja bandera menos dos (IAFHB-2) y duración de área foliar de la hoja bandera (DAFVHB-2) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFVHB-2 EC 39 | | | | | | IAFVHB-2 EC 60 | | | | | | DAFVHB-2 | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|--|--|--|--|--|--|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | | | | | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | | | | | | |
| K. Zorro | 0,46 | 0,34 | 0,26 | 1,5 | 0,76 | 0,38 | 0,41 | 0,29 | 0,22 | 1,5 | 0,76 | 0,38 | 17,9 | 12,3 | 9,2 | 59,1 | 30,2 | 15 | | | | | | |
| K. Chajá | 0,41 | 0,34 | 0,19 | 1,12 | 0,89 | 0,69 | 0,59 | 0,4 | 0,34 | 1,12 | 0,89 | 0,69 | 21,2 | 15,1 | 11,1 | 44,4 | 35,2 | 27,4 | | | | | | |
| ACA 801 | 0,56 | 0,4 | 0,21 | 1,21 | 1 | 0,84 | 0,6 | 0,4 | 0,15 | 1,21 | 1 | 0,84 | 23,4 | 15,8 | 6,8 | 47,8 | 39,6 | 33,3 | | | | | | |
| K. Flecha | 0,5 | 0,36 | 0,26 | 1,06 | 0,81 | 0,7 | 0,39 | 0,24 | 0,22 | 1,06 | 0,81 | 0,7 | 16,9 | 11,5 | 9,5 | 42 | 32 | 27,5 | | | | | | |
| R. Centinela | 0,5 | 0,3 | 0,25 | 1 | 0,73 | 0,55 | 0,7 | 0,53 | 0,31 | 1 | 0,76 | 0,52 | 25,3 | 17,6 | 11,5 | 39,6 | 29,6 | 21 | | | | | | |
| B. Brasil | 0,63 | 0,34 | 0,22 | 1 | 0,83 | 0,69 | 0,65 | 0,42 | 0,32 | 1 | 0,82 | 0,69 | 25,7 | 15,6 | 11,3 | 39,5 | 32,6 | 27,4 | | | | | | |
| B. 75 Aniversario | 0,84 | 0,42 | 0,28 | 0,87 | 0,57 | 0,48 | 0,83 | 0,53 | 0,34 | 0,87 | 0,57 | 0,48 | 33,2 | 19,2 | 12,5 | 34,2 | 22,7 | 19 | | | | | | |
| Bag. 10 | 0,95 | 0,83 | 0,84 | 1,06 | 0,86 | 0,7 | 1,06 | 0,86 | 0,7 | 1,06 | 0,85 | 0,71 | 40,3 | 33,5 | 29,6 | 41,9 | 33,6 | 27,9 | | | | | | |
| B. Guapo | 1 | 0,23 | 0,41 | 1 | 0,41 | 0,23 | 1 | 0,41 | 0,23 | 1 | 0,41 | 0,23 | 39,4 | 13,6 | 11,8 | 39,4 | 16,2 | 9,2 | | | | | | |
| K. Escorpión | 0,88 | 0,96 | 1,07 | 1,14 | 0,95 | 0,82 | 1,14 | 0,95 | 0,82 | 1,14 | 0,95 | 0,82 | 41,3 | 37,7 | 36 | 45,2 | 37,5 | 32,3 | | | | | | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,13 | | | | | | 0,01 | | | | | | 1,8 | | | | | | | | | | | |
| Ti | 0,07 | | | | | | 0,06 | | | | | | 2,2 | | | | | | | | | | | |
| A x Ti | 0,09 | | | | | | 0,08 | | | | | | 3,2 | | | | | | | | | | | |
| Cu | 0,12 | | | | | | 0,1 | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | |
| A x Cu | 0,17 | | | | | | 0,14 | | | | | | 5,7 | | | | | | | | | | | |
| Ti x Cu | 0,2 | | | | | | 0,18 | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 0,29 | | | | | | 0,25 | | | | | | 9,9 | | | | | | | | | | | |

Anexo 7: Índice de área foliar de la hoja bandera menos tres (IAFHB-3) y duración de área foliar de la hoja bandera (DAFVHB-3) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | IAFVHB-3 (EC 39) | | | | | | | | IAFVHB-3 (EC 60) | | | | | | | | DAFVHB-3 | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|------|------|-------|------|------|------|-------|------------------|------|------|-------|------|------|------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | | |
| | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | |
| K. Zorro | 0,35 | 0,21 | 0,14 | 0,24 | 0,65 | 0,29 | 0,12 | 0,35 | 0,32 | 0,26 | 0,17 | 0,25 | 0,65 | 0,29 | 0,12 | 0,35 | 13,12 | 9,59 | 6,18 | 9,63 | 25,67 | 11,45 | 4,87 | 14,00 | |
| K. Chajá | 0,38 | 0,20 | 0,14 | 0,24 | 0,35 | 0,20 | 0,21 | 0,26 | 0,41 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,35 | 0,27 | 0,14 | 0,26 | 15,81 | 9,85 | 8,83 | 11,50 | 13,96 | 9,70 | 6,63 | 10,10 | |
| ACA 801 | 0,40 | 0,22 | 0,16 | 0,26 | 0,76 | 0,59 | 0,30 | 0,55 | 0,50 | 0,30 | 0,13 | 0,25 | 0,76 | 0,59 | 0,30 | 0,55 | 18,32 | 10,69 | 5,52 | 11,51 | 30,15 | 23,44 | 11,85 | 21,81 | |
| K. Flecha | 0,44 | 0,27 | 0,20 | 0,30 | 0,64 | 0,34 | 0,15 | 0,38 | 0,33 | 0,21 | 0,18 | 0,25 | 0,64 | 0,34 | 0,15 | 0,38 | 14,59 | 9,25 | 7,53 | 10,46 | 25,15 | 13,43 | 6,06 | 14,88 | |
| R. Centinela | 0,48 | 0,33 | 0,14 | 0,32 | 0,49 | 0,19 | 0,01 | 0,23 | 0,50 | 0,41 | 0,27 | 0,25 | 0,49 | 0,19 | 0,01 | 0,23 | 19,51 | 15,08 | 8,73 | 14,44 | 19,22 | 7,64 | 0,26 | 9,04 | |
| B. Brasil | 0,70 | 0,41 | 0,12 | 0,41 | 0,37 | 0,23 | 0,06 | 0,22 | 0,57 | 0,36 | 0,19 | 0,25 | 0,41 | 0,19 | 0,06 | 0,22 | 24,32 | 14,94 | 6,52 | 15,26 | 15,66 | 8,04 | 2,24 | 8,65 | |
| B. 75 Aniversario | 0,51 | 0,28 | 0,11 | 0,30 | 0,20 | 0,11 | 0,04 | 0,12 | 0,65 | 0,38 | 0,19 | 0,25 | 0,20 | 0,11 | 0,04 | 0,12 | 23,56 | 13,69 | 6,34 | 14,53 | 8,03 | 4,21 | 1,71 | 4,65 | |
| Bag. 10 | 0,39 | 0,29 | 0,35 | 0,35 | 0,43 | 0,34 | 0,26 | 0,35 | 0,43 | 0,33 | 0,28 | 0,25 | 0,43 | 0,32 | 0,28 | 0,35 | 16,54 | 12,37 | 12,04 | 13,65 | 17,12 | 12,93 | 10,90 | 13,65 | |
| B. Guapo | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,25 | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,13 | 11,32 | 2,90 | 1,58 | 5,27 | 11,32 | 2,90 | 1,58 | 5,27 | |
| K. Escorpión | 0,40 | 0,50 | 0,46 | 0,45 | 0,67 | 0,50 | 0,19 | 0,45 | 0,65 | 0,49 | 0,22 | 0,25 | 0,67 | 0,50 | 0,19 | 0,45 | 22,18 | 19,37 | 12,04 | 17,86 | 26,46 | 19,62 | 7,50 | 17,86 | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0,05 | | | | | | | | | | 0,08 | | | | | | | | | | | | | 2,67 | |
| Ti | 0,05 | | | | | | | | | | 0,04 | | | | | | | | | | | | | 1,36 | |
| Cu | 0,12 | | | | | | | | | | 0,09 | | | | | | | | | | | | | 3,67 | |
| A × Ti | 0,08 | | | | | | | | | | 0,06 | | | | | | | | | | | | | 1,93 | |
| A × Cu | 0,17 | | | | | | | | | | 0,13 | | | | | | | | | | | | | 5,18 | |
| Ti × Cu | 0,20 | | | | | | | | | | 0,16 | | | | | | | | | | | | | 6,35 | |
| A × Ti × Cu | 0,29 | | | | | | | | | | 0,23 | | | | | | | | | | | | | 8,98 | |

Anexo 8: Rendimiento de grano (RG), componentes y peso hectolítico (PH) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | Rendimiento de grao (kg ha ⁻¹) | | | | | | EPM ² | | | | | | GPE | | | | | | PMG | | | | | | Peso Hectolítico (kg hl ⁻¹) | | | | | | |
|--------------------|--|------|------|------|------|------|------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|--|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | |
| | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | Si | BC | AC | |
| K. Zorro | 4409 | 3238 | 3049 | 5473 | 4358 | 3661 | 442 | 311 | 323 | 519 | 531 | 486 | 36,2 | 36,7 | 33,8 | 41,4 | 39,6 | 38,1 | 41,3 | 41,1 | 40,5 | 40,3 | 36,8 | 36,2 | 82,4 | 81,5 | 82,0 | 76,6 | 79,0 | 78,8 | |
| K. Chajá | 4183 | 3512 | 2701 | 7143 | 5711 | 4561 | 462 | 370 | 308 | 472 | 472 | 464 | 34,8 | 34,6 | 33,7 | 44,0 | 40,1 | 36,6 | 39,9 | 39,3 | 37,8 | 39,6 | 35,9 | 32,9 | 81,6 | 82,4 | 83,7 | 72,5 | 77,5 | 76,6 | |
| ACA 801 | 4404 | 2745 | 2440 | 5834 | 4220 | 3088 | 450 | 310 | 305 | 601 | 568 | 555 | 34,6 | 34,0 | 31,4 | 37,9 | 33,3 | 31,9 | 40,0 | 37,6 | 36,5 | 34,7 | 33,0 | 28,2 | 82,5 | 82,8 | 84,1 | 77,4 | 78,8 | 77,2 | |
| K. Flecha | 3924 | 2946 | 2402 | 5999 | 4934 | 3831 | 362 | 263 | 228 | 464 | 422 | 413 | 37,1 | 39,1 | 36,2 | 42,7 | 40,1 | 36,7 | 41,7 | 41,0 | 41,3 | 36,2 | 34,4 | 32,5 | 82,6 | 84,2 | 83,4 | 78,0 | 79,2 | 76,8 | |
| R. Centinela | 4817 | 3723 | 2864 | 4611 | 3993 | 3886 | 425 | 364 | 318 | 482 | 424 | 443 | 40,8 | 37,5 | 33,7 | 36,8 | 34,2 | 30,9 | 39,9 | 38,7 | 39,0 | 39,8 | 37,4 | 34,7 | 81,6 | 82,2 | 82,0 | 78,4 | 78,9 | 78,2 | |
| B. Brasil | 3297 | 3047 | 2906 | 5347 | 3730 | 3116 | 371 | 379 | 313 | 480 | 493 | 451 | 30,8 | 30,4 | 32,9 | 39,3 | 35,7 | 33,5 | 41,7 | 40,5 | 40,3 | 36,2 | 34,6 | 34,4 | 83,4 | 82,8 | 84,4 | 79,8 | 80,1 | 77,7 | |
| B. 75 | 4029 | 3616 | 2721 | 6701 | 5272 | 4235 | 373 | 356 | 300 | 691 | 626 | 640 | 35,9 | 34,5 | 33,5 | 41,0 | 40,0 | 38,7 | 43,8 | 42,2 | 39,6 | 36,6 | 34,6 | 31,7 | 82,7 | 83,4 | 81,5 | 76,9 | 79,0 | 78,7 | |
| Aniversario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baguette 10 | 4480 | 4027 | 3402 | 6364 | 5712 | 4693 | 437 | 409 | 402 | 537 | 502 | 505 | 37,8 | 35,4 | 34,0 | 39,8 | 35,7 | 33,7 | 40,4 | 40,4 | 37,1 | 37,2 | 37,5 | 33,4 | 76,2 | 77,8 | 77,7 | 75,1 | 77,7 | 77,5 | |
| B. Guapo | 5206 | 4277 | 2634 | 7398 | 6051 | 3703 | 421 | 429 | 397 | 521 | 532 | 500 | 37,3 | 34,3 | 32,5 | 39,3 | 36,3 | 34,5 | 44,0 | 37,9 | 34,7 | 42,0 | 34,3 | 30,9 | 75,1 | 76,5 | 76,4 | 73,7 | 75,8 | 76,3 | |
| K. Escorpión | 4997 | 4013 | 3523 | 7122 | 5642 | 5014 | 448 | 405 | 394 | 548 | 505 | 491 | 37,0 | 34,9 | 33,0 | 39,2 | 36,9 | 35,4 | 41,5 | 38,2 | 36,5 | 38,6 | 35,8 | 33,7 | 77,0 | 77,9 | 78,0 | 78,1 | 77,9 | 75,0 | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 375 | | | | | | 60,5 | | | | | | 5,39 | | | | | | 6,45 | | | | | | 2,19 | | | | | | |
| Ti | 331 | | | | | | 20,7 | | | | | | 1,40 | | | | | | 0,99 | | | | | | 1,25 | | | | | | |
| Cu | 614 | | | | | | 56,3 | | | | | | 3,46 | | | | | | 2,30 | | | | | | 1,66 | | | | | | |
| A × Ti | 468 | | | | | | 29,3 | | | | | | 1,98 | | | | | | 5,71 | | | | | | 1,86 | | | | | | |
| A × Cu | 868 | | | | | | 79,5 | | | | | | 4,89 | | | | | | 3,25 | | | | | | 2,35 | | | | | | |
| Ti × Cu | 1063 | | | | | | 97,4 | | | | | | 5,99 | | | | | | 3,98 | | | | | | 2,88 | | | | | | |
| A × Ti × Cu | 1604 | | | | | | 138 | | | | | | 8,47 | | | | | | 5,64 | | | | | | 4,07 | | | | | | |

Anexo 9: Contenido proteína del grano (%CPG), gluten húmedo (%GH), gluten seco (%GS) para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | % CPG | | | | | | | | %GH | | | | | | | | %GS | | | | | | | |
|--------------------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|-----|-------|
| | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | |
| | SI | BC | AC | media | SI | BC | AC | media | SI | BC | AC | media | SI | BC | AC | media | SI | BC | AC | media | SI | BC | AC | media |
| K. Zorro | 10,0 | 11,1 | 11,3 | 10,8 | 10,8 | 10,1 | 10,1 | 10,3 | 22,5 | 24,0 | 24,3 | 23,6 | 23,5 | 23,4 | 23,1 | 23,3 | 7,9 | 8,2 | 8,5 | 8,2 | 8,3 | 8,2 | 8,1 | 8,2 |
| K. Chajá | 10,9 | 11,0 | 12,3 | 11,4 | 11,1 | 10,6 | 11,0 | 10,9 | 20,3 | 20,7 | 24,2 | 21,7 | 18,4 | 21,4 | 22,0 | 20,6 | 7,4 | 7,3 | 8,2 | 7,6 | 6,7 | 7,4 | 7,3 | 7,1 |
| ACA 801 | 10,1 | 13,0 | 13,4 | 12,1 | 9,3 | 11,1 | 11,4 | 10,6 | 21,5 | 22,3 | 22,4 | 22,1 | 23,5 | 24,3 | 24,6 | 24,1 | 7,8 | 8,0 | 7,8 | 7,8 | 8,3 | 8,3 | 8,4 | 8,3 |
| K. Flecha | 9,3 | 12,5 | 12,8 | 11,5 | 10,0 | 9,6 | 11,4 | 10,3 | 21,7 | 23,0 | 23,5 | 22,7 | 21,3 | 22,4 | 25,1 | 22,9 | 7,7 | 8,1 | 8,3 | 8,0 | 7,4 | 7,7 | 8,7 | 7,9 |
| R. Centinela | 11,5 | 13,0 | 11,8 | 12,1 | 9,7 | 9,7 | 11,9 | 10,4 | 21,5 | 21,5 | 21,1 | 21,4 | 21,2 | 22,7 | 23,5 | 22,4 | 7,4 | 7,3 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 7,1 | 8,5 | 7,7 |
| B. Brasil | 11,1 | 12,5 | 12,5 | 12,0 | 10,6 | 10,5 | 10,6 | 10,6 | 22,3 | 22,8 | 23,1 | 22,7 | 21,9 | 21,0 | 22,6 | 21,8 | 7,8 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 7,4 | 7,1 | 7,9 | 7,5 |
| B. 75 | 10,6 | 11,3 | 12,9 | 11,6 | 9,3 | 9,6 | 9,8 | 9,6 | 22,3 | 22,4 | 23,5 | 22,7 | 18,2 | 18,9 | 20,6 | 19,2 | 7,7 | 7,7 | 8,2 | 7,9 | 6,8 | 6,6 | 7,4 | 6,9 |
| Aniversario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baguette 10 | 9,0 | 9,6 | 10,0 | 9,5 | 9,3 | 8,3 | 9,1 | 8,9 | 21,9 | 22,0 | 23,5 | 22,5 | 22,1 | 21,7 | 23,4 | 22,4 | 8,5 | 8,5 | 8,9 | 8,6 | 9,2 | 8,7 | 8,2 | 8,7 |
| B. Guapo | 8,6 | 9,2 | 10,2 | 9,3 | 8,8 | 9,0 | 10,8 | 9,5 | 16,5 | 16,1 | 18,2 | 16,9 | 16,8 | 15,9 | 18,6 | 17,1 | 5,8 | 5,8 | 6,8 | 6,2 | 5,9 | 5,8 | 6,6 | 6,1 |
| K. Escorpión | 10,6 | 11,7 | 11,1 | 11,1 | 10,9 | 11,7 | 11,7 | 11,4 | 21,3 | 22,3 | 22,4 | 22,0 | 21,5 | 22,7 | 22,2 | 22,1 | 7,7 | 8,0 | 8,5 | 8,1 | 7,8 | 8,3 | 8,1 | 8,1 |
| | 10,2 | 11,5 | 11,8 | | 10,0 | 10,0 | 10,8 | | 21,2 | 21,7 | 22,6 | | 20,8 | 21,4 | 22,5 | | 7,6 | 7,7 | 8,1 | | 7,5 | 7,5 | 7,9 | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 1,09 | | | | | | | | 0,31 | | | | | | | 0,12 | | | | | | | | |
| Ti | 0,54 | | | | | | | | 0,70 | | | | | | | 0,19 | | | | | | | | |
| Cu | 0,78 | | | | | | | | 0,91 | | | | | | | 0,35 | | | | | | | | |
| A × Ti | 0,76 | | | | | | | | 0,98 | | | | | | | 0,26 | | | | | | | | |
| A × Cu | 1,11 | | | | | | | | 1,28 | | | | | | | 0,50 | | | | | | | | |
| Ti × Cu | 1,36 | | | | | | | | 1,57 | | | | | | | 0,61 | | | | | | | | |
| A × Ti × Cu | 1,92 | | | | | | | | 2,22 | | | | | | | 0,86 | | | | | | | | |

Anexo 10: Parámetros del alveograma para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | P (mm) | | | | | | L (mm) | | | | | | P/L | | | | | | W ($J \times 10^{-4}$) | | | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|-----|--------------------------|-----|-----|------|-----|-----|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC |
| K. Zorro | 111,1 | 102,5 | 100,0 | 110,2 | 97,3 | 88,7 | 36,0 | 40,0 | 40,0 | 40,7 | 45,0 | 43,7 | 3,8 | 2,6 | 2,5 | 2,7 | 2,3 | 2,0 | 179 | 200 | 198 | 185 | 178 | 227 |
| K. Chajá | 98,4 | 81,9 | 90,2 | 69,8 | 74,3 | 76,2 | 36,7 | 36,7 | 43,0 | 45,0 | 47,3 | 51,0 | 2,7 | 2,2 | 2,2 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 162 | 158 | 158 | 122 | 152 | 189 |
| ACA 801 | 112,7 | 112,2 | 113,0 | 74,5 | 76,3 | 74,0 | 35,0 | 37,0 | 42,7 | 57,0 | 52,3 | 63,7 | 3,2 | 3,1 | 2,6 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | 180 | 201 | 223 | 168 | 169 | 214 |
| K. Flecha | 118,6 | 82,5 | 82,0 | 100,9 | 116,8 | 84,9 | 43,0 | 50,0 | 48,0 | 47,0 | 42,7 | 61,3 | 2,8 | 1,8 | 1,7 | 2,3 | 2,7 | 1,4 | 218 | 204 | 220 | 208 | 205 | 213 |
| R. Centinela | 94,9 | 83,3 | 81,9 | 117,8 | 107,2 | 109,3 | 42,0 | 42,0 | 41,0 | 41,7 | 41,3 | 48,0 | 2,3 | 2,0 | 2,0 | 2,8 | 2,6 | 2,3 | 170 | 171 | 173 | 223 | 220 | 242 |
| B. Brasil | 108,1 | 92,4 | 101,2 | 112,8 | 107,3 | 105,0 | 39,0 | 38,7 | 39,0 | 37,0 | 41,7 | 43,0 | 2,8 | 2,4 | 2,6 | 3,4 | 2,6 | 2,5 | 173 | 173 | 169 | 185 | 190 | 264 |
| B. 75 | 85,3 | 86,7 | 88,2 | 136,9 | 107,9 | 105,3 | 38,3 | 39,3 | 49,3 | 39,3 | 48,7 | 42,3 | 2,2 | 2,4 | 1,8 | 3,5 | 2,3 | 2,5 | 144 | 145 | 179 | 242 | 252 | 247 |
| Aniversario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baguette 10 | 130,0 | 130,0 | 113,1 | 128,9 | 134,3 | 113,1 | 38,7 | 44,0 | 48,3 | 37,3 | 43,7 | 51,7 | 3,4 | 3,0 | 2,4 | 3,5 | 3,1 | 2,3 | 196 | 210 | 233 | 206 | 221 | 247 |
| B. Guapo | 148,9 | 127,7 | 126,3 | 149,7 | 128,8 | 127,7 | 38,7 | 41,0 | 46,3 | 38,0 | 40,0 | 46,0 | 3,9 | 3,1 | 2,7 | 3,9 | 3,2 | 2,8 | 227 | 230 | 250 | 239 | 241 | 260 |
| K. Escorpión | 115,1 | 105,6 | 97,6 | 113,9 | 111,7 | 99,7 | 40,7 | 43,7 | 45,0 | 40,3 | 47,3 | 48,0 | 2,8 | 2,4 | 2,2 | 2,8 | 2,5 | 2,1 | 203 | 220 | 226 | 215 | 227 | 230 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 7,36 | | | | | | 3,60 | | | | | | 0,36 | | | | | | 14,6 | | | | | |
| Ti | 4,22 | | | | | | 1,80 | | | | | | 0,15 | | | | | | 14,8 | | | | | |
| Cu | 6,32 | | | | | | 4,21 | | | | | | 0,26 | | | | | | 15,9 | | | | | |
| A × Ti | 5,97 | | | | | | 2,55 | | | | | | 0,21 | | | | | | 20,9 | | | | | |
| A × Cu | 8,94 | | | | | | 5,95 | | | | | | 0,37 | | | | | | 22,5 | | | | | |
| Ti × Cu | 10,94 | | | | | | 7,29 | | | | | | 0,46 | | | | | | 27,6 | | | | | |
| A × Ti × Cu | 15,5 | | | | | | 10,0 | | | | | | 0,65 | | | | | | 39,0 | | | | | |

Anexo 11: Parámetros del farinograma para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | A (ml) | | | | | | B (min) | | | | | | D (min) | | | | | | E (U.B) | | | | | |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|---------|-----|------|------|-----|-----|---------|------|------|------|------|------|---------|------|------|-------|-------|-------|
| | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | | 2010 | | | 2011 | | |
| | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC | SI | BC | AC |
| K. Zorro | 58,4 | 59,4 | 56,3 | 61,1 | 59,9 | 59,5 | 4,5 | 7,5 | 6,5 | 6,7 | 6,8 | 6,8 | 7,0 | 13,2 | 10,2 | 10,3 | 10,6 | 11,2 | 145,0 | 71,7 | 46,7 | 80,0 | 75,0 | 70,0 |
| K. Chajá | 56,8 | 59,1 | 57,1 | 62,6 | 59,9 | 62,2 | 6,0 | 4,8 | 8,2 | 4,5 | 5,0 | 6,1 | 6,5 | 9,0 | 9,5 | 5,6 | 5,7 | 6,6 | 110,0 | 53,3 | 38,3 | 186,7 | 185,0 | 188,3 |
| ACA 801 | 57,1 | 53,7 | 53,8 | 57,5 | 58,4 | 58,9 | 6,3 | 7,0 | 7,3 | 6,7 | 6,7 | 5,8 | 11,8 | 15,7 | 14,7 | 9,6 | 10,1 | 10,0 | 58,3 | 30,0 | 45,0 | 101,7 | 100,0 | 95,0 |
| K. Flecha | 56,5 | 56,7 | 53,8 | 59,7 | 60,4 | 61,6 | 6,3 | 6,2 | 5,8 | 7,5 | 6,8 | 6,2 | 9,7 | 5,5 | 15,0 | 12,5 | 14,3 | 15,3 | 50,0 | 48,3 | 35,0 | 101,7 | 100,0 | 125,0 |
| R. Centinela | 59,8 | 60,1 | 54,2 | 59,5 | 61,2 | 60,3 | 8,0 | 9,3 | 11,5 | 7,5 | 7,5 | 7,7 | 14,0 | 14,7 | 14,3 | 11,5 | 11,0 | 10,8 | 43,3 | 40,0 | 26,7 | 91,7 | 90,9 | 100,0 |
| B. Brasil | 57,9 | 54,7 | 53,6 | 56,9 | 57,6 | 57,5 | 6,8 | 7,0 | 11,2 | 8,3 | 4,1 | 7,7 | 15,0 | 14,7 | 21,0 | 17,3 | 17,4 | 16,5 | 51,7 | 36,7 | 28,3 | 65,0 | 75,0 | 91,7 |
| B. 75 | 59,7 | 58,7 | 57,2 | 60,1 | 60,4 | 62,4 | 6,8 | 5,8 | 9,0 | 7,5 | 7,5 | 7,8 | 10,5 | 10,2 | 15,9 | 10,0 | 11,2 | 11,7 | 77,5 | 45,0 | 25,0 | 111,7 | 93,3 | 96,7 |
| Aniversario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baguette 10 | 58,0 | 57,0 | 57,0 | 58,0 | 58,0 | 59,1 | 5,8 | 7,0 | 8,0 | 5,8 | 7,2 | 8,2 | 8,0 | 12,8 | 13,1 | 7,5 | 12,6 | 13,4 | 158,3 | 75,0 | 80,0 | 136,7 | 75,0 | 80,0 |
| B. Guapo | 61,8 | 60,0 | 60,1 | 61,8 | 60,0 | 61,1 | 8,2 | 9,3 | 10,3 | 7,2 | 9,3 | 9,2 | 6,2 | 12,7 | 13,3 | 6,2 | 13,2 | 12,7 | 135,0 | 78,3 | 71,7 | 135,0 | 111,7 | 110,0 |
| K. Escorpión | 57,7 | 57,8 | 57,3 | 57,7 | 58,9 | 58,5 | 7,7 | 8,7 | 8,5 | 8,8 | 8,7 | 8,0 | 14,2 | 18,0 | 19,2 | 14,2 | 20,8 | 20,2 | 53,3 | 43,3 | 45,0 | 78,3 | 66,7 | 70,0 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 1,74 | | | | | | 1,97 | | | | | | 2,73 | | | | | | 6,16 | | | | | |
| Ti | 0,73 | | | | | | 1,08 | | | | | | 1,81 | | | | | | 10,4 | | | | | |
| Cu | 1,22 | | | | | | 1,39 | | | | | | 2,67 | | | | | | 21,3 | | | | | |
| A × Ti | 1,03 | | | | | | 1,52 | | | | | | 2,49 | | | | | | 14,7 | | | | | |
| A × Cu | 1,72 | | | | | | 1,97 | | | | | | 3,76 | | | | | | 30,1 | | | | | |
| Ti × Cu | 2,11 | | | | | | 2,41 | | | | | | 4,62 | | | | | | 36,8 | | | | | |
| A × Ti × Cu | 2,98 | | | | | | 3,41 | | | | | | 6,54 | | | | | | 52,1 | | | | | |

Anexo 12: Peso (Pe), Volumen (V) y volumen específico (VE) de panes para diez cultivares de trigo con tres tratamientos de inoculación con *Z. tritici* en dos años.

| | Peso de panes (Pe) (g) | | | | | | | | Volumen de panes (V) (cm ³) | | | | | | | | Volumen específico (VE) (g/cm ³) | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|------|------|-------|------|------|------|-------|
| | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | | 2010 | | | | 2011 | | | |
| | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media | SI | BC | AC | Media |
| K. Zorro | 133,4 | 130,9 | 132,7 | 132,3 | 135,6 | 136,9 | 132,2 | 134,9 | 316,0 | 323,7 | 346,3 | 328,7 | 301,7 | 310,0 | 310,7 | 307,4 | 2,37 | 2,48 | 2,61 | 2,49 | 2,22 | 2,28 | 2,35 | 2,28 |
| K. Chajá | 139,4 | 136,8 | 132,7 | 136,3 | 139,4 | 136,8 | 132,7 | 136,3 | 314,0 | 299,0 | 287,3 | 300,1 | 314,0 | 299,0 | 287,3 | 300,1 | 2,24 | 2,19 | 2,17 | 2,20 | 2,24 | 2,18 | 2,17 | 2,20 |
| ACA 801 | 139,8 | 142,4 | 135,7 | 139,3 | 139,8 | 142,4 | 135,7 | 139,3 | 223,3 | 270,0 | 318,3 | 270,6 | 223,3 | 270,0 | 318,3 | 270,6 | 1,60 | 1,92 | 2,35 | 1,95 | 1,60 | 1,90 | 2,34 | 1,95 |
| K. Flecha | 139,4 | 131,0 | 132,6 | 134,4 | 139,4 | 130,8 | 132,6 | 134,3 | 349,7 | 275,7 | 390,0 | 338,4 | 349,7 | 341,3 | 390,0 | 360,3 | 2,51 | 2,10 | 2,94 | 2,52 | 2,51 | 2,61 | 2,94 | 2,69 |
| R. Centinela | 135,0 | 131,6 | 141,5 | 136,1 | 135,0 | 133,8 | 141,5 | 136,8 | 350,0 | 329,0 | 315,0 | 331,3 | 350,0 | 330,0 | 315,0 | 331,9 | 2,59 | 2,50 | 2,23 | 2,44 | 2,59 | 2,47 | 2,23 | 2,43 |
| B. Brasil | 143,3 | 131,5 | 133,8 | 136,2 | 143,0 | 131,5 | 133,8 | 136,1 | 285,0 | 300,7 | 344,0 | 309,9 | 285,0 | 300,7 | 344,0 | 309,9 | 1,99 | 2,29 | 2,56 | 2,28 | 2,00 | 2,29 | 2,56 | 2,28 |
| B. 75 | 135,1 | 135,5 | 131,2 | 133,9 | 136,6 | 135,5 | 131,2 | 134,4 | 325,7 | 357,3 | 316,7 | 333,2 | 328,3 | 357,3 | 353,3 | 346,3 | 2,40 | 2,64 | 2,42 | 2,49 | 2,40 | 2,64 | 2,70 | 2,58 |
| Aniversario | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Baguette 10 | 135,9 | 138,6 | 135,6 | 136,7 | 135,9 | 138,6 | 135,6 | 136,7 | 317,3 | 305,0 | 341,7 | 321,3 | 317,3 | 305,0 | 341,7 | 321,3 | 2,33 | 2,20 | 2,51 | 2,35 | 2,33 | 2,20 | 2,51 | 2,35 |
| B. Guapo | 132,8 | 129,0 | 133,9 | 131,9 | 132,8 | 131,4 | 136,3 | 133,5 | 316,7 | 287,7 | 316,7 | 307,0 | 316,7 | 330,0 | 333,3 | 326,7 | 2,38 | 2,23 | 2,36 | 2,32 | 2,38 | 2,52 | 2,44 | 2,45 |
| K. Escorpión | 131,6 | 133,2 | 133,2 | 132,7 | 131,6 | 134,1 | 133,2 | 133,0 | 260,0 | 277,7 | 370,0 | 302,6 | 260,0 | 254,0 | 370,0 | 294,7 | 1,98 | 2,08 | 2,78 | 2,28 | 1,98 | 1,89 | 2,77 | 2,21 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 1,48 | | | | | | | | | 69,20 | | | | | | | 0,49 | | | | | | | |
| Ti | 2,02 | | | | | | | | | 15,79 | | | | | | | 0,13 | | | | | | | |
| A x Ti | 3,29 | | | | | | | | | 22,34 | | | | | | | 0,18 | | | | | | | |
| Cu | 2,86 | | | | | | | | | 27,30 | | | | | | | 0,19 | | | | | | | |
| A x Cu | 4,65 | | | | | | | | | 38,61 | | | | | | | 0,28 | | | | | | | |
| Ti x Cu | 5,69 | | | | | | | | | 47,20 | | | | | | | 0,34 | | | | | | | |
| A x Ti x Cu | 8,05 | | | | | | | | | 66,87 | | | | | | | 0,48 | | | | | | | |

ANEXO TABLAS DE MEDIAS CAPITULO 3

Anexo 13: Severidad para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | EC 39 | | | | | | | | EC 60 | | | | | | | | EC 82 | | | | | | | | ABCPE | | | | | | | |
|------------|-----------------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|---------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|------|--|--|--|
| | | 2009 | | | | 2010 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | | 2009 | | | | 2010 | | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | Nativo | Folicur | Sin Fu | Media | | | | |
| ON | BG | 41,3 | 45,3 | 49 | 41,5 | 21,4 | 38,6 | 39,52 | 58,8 | 73,1 | 82 | 23,2 | 29,2 | 23,5 | 48,3 | 63,07 | 65,63 | 83,6 | 17,67 | 8,55 | 13,1 | 41,92 | 3491 | 4045 | 4662 | 1667 | 1396 | 1560 | 2804 | | | | |
| | B10 | 15,6 | 28,8 | 27,7 | 1,7 | 1,9 | 0,4 | 12,68 | 55,1 | 36 | 69,2 | 19,8 | 16,5 | 34,7 | 38,55 | 48,67 | 56,74 | 64,2 | 19,88 | 15,71 | 32,4 | 39,6 | 2739 | 2473 | 3618 | 960 | 793 | 1600 | 2030 | | | | |
| | KE | 46,9 | 39,1 | 65,2 | 37,7 | 31 | 46,3 | 44,37 | 69,2 | 71 | 84,8 | 45,2 | 41,2 | 40,9 | 58,72 | 62,38 | 78,83 | 89,2 | 34,4 | 35,83 | 40 | 56,77 | 3896,5 | 4083 | 5097 | 2560 | 2348 | 2650 | 3439 | | | | |
| 70N | BG | 39,6 | 43,5 | 50,6 | 30,4 | 42,7 | 34,5 | 40,22 | 49,6 | 61,5 | 60,7 | 31,6 | 24,0 | 24,4 | 41,97 | 58,74 | 73,48 | 71,8 | 24,29 | 33,87 | 33,4 | 49,27 | 3105,6 | 3774 | 3835 | 1858 | 1964 | 1838 | 2729 | | | | |
| | B10 | 20,8 | 18,9 | 19,3 | 3,4 | 1,8 | 0 | 10,7 | 41,6 | 46,4 | 67,4 | 7,3 | 9,80 | 31,9 | 34,07 | 30,67 | 43,57 | 53,3 | 11,43 | 8,07 | 55,1 | 33,69 | 2118,5 | 2439 | 3256 | 462 | 464 | 1858 | 1767 | | | | |
| | KE | 50,5 | 70,7 | 61,2 | 28,2 | 14,2 | 36,6 | 43,57 | 36 | 38,6 | 68,4 | 28,2 | 43,8 | 44,2 | 43,2 | 62,81 | 63,79 | 69,4 | 38,77 | 49,4 | 52,1 | 56,06 | 2915,7 | 3334 | 4211 | 1942 | 2372 | 2787 | 2927 | | | | |
| 140N | BG | 42,0 | 39,9 | 66,6 | 7,20 | 18,8 | 22,4 | 32,82 | 25,9 | 34,9 | 53,8 | 15,6 | 25,5 | 21,9 | 29,6 | 44,4 | 57,29 | 75 | 19,5 | 33,74 | 54 | 47,32 | 2175,7 | 2624 | 3923 | 907 | 1627 | 1887 | 2191 | | | | |
| | B10 | 3,40 | 22,6 | 26,2 | 8,60 | 16,3 | 5,5 | 13,77 | 22,6 | 34,8 | 65,2 | 17,3 | 21,5 | 22,7 | 30,68 | 29,1 | 41,6 | 48,6 | 23,71 | 28,29 | 73,2 | 40,76 | 1218,6 | 2101 | 3227 | 1051 | 1377 | 1939 | 1819 | | | | |
| | KE | 45,7 | 49,5 | 50,4 | 15,6 | 12,1 | 25,8 | 33,18 | 36,6 | 24,8 | 72,6 | 23,7 | 30,4 | 41,7 | 38,3 | 36,93 | 43,62 | 69,6 | 27,88 | 38,81 | 71 | 47,97 | 2456,6 | 2249 | 4173 | 1427 | 1753 | 2827 | 2481 | | | | |
| | Media | 33,98 | 39,81 | 46,2 | 19,37 | 17,8 | 23,3 | | 43,93 | 46,79 | 69,3 | 23,54 | 26,88 | 31,8 | | 48,53 | 58,28 | 69,4 | 24,17 | 28,03 | 47,1 | | 2679,7 | 3013 | 4000 | 1426 | 1566 | 2105 | | | | | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A | 61,8 | | | | | | 24,01 | | | | | | 19,5 | | | | | | 230,05 | | | | | | | | | | | | | |
| | Fu | 11,11 | | | | | | 9,19 | | | | | | 6,95 | | | | | | 467,45 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × Fu | 15,71 | | | | | | 13 | | | | | | 9,84 | | | | | | 661,1 | | | | | | | | | | | | | |
| | N | 6,59 | | | | | | 5,83 | | | | | | 5,27 | | | | | | 241,12 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × N | 9,32 | | | | | | 8,24 | | | | | | 7,45 | | | | | | 341 | | | | | | | | | | | | | |
| | Fu × N | 11,42 | | | | | | 10,1 | | | | | | 9,13 | | | | | | 546,74 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × Fu × N | 16,14 | | | | | | 14,28 | | | | | | 12,92 | | | | | | 689,97 | | | | | | | | | | | | | |
| | Cu | 7,55 | | | | | | 6,1 | | | | | | 4,42 | | | | | | 260,1 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × Cu | 10,68 | | | | | | 8,63 | | | | | | 6,25 | | | | | | 367,8 | | | | | | | | | | | | | |
| | Fu × Cu | 14,64 | | | | | | 11,98 | | | | | | 7,66 | | | | | | 564,72 | | | | | | | | | | | | | |
| | N × Cu | 12,38 | | | | | | 10,26 | | | | | | 8,04 | | | | | | 433,55 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × Fu × Cu | 16,14 | | | | | | 14,95 | | | | | | 10,84 | | | | | | 719,42 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × N × Cu | 18,49 | | | | | | 14,95 | | | | | | 10,84 | | | | | | 592,64 | | | | | | | | | | | | | |
| | Fu × N × Cu | 22,65 | | | | | | 18,31 | | | | | | 13,27 | | | | | | 822,62 | | | | | | | | | | | | | |
| | A × Fu × N × Cu | 47,79 | | | | | | 28,16 | | | | | | 21,85 | | | | | | 1117,31 | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 14: Índice de área foliar total (IAFT) y duración de área foliar total (DAFT) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFT EC 39 | | | | | | IAFT EC 60 | | | | | | IAFT EC 82 | | | | | | DAFT | | | | | |
|-----------------|----------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 3,47 | 4,18 | 3,33 | 1,35 | 0,92 | 0,87 | 1,53 | 1,73 | 1,11 | 1,21 | 1,27 | 0,68 | 1,12 | 1,27 | 0,95 | 0,61 | 0,57 | 0,53 | 121,2 | 141 | 103 | 69,2 | 63,7 | 43,6 |
| | B10 | 2,67 | 3,43 | 2,53 | 1,05 | 0,89 | 0,53 | 1,38 | 1,68 | 1,45 | 0,81 | 1,01 | 0,83 | 1,30 | 1,39 | 1,12 | 0,4 | 0,52 | 0,35 | 106,2 | 129,2 | 104 | 48,4 | 53,9 | 39,9 |
| | KE | 2,99 | 3,36 | 2,86 | 1,28 | 1,02 | 0,55 | 1,96 | 1,68 | 1,68 | 1,63 | 1,14 | 1,09 | 1,40 | 1,31 | 0,97 | 0,95 | 0,66 | 0,59 | 131,3 | 126,6 | 114 | 86,4 | 62,5 | 52,3 |
| 70N | BG | 3,93 | 3,40 | 3,35 | 1,29 | 1,27 | 0,92 | 1,85 | 2,19 | 1,97 | 1,57 | 1,70 | 1,30 | 1,47 | 1,71 | 1,49 | 0,83 | 0,69 | 0,76 | 143,9 | 149,8 | 139 | 83,1 | 84,7 | 67,5 |
| | B10 | 2,93 | 3,97 | 3,22 | 1,30 | 1,33 | 1,26 | 2,46 | 2,25 | 1,94 | 1,71 | 1,66 | 1,41 | 1,60 | 2,04 | 1,41 | 1,02 | 1,04 | 0,66 | 149,1 | 166 | 134 | 90,4 | 89,6 | 74,8 |
| | KE | 3,64 | 3,61 | 2,84 | 2,06 | 2,25 | 2,18 | 2,54 | 3,15 | 2,33 | 2,14 | 2,90 | 2,09 | 1,55 | 1,68 | 1,50 | 0,90 | 1,08 | 0,99 | 162,4 | 183 | 142 | 114,1 | 144 | 116 |
| 140N | BG | 4,01 | 3,99 | 4,34 | 1,71 | 2,24 | 1,64 | 2,88 | 3,18 | 3,48 | 2,68 | 2,82 | 3,02 | 1,99 | 1,97 | 1,71 | 1,11 | 1,01 | 1,17 | 185,5 | 194,5 | 206 | 128,9 | 140,2 | 140 |
| | B10 | 3,96 | 3,92 | 3,38 | 2,56 | 1,58 | 1,47 | 2,56 | 2,65 | 2,60 | 1,86 | 1,92 | 1,89 | 1,81 | 1,88 | 1,83 | 0,91 | 0,99 | 1,22 | 172,2 | 175,2 | 164 | 113,7 | 101,2 | 102 |
| | KE | 3,60 | 3,52 | 4,04 | 2,08 | 2,35 | 1,48 | 3,17 | 3,31 | 3,02 | 2,22 | 2,99 | 2,55 | 2,03 | 2,35 | 1,40 | 1,11 | 1,70 | 0,81 | 188,9 | 194,6 | 182 | 120,3 | 158,3 | 117 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,96 | | | | | | 0,45 | | | | | | 0,36 | | | | | | 33,4 | | | | | |
| Fu | | 0,2 | | | | | | 0,24 | | | | | | 0,15 | | | | | | 10,50 | | | | | |
| N | | 0,13 | | | | | | 0,14 | | | | | | 0,11 | | | | | | 4,99 | | | | | |
| Cu | | 0,19 | | | | | | 0,14 | | | | | | 0,1 | | | | | | 5,38 | | | | | |
| A × Fu | | 0,28 | | | | | | 0,33 | | | | | | 0,22 | | | | | | 14,9 | | | | | |
| A × N | | 0,18 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,16 | | | | | | 7,06 | | | | | |
| Fu × N | | 0,22 | | | | | | 0,24 | | | | | | 0,19 | | | | | | 8,65 | | | | | |
| A × Cu | | 0,26 | | | | | | 0,19 | | | | | | 0,14 | | | | | | 7,61 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,32 | | | | | | 0,29 | | | | | | 0,17 | | | | | | 12,4 | | | | | |
| N × Cu | | 0,29 | | | | | | 0,23 | | | | | | 0,18 | | | | | | 8,97 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,31 | | | | | | 0,34 | | | | | | 0,27 | | | | | | 12,2 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,46 | | | | | | 0,41 | | | | | | 0,28 | | | | | | 17,5 | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,46 | | | | | | 0,41 | | | | | | 0,28 | | | | | | 13,2 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,5 | | | | | | 0,41 | | | | | | 0,3 | | | | | | 16,2 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,87 | | | | | | 0,63 | | | | | | 0,47 | | | | | | 29,5 | | | | | |

Anexo 15: Índice de área foliar verde (IAFV) y duración del área foliar verde (DAFV) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFV EC 39 | | | | | | IAFV EC 60 | | | | | | IAFV EC 82 | | | | | | DAFV | | | | | |
|------------------------|----------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| ON | BG | 3,24 | 3,77 | 3,96 | 1,26 | 0,89 | 0,84 | 1,2 | 1,31 | 0,79 | 1,19 | 1,26 | 0,66 | 0,79 | 0,81 | 0,54 | 0,53 | 0,53 | 0,47 | 101,8 | 113 | 83,9 | 65,7 | 62,1 | 41,5 |
| | B10 | 2,55 | 2,66 | 3,93 | 1,04 | 0,88 | 0,52 | 1,07 | 1,34 | 1,1 | 0,8 | 0,99 | 0,78 | 0,97 | 1,07 | 0,79 | 0,32 | 0,44 | 0,24 | 89,5 | 110,6 | 83,4 | 47,0 | 52,0 | 36,6 |
| | KE | 2,89 | 3,56 | 3,56 | 1,22 | 0,95 | 0,51 | 1,49 | 1,19 | 1,17 | 1,51 | 1,10 | 1,03 | 0,82 | 0,54 | 0,44 | 0,56 | 0,28 | 0,32 | 105,8 | 97,6 | 86,1 | 75,9 | 54,4 | 45,4 |
| 70N | BG | 3,70 | 3,30 | 3,97 | 1,27 | 1,14 | 0,87 | 1,51 | 1,63 | 1,45 | 1,51 | 1,68 | 1,29 | 1,10 | 0,97 | 0,87 | 0,64 | 0,42 | 0,53 | 125,1 | 118,9 | 111 | 77,8 | 77,7 | 62,6 |
| | B10 | 3,24 | 3,80 | 3,83 | 1,30 | 1,32 | 1,26 | 2,29 | 1,95 | 1,74 | 1,70 | 1,65 | 1,33 | 1,38 | 1,57 | 1,00 | 0,86 | 0,85 | 0,31 | 136,2 | 146,5 | 118 | 87,5 | 86,4 | 66,9 |
| | KE | 3,24 | 3,54 | 3,49 | 2,03 | 2,22 | 2,15 | 2,05 | 2,55 | 1,93 | 2,06 | 2,70 | 2,0 | 0,89 | 0,96 | 0,84 | 0,47 | 0,58 | 0,46 | 135,3 | 151,9 | 119 | 104,7 | 129,7 | 104 |
| 140N | BG | 3,18 | 3,27 | 4,18 | 1,70 | 2,17 | 1,62 | 2,56 | 2,74 | 3,0 | 2,67 | 2,79 | 3,01 | 1,51 | 1,26 | 0,88 | 0,92 | 0,73 | 0,52 | 167,5 | 169,3 | 175 | 125,5 | 134,1 | 129 |
| | B10 | 2,28 | 2,98 | 3,31 | 2,55 | 1,54 | 1,47 | 2,36 | 2,37 | 2,38 | 1,79 | 1,90 | 1,83 | 1,55 | 1,47 | 1,28 | 0,69 | 0,76 | 0,36 | 161,2 | 158,7 | 148 | 108 | 96,1 | 86,9 |
| | KE | 2,65 | 2,8 | 3,91 | 2,05 | 2,34 | 1,47 | 2,84 | 2,95 | 2,54 | 2,16 | 2,93 | 2,36 | 1,43 | 1,54 | 0,8 | 0,67 | 1,01 | 0,16 | 168,5 | 172,5 | 155 | 111,4 | 145,2 | 100 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,91 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,15 | | | | | | 21,6 | | | | | |
| Fu | | 0,19 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,12 | | | | | | 7,90 | | | | | |
| N | | 0,14 | | | | | | 0,14 | | | | | | 0,07 | | | | | | 4,90 | | | | | |
| Cu | | 0,17 | | | | | | 0,13 | | | | | | 0,08 | | | | | | 4,70 | | | | | |
| A × Fu | | 0,27 | | | | | | 0,29 | | | | | | 0,17 | | | | | | 11,2 | | | | | |
| A × N | | 0,19 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,09 | | | | | | 16,9 | | | | | |
| Fu × N | | 0,24 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,11 | | | | | | 8,40 | | | | | |
| A × Cu | | 0,24 | | | | | | 0,18 | | | | | | 0,12 | | | | | | 6,71 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,29 | | | | | | 0,26 | | | | | | 0,16 | | | | | | 9,84 | | | | | |
| N × Cu | | 0,27 | | | | | | 0,22 | | | | | | 0,13 | | | | | | 8,22 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,34 | | | | | | 0,35 | | | | | | 0,17 | | | | | | 11,9 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,42 | | | | | | 0,36 | | | | | | 0,23 | | | | | | 11,6 | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,42 | | | | | | 0,31 | | | | | | 0,23 | | | | | | 11,6 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,51 | | | | | | 0,38 | | | | | | 0,25 | | | | | | 14,2 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,82 | | | | | | 0,56 | | | | | | 0,34 | | | | | | 23,1 | | | | | |

Anexo 16: %AFNV y tasa de incremento (%AFNV) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | %AFNV EC 39 | | | | | | %AFNV EC 60 | | | | | | %AFNV EC 82 | | | | | | Tasa de incremento %AFNV | | | | | | |
|-----------------|----------|-------------|---------|--------|--------|---------|--------|-------------|---------|--------|--------|---------|--------|-------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|------|--------|------|-------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | 2010 | | Sin Fu | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | | | | |
| 0N | BG | 6,20 | 12,0 | 4,56 | 5,62 | 3,38 | 3,30 | 22,3 | 23,9 | 29,8 | 2,06 | 0,88 | 2,24 | 30,5 | 36,3 | 42,9 | 14,0 | 8,39 | 10,9 | 24,3 | 24,3 | 38,4 | 8,35 | 5,01 | 7,62 | |
| | B10 | 4,48 | 4,87 | 9,68 | 0,37 | 0,36 | 0,08 | 20,4 | 18,8 | 24,8 | 0,90 | 1,89 | 6,81 | 24,3 | 23,6 | 30,1 | 21,3 | 14,6 | 31,3 | 19,8 | 18,7 | 20,5 | 20,9 | 14,3 | 31,3 | |
| | KE | 3,52 | 2,96 | 7,46 | 4,20 | 7,51 | 7,25 | 23,7 | 29,2 | 29,9 | 6,80 | 3,53 | 6,22 | 41,0 | 57,1 | 55,6 | 41,5 | 54,0 | 45,7 | 37,5 | 54,2 | 48,1 | 37,3 | 46,5 | 38,5 | |
| 70N | BG | 4,09 | 3,18 | 2,22 | 1,93 | 7,15 | 9,40 | 17,9 | 25,5 | 25,9 | 3,85 | 1,32 | 1,14 | 24,6 | 43,1 | 42,8 | 20,4 | 41,1 | 29,7 | 20,5 | 39,9 | 40,6 | 18,5 | 34,0 | 20,3 | |
| | B10 | 8,95 | 3,47 | 7,06 | 0,12 | 0,12 | 0,00 | 6,67 | 13,6 | 9,95 | 0,58 | 0,32 | 4,87 | 13,3 | 22,1 | 27,2 | 13,1 | 15,1 | 53,5 | 4,4 | 18,6 | 20,1 | 13,0 | 15,0 | 53,5 | |
| | KE | 1,90 | 1,76 | 1,30 | 1,47 | 1,34 | 1,39 | ### | 19,4 | 17,24 | 3,56 | 6,75 | 3,97 | 43,8 | 43,6 | 44,5 | 54,4 | 47,1 | 50,4 | 41,9 | 41,8 | 43,2 | 52,9 | 45,8 | 49,1 | |
| 140N | BG | 1,07 | 0,48 | 3,64 | 0,57 | 2,64 | 0,96 | 10,53 | 13,8 | 13,48 | 0,21 | 0,77 | 0,26 | 23,8 | 36,6 | 50,5 | 17,2 | 27,0 | 45,9 | 22,7 | 36,1 | 46,8 | 16,6 | 24,4 | 45,0 | |
| | B10 | 0,83 | 2,20 | 1,86 | 0,52 | 2,63 | 0,09 | 7,98 | 10,4 | 8,69 | 3,55 | 1,24 | 2,37 | 14,3 | 21,5 | 30,1 | 24,0 | 23,2 | 67,7 | 13,4 | 19,3 | 28,3 | 23,5 | 20,5 | 67,6 | |
| | KE | 0,90 | 0,48 | 3,23 | 1,13 | 0,59 | 1,08 | 9,96 | 10,6 | 16,17 | 2,56 | 2,07 | 7,73 | 28,0 | 35,6 | 42,3 | 39,9 | 38,8 | 79,1 | 27,1 | 35,1 | 39,1 | 38,7 | 38,2 | 78,0 | |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,69 | | | | | | 7,62 | | | | | | 7,61 | | | | | | | | | | | 6,92 | |
| Fu | | 2,65 | | | | | | 3,50 | | | | | | 9,69 | | | | | | | | | | | | 11,07 |
| A x Fu | | 3,74 | | | | | | 4,94 | | | | | | 13,7 | | | | | | | | | | | | 15,66 |
| N | | 1,44 | | | | | | 2,00 | | | | | | 5,44 | | | | | | | | | | | | 5,77 |
| A x N | | 2,04 | | | | | | 2,82 | | | | | | 7,69 | | | | | | | | | | | | 8,16 |
| Fu x N | | 2,50 | | | | | | 3,46 | | | | | | 9,42 | | | | | | | | | | | | 9,91 |
| A x Fu x N | | 3,54 | | | | | | 4,89 | | | | | | 13,32 | | | | | | | | | | | | 14,13 |
| Cu | | 1,52 | | | | | | 1,45 | | | | | | 5,14 | | | | | | | | | | | | 5,27 |
| A x Cu | | 2,15 | | | | | | 2,05 | | | | | | 7,27 | | | | | | | | | | | | 7,45 |
| Fu x Cu | | 3,24 | | | | | | 2,51 | | | | | | 8,91 | | | | | | | | | | | | 9,12 |
| N x Cu | | 2,63 | | | | | | 2,51 | | | | | | 8,91 | | | | | | | | | | | | 9,12 |
| A x Fu x Cu | | 4,58 | | | | | | 3,54 | | | | | | 12,6 | | | | | | | | | | | | 12,90 |
| A x N x Cu | | 3,72 | | | | | | 3,55 | | | | | | 12,6 | | | | | | | | | | | | 12,90 |
| Fu x N x Cu | | 4,56 | | | | | | 4,34 | | | | | | 15,42 | | | | | | | | | | | | 15,80 |
| A x Fu x N x Cu | | 6,50 | | | | | | 8,18 | | | | | | 23,00 | | | | | | | | | | | | 24,22 |

Anexo 17: Índice de área foliar verde de la hoja bandera (IAFHB) y duración del área foliar verde de la hoja bandera (DAFVHB) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFVHB EC 39 | | | | | | IAFVHB EC 60 | | | | | | IAFVHB EC 82 | | | | | | DAFVHB | | | | | |
|------------------------|----------|--------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | 2010 | | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| ON | BG | 1,45 | 1,6 | 1,29 | 0,54 | 0,37 | 0,35 | 0,58 | 0,6 | 0,44 | 0,47 | 0,52 | 0,29 | 0,44 | 0,39 | 0,32 | 0,34 | 0,3 | 0,32 | 48,4 | 50,4 | 39,4 | 28,6 | 26,9 | 19,6 |
| | B10 | 1,21 | 1,45 | 1,14 | 0,41 | 0,39 | 0,21 | 0,71 | 0,86 | 0,71 | 0,37 | 0,43 | 0,34 | 0,63 | 0,68 | 0,52 | 0,19 | 0,26 | 0,18 | 51,5 | 60,8 | 48,7 | 20,9 | 23,8 | 16,8 |
| | KE | 1,33 | 1,83 | 1,17 | 0,7 | 0,34 | 0,24 | 0,69 | 0,63 | 0,69 | 0,58 | 0,51 | 0,45 | 0,45 | 0,34 | 0,2 | 0,36 | 0,25 | 0,23 | 49,7 | 54,4 | 43,4 | 35 | 25,3 | 21,5 |
| 70N | BG | 1,67 | 1,4 | 1,47 | 0,66 | 0,5 | 0,44 | 0,74 | 0,76 | 0,74 | 0,64 | 0,66 | 0,51 | 0,66 | 0,65 | 0,54 | 0,41 | 0,3 | 0,39 | 60,4 | 56,5 | 55,1 | 37 | 33,4 | 29,3 |
| | B10 | 1,11 | 1,88 | 1,5 | 0,61 | 0,54 | 0,47 | 1,43 | 1 | 1,04 | 0,68 | 0,66 | 0,46 | 0,83 | 1,03 | 0,96 | 0,51 | 0,5 | 0,26 | 75,6 | 77,5 | 71,8 | 39,2 | 37,2 | 26 |
| | KE | 1,82 | 1,79 | 1,47 | 1,00 | 0,94 | 0,92 | 0,95 | 1,05 | 0,92 | 0,84 | 0,97 | 0,83 | 0,59 | 0,65 | 0,58 | 0,32 | 0,48 | 0,4 | 68 | 71,8 | 61,4 | 47,3 | 52,8 | 47,1 |
| 140N | BG | 1,81 | 1,59 | 1,59 | 0,76 | 0,86 | 0,77 | 1,26 | 1,31 | 1,26 | 1,24 | 1,2 | 1,11 | 0,99 | 0,9 | 0,66 | 0,6 | 0,54 | 0,47 | 84,1 | 80,7 | 75,1 | 60,4 | 60 | 55,2 |
| | B10 | 1,69 | 1,72 | 1,54 | 1,17 | 0,73 | 0,65 | 1,32 | 1,27 | 1,31 | 0,72 | 0,8 | 0,69 | 1,15 | 1,06 | 1,06 | 0,49 | 0,55 | 0,34 | 86,4 | 84 | 82,5 | 49 | 45,3 | 37,4 |
| | KE | 1,78 | 1,97 | 1,76 | 0,89 | 1,12 | 0,66 | 1,7 | 1,35 | 1,26 | 0,92 | 1,14 | 0,94 | 1,09 | 1 | 0,59 | 0,54 | 0,66 | 0,15 | 98,8 | 89,7 | 77,2 | 51,5 | 64,3 | 42,7 |
| A | | 0,33 | | | | | | 0,25 | | | | | 0,15 | | | | | | | 11,6 | | | | | |
| Fu | | 0,09 | | | | | | 0,12 | | | | | 0,13 | | | | | | | 5,41 | | | | | |
| N | | 0,06 | | | | | | 0,08 | | | | | 0,06 | | | | | | | 2,83 | | | | | |
| Cu | | 0,08 | | | | | | 0,06 | | | | | 0,07 | | | | | | | 2,36 | | | | | |
| A × Fu | | 0,13 | | | | | | 0,17 | | | | | 0,18 | | | | | | | 7,65 | | | | | |
| A × N | | 0,09 | | | | | | 0,11 | | | | | 0,09 | | | | | | | 4,00 | | | | | |
| Fu × N | | 0,11 | | | | | | 0,13 | | | | | 0,11 | | | | | | | 4,91 | | | | | |
| A × Cu | | 0,11 | | | | | | 0,08 | | | | | 0,09 | | | | | | | 3,34 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,14 | | | | | | 0,10 | | | | | 0,15 | | | | | | | 4,09 | | | | | |
| N × Cu | | 0,12 | | | | | | 0,11 | | | | | 0,11 | | | | | | | 4,09 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,15 | | | | | | 0,18 | | | | | 0,16 | | | | | | | 8,99 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,19 | | | | | | 0,14 | | | | | 0,21 | | | | | | | 8,57 | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,19 | | | | | | 0,14 | | | | | 0,21 | | | | | | | 5,78 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,23 | | | | | | 0,17 | | | | | 0,19 | | | | | | | 7,08 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,34 | | | | | | 0,30 | | | | | 0,3 | | | | | | | 12,6 | | | | | |

Anexo 18: Índice de área foliar verde de la hoja bandera menos uno (IAFVHB-1) y duración del área foliar verde de la hoja bandera menos uno (DAFVHB-1) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFVHB-1 EC 39 | | | | | | IAFVHB-1 EC 60 | | | | | | IAFVHB-1 EC 82 | | | | | | DAFVHB-1 | | | | | |
|-----------------|----------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2009 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 1,20 | 1,04 | 0,40 | 0,27 | 0,29 | 0,53 | 0,52 | 0,26 | | 0,33 | 0,4 | 0,22 | 0,35 | 0,43 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,21 | 41,4 | 43,4 | 28,1 | 19,6 | 20,6 | 14,8 |
| | B10 | 0,89 | 1,06 | 0,69 | 0,38 | 0,33 | 0,15 | 0,43 | 0,48 | 0,43 | 0,23 | 0,28 | 0,23 | 0,3 | 0,35 | 0,27 | 0,22 | 0,15 | 0,07 | 32,4 | 37,5 | 28,6 | 14,8 | 16,6 | 10,6 |
| | KE | 0,9 | 1,06 | 0,84 | 0,40 | 0,29 | 0,17 | 0,61 | 0,5 | 0,45 | 0,44 | 0,34 | 0,25 | 0,365 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,03 | 0,07 | 39,3 | 36,3 | 30,9 | 23,1 | 15,8 | 11,6 |
| 70N | BG | 1,29 | 1,14 | 1,11 | 0,40 | 0,33 | 0,29 | 0,68 | 0,64 | 0,58 | 0,48 | 0,47 | 0,38 | 0,436 | 0,31 | 0,33 | 0,24 | 0,11 | 0,13 | 48,8 | 43,2 | 41,1 | 25,1 | 21,8 | 18,6 |
| | B10 | 0,85 | 1,28 | 1,04 | 0,41 | 0,42 | 0,37 | 0,69 | 0,73 | 0,59 | 0,49 | 0,53 | 0,39 | 0,494 | 0,52 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 0,05 | 42,9 | 51,4 | 39 | 26,4 | 28,2 | 18,9 |
| | KE | 1,19 | 1,42 | 1,09 | 0,67 | 0,75 | 0,82 | 0,8 | 0,9 | 0,73 | 0,68 | 0,87 | 0,65 | 0,295 | 0,31 | 0,26 | 0,15 | 0,11 | 0,06 | 48,8 | 55,7 | 44,6 | 34,3 | 41,2 | 34,3 |
| 140N | BG | 1,41 | 1,34 | 1,42 | 0,56 | 0,68 | 0,48 | 0,92 | 0,92 | 1,04 | 0,73 | 0,76 | 1,04 | 0,521 | 0,36 | 0,23 | 0,32 | 0,19 | 0,05 | 59,5 | 55,8 | 59,1 | 37 | 37,8 | 41,5 |
| | B10 | 1,23 | 1,34 | 1,32 | 0,85 | 0,56 | 0,41 | 0,78 | 0,84 | 0,73 | 0,58 | 0,64 | 0,53 | 0,403 | 0,41 | 0,22 | 0,2 | 0,21 | 0,02 | 50,4 | 54,4 | 47,6 | 34,9 | 32,4 | 23,6 |
| | KE | 1,51 | 1,51 | 1,43 | 0,64 | 0,76 | 0,52 | 0,84 | 1,11 | 0,88 | 0,64 | 1 | 0,74 | 0,337 | 0,35 | 0,21 | 0,14 | 0,15 | 0,01 | 55,8 | 64,5 | 53,7 | 32,6 | 46,1 | 31,8 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,26 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,02 | | | | | | 5,22 | | | | | |
| Fu | | 0,07 | | | | | | 0,06 | | | | | | 0,05 | | | | | | 2,44 | | | | | |
| N | | 0,04 | | | | | | 0,04 | | | | | | 0,02 | | | | | | 1,36 | | | | | |
| Cu | | 0,06 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,03 | | | | | | 1,82 | | | | | |
| A × Fu | | 0,09 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,06 | | | | | | 3,44 | | | | | |
| A × N | | 0,06 | | | | | | 0,06 | | | | | | 0,03 | | | | | | 1,92 | | | | | |
| Fu × N | | 0,08 | | | | | | 0,07 | | | | | | 0,04 | | | | | | 2,35 | | | | | |
| A × Cu | | 0,08 | | | | | | 0,07 | | | | | | 0,05 | | | | | | 2,58 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,1 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,06 | | | | | | 3,38 | | | | | |
| N × Cu | | 0,09 | | | | | | 0,08 | | | | | | 0,05 | | | | | | 2,88 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,11 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,06 | | | | | | 3,33 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,14 | | | | | | 0,12 | | | | | | 0,08 | | | | | | 4,47 | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,14 | | | | | | 0,12 | | | | | | 0,08 | | | | | | 4,47 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,18 | | | | | | 0,15 | | | | | | 0,1 | | | | | | 5,47 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,26 | | | | | | 0,19 | | | | | | 0,14 | | | | | | 7,65 | | | | | |
| Cu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 19: Índice de área foliar verde de la hoja bandera menos dos (IAFVHB-2) y duración del área foliar verde de la hoja bandera menos dos (DAFVHB-2) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFVHB-2 EC 39 | | | | | | IAFVHB-2 EC 60 | | | | | | IAFVHB-2 EC 82 | | | | | | DAFVHB-2 | | | | | | | |
|-----------------|----------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|---------|--------|------|------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | 2010 | | | | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | | |
| 0N | BG | 0,51 | 0,75 | 0,85 | 0,26 | 0,15 | 0,20 | 0,29 | 0,31 | 0,13 | 0,29 | 0,31 | 0,13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17,1 | 21,7 | 17,7 | 13,2 | 12,2 | 7,24 |
| | B10 | 0,45 | 0,61 | 0,43 | 0,20 | 0,13 | 0,11 | 0,13 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | 0,19 | 0,16 | 0,038 | 0,026 | 0 | 0,038 | 0,026 | 0 | 0 | 0 | 11,9 | 16,2 | 11,9 | 7,70 | 8,49 | 6,82 |
| | KE | 0,66 | 0,34 | 0,64 | 0,13 | 0,30 | 0,10 | 0,36 | 0,22 | 0,24 | 0,36 | 0,22 | 0,24 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22,2 | 12,5 | 18,1 | 13,7 | 11,9 | 9,33 |
| 70N | BG | 0,78 | 0,76 | 0,68 | 0,26 | 0,30 | 0,12 | 0,30 | 0,39 | 0,33 | 0,30 | 0,39 | 0,33 | 0 | 0,013 | 0 | 0 | 0,013 | 0 | 0 | 0 | 21,9 | 24,7 | 21,3 | 13,5 | 17,2 | 12,4 |
| | B10 | 0,59 | 0,60 | 0,44 | 0,27 | 0,36 | 0,25 | 0,38 | 0,42 | 0,31 | 0,38 | 0,42 | 0,31 | 0,054 | 0,029 | 0 | 0,054 | 0,029 | 0 | 0 | 0 | 22,1 | 23,3 | 16,8 | 17,1 | 19,4 | 13,7 |
| | KE | 0,55 | 0,33 | 0,23 | 0,36 | 0,41 | 0,41 | 0,43 | 0,63 | 0,36 | 0,43 | 0,63 | 0,36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 22,3 | 25,2 | 15,2 | 19,3 | 26,4 | 18,0 |
| 140N | BG | 0,74 | 1,04 | 1,16 | 0,30 | 0,51 | 0,32 | 0,57 | 0,67 | 0,70 | 0,57 | 0,67 | 0,70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29,7 | 37,6 | 40,6 | 22,8 | 29,1 | 27,2 |
| | B10 | 1,02 | 0,77 | 0,45 | 0,47 | 0,22 | 0,31 | 0,46 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,46 | 0,53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30,7 | 26,7 | 24,1 | 21,9 | 17,9 | 21,8 |
| | KE | 0,28 | 0 | 0,71 | 0,43 | 0,43 | 0,28 | 0,50 | 0,58 | 0,54 | 0,50 | 0,58 | 0,54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20,2 | 18,4 | 28,3 | 22,6 | 25,3 | 21,4 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,33 | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | | 5,32 | | | | | | | |
| Fu | | 0,12 | | | | | | 0,08 | | | | | | 0,01 | | | | | | 3,23 | | | | | | | |
| N | | 0,08 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,007 | | | | | | 1,77 | | | | | | | |
| Cu | | 0,1 | | | | | | 0,06 | | | | | | 0,009 | | | | | | 2,26 | | | | | | | |
| A × Fu | | 0,16 | | | | | | 0,11 | | | | | | 0,01 | | | | | | 4,56 | | | | | | | |
| A × N | | 0,11 | | | | | | 0,07 | | | | | | 0,011 | | | | | | 2,51 | | | | | | | |
| Fu × N | | 0,14 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,01 | | | | | | 3,07 | | | | | | | |
| A × Cu | | 0,14 | | | | | | 0,08 | | | | | | 0,01 | | | | | | 3,19 | | | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,17 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,01 | | | | | | 4,32 | | | | | | | |
| N × Cu | | 0,16 | | | | | | 0,09 | | | | | | 0,01 | | | | | | 3,61 | | | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,2 | | | | | | 0,13 | | | | | | 0,02 | | | | | | 4,34 | | | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,24 | | | | | | 0,13 | | | | | | 0,02 | | | | | | 5,53 | | | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,24 | | | | | | 0,13 | | | | | | 0,02 | | | | | | 5,53 | | | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,29 | | | | | | 0,17 | | | | | | 0,03 | | | | | | 6,78 | | | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,42 | | | | | | 0,23 | | | | | | 0,04 | | | | | | 9,42 | | | | | | | |
| Cu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 20: Índice del área foliar verde de la hoja bandera menos tres (IAFVHB-3) y duración del área foliar verde de la hoja bandera menos tres (DAFVHB-3) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | IAFVHB-3 EC 39 | | | | | | IAFVHB-3 EC 60 | | | | | | DAFVHB-3 | | | | | |
|------------------------|----------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 0,08 | 0,08 | 0 | 0,06 | 0,09 | 0 | 0,19 | 0,13 | 0,15 | 0,11 | 0,03 | 0,05 | 7,21 | 5,46 | 4,58 | 4,34 | 2,43 | 1,43 |
| | B10 | 0 | 0,13 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,05 | 0,11 | 0,17 | 0,15 | 0,08 | 0,09 | 0,05 | 3,46 | 7,34 | 5,06 | 3,55 | 3,13 | 2,34 |
| | KE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0 | 0,23 | 0,12 | 0,19 | 0,13 | 0,03 | 0,09 | 7,23 | 3,78 | 6,08 | 4,08 | 1,38 | 2,93 |
| 70N | BG | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0,02 | 0,01 | 0,2 | 0,26 | 0,17 | 0,1 | 0,16 | 0,07 | 6,51 | 8,18 | 5,42 | 3,02 | 5,3 | 2,27 |
| | B10 | 0,12 | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0,17 | 0,25 | 0,15 | 0,28 | 0,15 | 0,05 | 0,18 | 9,74 | 5,33 | 8,71 | 4,71 | 1,53 | 8,33 |
| | KE | 0 | 0 | 0 | 0,07 | 0,12 | 0 | 0,22 | 0,34 | 0,26 | 0,12 | 0,24 | 0,16 | 6,95 | 10,54 | 8,09 | 3,8 | 9,34 | 4,94 |
| 140N | BG | 0 | 0 | 0,01 | 0,06 | 0,12 | 0,04 | 0,24 | 0,27 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 7,44 | 8,4 | 5,48 | 5,43 | 7,2 | 4,88 |
| | B10 | 0 | 0 | 0 | 0,09 | 0,04 | 0,1 | 0,21 | 0,1 | 0,18 | 0,11 | 0 | 0,08 | 6,57 | 3,15 | 5,64 | 4,4 | 0,57 | 4,09 |
| | KE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0 | 0,2 | 0,28 | 0,23 | 0,1 | 0,18 | 0,13 | 6,36 | 12,1 | 7,34 | 4,71 | 9,51 | 4,19 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,07 | | | | | | 0,02 | | | | | | 1,27 | | | | | |
| Fu | | 0,02 | | | | | | 0,03 | | | | | | 1,12 | | | | | |
| N | | 0,03 | | | | | | 0,05 | | | | | | 1,75 | | | | | |
| Cu | | 0,03 | | | | | | 0,06 | | | | | | 2,09 | | | | | |
| A × Fu | | 0,03 | | | | | | 0,05 | | | | | | 1,58 | | | | | |
| A × N | | 0,04 | | | | | | 0,07 | | | | | | 2,47 | | | | | |
| Fu × N | | 0,05 | | | | | | 0,09 | | | | | | 3,03 | | | | | |
| A × Cu | | 0,04 | | | | | | 0,09 | | | | | | 2,96 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,05 | | | | | | 0,11 | | | | | | 3,11 | | | | | |
| N × Cu | | 0,05 | | | | | | 0,11 | | | | | | 3,63 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,07 | | | | | | 0,13 | | | | | | 4,28 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 0,07 | | | | | | 0,13 | | | | | | 4,40 | | | | | |
| A × N × Cu | | 0,07 | | | | | | 0,15 | | | | | | 4,40 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 0,08 | | | | | | 0,19 | | | | | | 5,88 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 0,13 | | | | | | 0,24 | | | | | | 8,07 | | | | | |
| Cu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 21: Rendimiento de grano y componentes para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | Rendimiento de grano (kg,ha ⁻¹) | | | | | | EPM ² | | | | | | GPE | | | | | | PMG (g) | | | | | |
|------------------------|----------|---|---------|--------|--------|---------|--------|------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 8087 | 6542 | 5344 | 3702 | 4601 | 2816 | 666 | 580 | 472 | 402 | 352 | 268 | 33,3 | 29,0 | 23,6 | 22,3 | 27,6 | 24,0 | 35,0 | 35,7 | 36,3 | 50,3 | 52,0 | 49,9 |
| | B10 | 7305 | 8940 | 5591 | 3606 | 3948 | 3503 | 469 | 614 | 464 | 184 | 205 | 198 | 23,4 | 30,7 | 23,2 | 38,9 | 39,7 | 35,5 | 35,2 | 38,7 | 33,5 | 39,7 | 38,9 | 40,9 |
| | KE | 5624 | 5949 | 4663 | 3790 | 4517 | 2653 | 447 | 512 | 433 | 418 | 391 | 289 | 22,4 | 25,6 | 21,7 | 20,4 | 29,5 | 27,1 | 39,0 | 39,0 | 45,3 | 37,8 | 42,7 | 44,3 |
| 70N | BG | 9355 | 7656 | 7071 | 4479 | 6367 | 4047 | 662 | 592 | 623 | 391 | 438 | 401 | 33,1 | 29,6 | 31,2 | 23,5 | 33,9 | 27,1 | 35,7 | 36,5 | 35,5 | 63,3 | 42,0 | 47,8 |
| | B10 | 8741 | 7605 | 7460 | 7552 | 7240 | 6044 | 567 | 552 | 565 | 348 | 349 | 349 | 28,4 | 27,6 | 28,3 | 43,6 | 42,2 | 39,4 | 34,1 | 32,3 | 32,0 | 37,8 | 36,7 | 32,3 |
| | KE | 7495 | 8472 | 5977 | 5061 | 7190 | 4473 | 555 | 603 | 487 | 431 | 465 | 392 | 27,8 | 30,2 | 24,4 | 28,2 | 37,2 | 34,2 | 37,5 | 33,1 | 33,4 | 46,5 | 42,3 | 46,2 |
| 140N | BG | 8337 | 7367 | 4502 | 6931 | 8450 | 5816 | 496 | 595 | 622 | 426 | 538 | 592 | 24,8 | 29,8 | 31,1 | 36,2 | 29,5 | 36,7 | 33,5 | 33,1 | 31,8 | 42,9 | 49,8 | 40,2 |
| | B10 | 9445 | 6870 | 6288 | 9314 | 8666 | 6975 | 581 | 607 | 639 | 470 | 382 | 423 | 29,0 | 30,3 | 31,9 | 44,1 | 42,5 | 41,1 | 30,9 | 28,7 | 29,7 | 36,2 | 39,4 | 32,5 |
| | KE | 6919 | 7505 | 6540 | 7050 | 7334 | 5156 | 521 | 579 | 569 | 487 | 455 | 421 | 26,1 | 28,9 | 28,4 | 36,5 | 31,7 | 48,4 | 36,8 | 40,2 | 32,4 | 40,2 | 45,2 | 28,2 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 2563,7 | | | | | | 196,8 | | | | | | 5,43 | | | | | | 6,12 | | | | | |
| Fu | | 895,9 | | | | | | 52,7 | | | | | | 2,32 | | | | | | 3,02 | | | | | |
| A × Fu | | 1267 | | | | | | 74,5 | | | | | | 3,28 | | | | | | 4,26 | | | | | |
| N | | 447,5 | | | | | | 33,2 | | | | | | 1,89 | | | | | | 1,56 | | | | | |
| A × N | | 632,9 | | | | | | 46,9 | | | | | | 2,68 | | | | | | 2,2 | | | | | |
| Fu × N | | 775,1 | | | | | | 57,5 | | | | | | 3,28 | | | | | | 2,69 | | | | | |
| A × Fu × N | | 1096,2 | | | | | | 81,3 | | | | | | 5,24 | | | | | | 3,81 | | | | | |
| Cu | | 603,4 | | | | | | 40,7 | | | | | | 2,34 | | | | | | 2,13 | | | | | |
| A × Cu | | 853,3 | | | | | | 57,5 | | | | | | 3,32 | | | | | | 3,01 | | | | | |
| Fu × Cu | | 1045,1 | | | | | | 70,4 | | | | | | 4,06 | | | | | | 3,68 | | | | | |
| N × Cu | | 1045,1 | | | | | | 70,4 | | | | | | 4,06 | | | | | | 3,68 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 1478 | | | | | | 99,6 | | | | | | 5,49 | | | | | | 5,21 | | | | | |
| A × N × Cu | | 1347,2 | | | | | | 122 | | | | | | 7,03 | | | | | | 6,38 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 1810,2 | | | | | | 191,9 | | | | | | 9,51 | | | | | | 8,96 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 2560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 22: Contenido proteína del grano (%CPG), gluten húmedo (%GH), gluten seco (%GS) y peso hectolítrico (PH) para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | %CPG | | | | | | %GH | | | | | | %GS | | | | | | PH (kg,ht ⁻¹) | | | | | |
|------------------------|----------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 10,75 | 11,34 | 11,7 | 11,13 | 12,51 | 12,4 | 22,74 | 21,53 | 20,6 | 19,4 | 17,2 | 20,4 | 7,78 | 7,8 | 7,46 | 6,87 | 8,03 | 7,23 | 76,2 | 75,7 | 75,4 | 80,3 | 79,3 | 80,2 |
| | B10 | 10,15 | 10,92 | 10,1 | 10,14 | 11,25 | 12,2 | 16,9 | 20,9 | 23,7 | 20,17 | 20,97 | 20,2 | 6,5 | 7,62 | 8,5 | 7,1 | 7,6 | 7,13 | 71,3 | 72,7 | 73,5 | 74,9 | 75,3 | 76,6 |
| | KE | 11,09 | 11,95 | 11,3 | 11,5 | 12,29 | 11,5 | 23,22 | 24,3 | 24,2 | 21,73 | 21,87 | 23,6 | 8,46 | 8,75 | 8,73 | 7,97 | 8,27 | 81,1 | 80,1 | 81,1 | 83,6 | 82,9 | 82,7 | |
| 70N | BG | 11,73 | 11,8 | 11,5 | 11,84 | 12,33 | 12,1 | 20,45 | 21,3 | 25,5 | 19,37 | 18,8 | 20,1 | 7,5 | 7,73 | 9,04 | 6,9 | 6,83 | 7,2 | 72,9 | 73,6 | 74,5 | 79,1 | 79,5 | 80,1 |
| | B10 | 10,86 | 11,22 | 11,7 | 10,91 | 11,55 | 11,9 | 18,53 | 21,38 | 20,5 | 20,4 | 21,83 | 22,8 | 6,79 | 7,72 | 7,51 | 7,17 | 8,2 | 7,83 | 68,8 | 69,9 | 69,9 | 74,1 | 74,1 | 74,1 |
| | KE | 11,3 | 12,24 | 12,3 | 11,92 | 12,23 | 12,4 | 24,86 | 26,92 | 23 | 21 | 23,5 | 22,4 | 8,95 | 9,62 | 8,23 | 7,73 | 8,33 | 7,93 | 79,9 | 80,1 | 79,3 | 83,5 | 83,4 | 82,4 |
| 140N | BG | 13,29 | 13,87 | 14,3 | 12,99 | 13,02 | 14,4 | 27,28 | 21,67 | 24 | 21,87 | 22,67 | 22,4 | 9,62 | 8,84 | 8,52 | 7,9 | 8,03 | 7,97 | 74,5 | 70,7 | 72,1 | 79 | 80,4 | 78,9 |
| | B10 | 11,7 | 11,76 | 12,7 | 11,96 | 12,46 | 13,4 | 24,06 | 21,38 | 22,4 | 23,73 | 25,67 | 24,1 | 8,46 | 8,77 | 8,16 | 8,5 | 9,6 | 8,37 | 70,3 | 69,2 | 68,2 | 75,4 | 75,4 | 77,2 |
| | KE | 13,72 | 13,14 | 13,2 | 13,92 | 12,78 | 13 | 27,96 | 29,91 | 29,8 | 25,23 | 25,33 | 24,4 | 10,22 | 10,81 | 10,7 | 9,1 | 8,87 | 8,57 | 75,2 | 80,4 | 79,9 | 79,7 | 78,6 | 80,7 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 0,49 | | | | | | 1,32 | | | | | | 1,14 | | | | | | 1,62 | | | | | |
| Fu | | 0,24 | | | | | | 0,69 | | | | | | 0,29 | | | | | | 0,95 | | | | | |
| A × Fu | | 0,34 | | | | | | 0,98 | | | | | | 0,41 | | | | | | 1,34 | | | | | |
| N | | 0,33 | | | | | | 0,9 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,37 | | | | | |
| A × N | | 0,47 | | | | | | 1,27 | | | | | | 0,35 | | | | | | 0,53 | | | | | |
| Fu × N | | 0,57 | | | | | | 1,56 | | | | | | 0,43 | | | | | | 0,65 | | | | | |
| A × Fu × N | | 0,81 | | | | | | 2,2 | | | | | | 0,61 | | | | | | 0,91 | | | | | |
| Cu | | 0,45 | | | | | | 0,84 | | | | | | 0,28 | | | | | | 0,93 | | | | | |
| A × Cu | | 0,64 | | | | | | 1,19 | | | | | | 0,4 | | | | | | 1,32 | | | | | |
| Fu × Cu | | 0,79 | | | | | | 1,46 | | | | | | 0,49 | | | | | | 1,62 | | | | | |
| N × Cu | | 0,79 | | | | | | 1,46 | | | | | | 0,49 | | | | | | 1,62 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 1,11 | | | | | | 2,02 | | | | | | 0,69 | | | | | | 2,29 | | | | | |
| A × N × Cu | | 1,11 | | | | | | 2,53 | | | | | | 0,69 | | | | | | 2,29 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 1,36 | | | | | | 3,48 | | | | | | 1,14 | | | | | | 2,8 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 1,72 | | | | | | 3,5 | | | | | | 1,26 | | | | | | 3,52 | | | | | |

Anexo 23: Parámetros del alveograma para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cu | Tenacidad (mm) | | | | | | Extensibilidad (mm) | | | | | | Relación P/L | | | | | | Fuerza Panadera (W) ($J \times 10^{-4}$) | | | | | |
|-----------------|-----|----------------|---------|--------|--------|---------|--------|---------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------------|---------|--------|--------|---------|--------|--|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| ON | BG | 98,3 | 110 | 125 | 95,3 | 112 | 87,4 | 58,3 | 54,7 | 49,0 | 37,3 | 38,0 | 43,3 | 1,72 | 2,07 | 2,40 | 2,63 | 3,04 | 2,1 | 234 | 228 | 268 | 152 | 185 | 161 |
| | B10 | 61,8 | 102 | 60,2 | 62,1 | 83,5 | 64,5 | 28,7 | 41,7 | 52,3 | 45,0 | 33,0 | 42,3 | 2,12 | 2,44 | 1,48 | 1,43 | 2,54 | 1,55 | 88 | 179 | 168 | 129 | 134 | 126 |
| | KE | 85,4 | 97,9 | 96,2 | 85,7 | 95,6 | 88 | 66,7 | 66,7 | 67,3 | 56,3 | 53,7 | 50,3 | 1,41 | 1,48 | 1,43 | 1,66 | 1,95 | 1,81 | 215 | 245 | 243 | 192 | 208 | 182 |
| 70N | BG | 85,6 | 116 | 127 | 91,6 | 98,6 | 116 | 63,3 | 51,7 | 53,0 | 42,3 | 42,0 | 35,3 | 2,16 | 2,28 | 2,42 | 2,17 | 2,61 | 3,34 | 207 | 234 | 233 | 179 | 171 | 182 |
| | B10 | 71,7 | 79,6 | 83,1 | 78,3 | 68,9 | 67,2 | 36,0 | 38,0 | 35,0 | 40,7 | 42,7 | 45,0 | 2,02 | 2,55 | 2,4 | 2,16 | 1,61 | 1,49 | 119 | 157 | 129 | 146 | 145 | 215 |
| | KE | 103 | 91 | 104 | 105 | 86,0 | 95,1 | 63,0 | 73,7 | 51,3 | 64 | 55,7 | 54,3 | 1,65 | 1,12 | 2,28 | 2,04 | 1,54 | 1,77 | 261 | 261 | 241 | 248 | 210 | 136 |
| 140N | BG | 75,1 | 100 | 130 | 115 | 83,6 | 98 | 91,7 | 76 | 55,7 | 50,7 | 48,3 | 41,3 | 1,34 | 1,39 | 2,31 | 2,26 | 1,74 | 2,49 | 279 | 298 | 311 | 238 | 183 | 184 |
| | B10 | 91,1 | 104 | 119 | 96,8 | 57,8 | 77,9 | 34 | 42,7 | 41,7 | 42,3 | 56 | 42 | 2,44 | 2,49 | 2,93 | 2,27 | 1,07 | 2,01 | 127 | 190 | 234 | 183 | 139 | 181 |
| | KE | 69,9 | 89,4 | 96,4 | 99,7 | 83,5 | 68,5 | 66,7 | 88 | 91,7 | 50 | 52,7 | 59,7 | 1,39 | 1,02 | 1,07 | 2,05 | 1,59 | 1,17 | 244 | 298 | 315 | 223 | 187 | 140 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 29.93 | | | | | | 7,5 | | | | | | 0,76 | | | | | | 62,1 | | | | | |
| Fu | | 7.33 | | | | | | 2,85 | | | | | | 0,2 | | | | | | 23,4 | | | | | |
| A x Fu | | 10.37 | | | | | | 4,03 | | | | | | 0,28 | | | | | | 33 | | | | | |
| N | | 7.26 | | | | | | 3,99 | | | | | | 0,22 | | | | | | 20,9 | | | | | |
| A x N | | 10.27 | | | | | | 5,66 | | | | | | 0,31 | | | | | | 29,5 | | | | | |
| Fu x N | | 12.58 | | | | | | 6,93 | | | | | | 0,38 | | | | | | 36,2 | | | | | |
| A x Fu x N | | 17.79 | | | | | | 9,79 | | | | | | 0,54 | | | | | | 51,1 | | | | | |
| Cu | | 6.75 | | | | | | 4,53 | | | | | | 0,27 | | | | | | 17,5 | | | | | |
| A x Cu | | 9.54 | | | | | | 6,4 | | | | | | 0,38 | | | | | | 24,7 | | | | | |
| Fu x Cu | | 11.68 | | | | | | 7,84 | | | | | | 0,47 | | | | | | 30,3 | | | | | |
| N x Cu | | 11.68 | | | | | | 7,84 | | | | | | 0,47 | | | | | | 30,3 | | | | | |
| A x Fu x Cu | | 16.52 | | | | | | 11,09 | | | | | | 0,66 | | | | | | 42,8 | | | | | |
| A x N x Cu | | 16.52 | | | | | | 11,09 | | | | | | 0,66 | | | | | | 42,8 | | | | | |
| Fu x N x Cu | | 20.24 | | | | | | 13,58 | | | | | | 0,81 | | | | | | 52,4 | | | | | |
| A x Fu x N x Cu | | 28.62 | | | | | | 19,2 | | | | | | 1,15 | | | | | | 74,1 | | | | | |

Anexo 24: Parámetros del farinograma para tres cultivares de trigo inoculados con *Z. tritici* bajo tres tratamientos de fungicidas y tres dosis de N en dos años.

| N | Cultivar | Absorción de agua (A) (ml) | | | | | | Tiempo de Desarrollo de la masa (B) (min) | | | | | | Estabilidad farinográfica (D) (min) | | | | | | Grado de ablandamiento de la masa (E) (U.B) | | | | | |
|------------------------|----------|----------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|---|---------|--------|--------|---------|--------|-------------------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|---|---------|--------|--------|---------|--------|
| | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | | 2009 | | | 2010 | | |
| | | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu | Nativo | Folicur | Sin Fu |
| 0N | BG | 56,2 | 59,1 | 57,4 | 59,9 | 56,3 | 57,6 | 8,58 | 12,83 | 6,17 | 11,5 | 19,33 | 17,0 | 8,50 | 12,1 | 10,1 | 18,0 | 22,2 | 22 | 66,7 | 56,7 | 35,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 |
| | B10 | 52,8 | 57,2 | 54,8 | 62,1 | 54,0 | 61,3 | 2,00 | 4,50 | 3,67 | 3,33 | 9,33 | 9,17 | 3,75 | 12,4 | 4,92 | 12,3 | 28,0 | 18,3 | 81,7 | 59,2 | 71,7 | 30,0 | 0,0 | 65,0 |
| | KE | 57,9 | 58,5 | 58,9 | 63,1 | 55,5 | 58,1 | 4,67 | 5,17 | 4,83 | 10,0 | 26,0 | 7,0 | 9,17 | 7,58 | 8,08 | 20,0 | 34,5 | 11,0 | 73,3 | 63,3 | 73,3 | 60,0 | 35,0 | 46,7 |
| 70N | BG | 61,8 | 58,8 | 57,6 | 59,7 | 60,0 | 57,0 | 7,48 | 4,50 | 8,75 | 18,0 | 15,33 | 10,7 | 7,67 | 9,67 | 11,4 | 34,8 | 25,0 | 15,8 | 89,2 | 70,8 | 61,7 | 35,0 | 38,3 | 50,0 |
| | B10 | 53,5 | 56,3 | 57,1 | 56,9 | 56,4 | 58,0 | 1,83 | 6,58 | 8,58 | 12,33 | 3,5 | 15,0 | 10,25 | 10,0 | 12,4 | 30,0 | 3,33 | 10,0 | 66,7 | 43,3 | 86,7 | 25,0 | 58,3 | 35,0 |
| | KE | 58,4 | 56,7 | 55,3 | 58,6 | 59,3 | 62,5 | 4,17 | 7,83 | 5,17 | 9,5 | 11,17 | 6,5 | 17,25 | 13,2 | 8,25 | 14,5 | 17,7 | 11,8 | 50,0 | 63,3 | 65,0 | 46,7 | 65,0 | 41,7 |
| 140N | BG | 58,7 | 61,6 | 59,2 | 58,5 | 58,5 | 63,0 | 7,17 | 3,75 | 14,8 | 13,0 | 13,0 | 16,2 | 8,0 | 13,7 | 22,3 | 23,7 | 25,3 | 18,0 | 143,3 | 40,8 | 48,3 | 38,3 | 20,0 | 36,7 |
| | B10 | 58,2 | 56,5 | 54,7 | 56,1 | 53,4 | 56,4 | 1,58 | 11,5 | 1,95 | 9,67 | 9,67 | 6,5 | 1,83 | 12,5 | 1,67 | 20,5 | 21,3 | 14,0 | 123,7 | 55 | 79,2 | 20,0 | 13,3 | 45,0 |
| | KE | 54,6 | 56,9 | 60,2 | 57,3 | 57,4 | 59,7 | 6,00 | 7,50 | 8,67 | 16,83 | 8,83 | 10,7 | 9,67 | 12,4 | 13,0 | 33,3 | 27,5 | 15,2 | 73,3 | 54,2 | 53,3 | 38,3 | 21,7 | 36,7 |
| LSD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | 4,14 | | | | | | 5,14 | | | | | | 6,78 | | | | | | 10,5 | | | | | |
| Fu | | 1,28 | | | | | | 3,43 | | | | | | 6,44 | | | | | | 11,3 | | | | | |
| A × Fu | | 1,82 | | | | | | 4,85 | | | | | | 9,11 | | | | | | 16,0 | | | | | |
| N | | 1,24 | | | | | | 1,39 | | | | | | 2,66 | | | | | | 9,62 | | | | | |
| A × N | | 1,75 | | | | | | 1,97 | | | | | | 3,77 | | | | | | 13,6 | | | | | |
| Fu × N | | 2,15 | | | | | | 2,42 | | | | | | 4,61 | | | | | | 16,7 | | | | | |
| A × Fu × N | | 3,04 | | | | | | 3,42 | | | | | | 6,52 | | | | | | 23,6 | | | | | |
| Cu | | 1,03 | | | | | | 1,93 | | | | | | 2,57 | | | | | | 8,65 | | | | | |
| A × Cu | | 1,46 | | | | | | 2,73 | | | | | | 3,64 | | | | | | 12,2 | | | | | |
| Fu × Cu | | 1,79 | | | | | | 3,34 | | | | | | 4,45 | | | | | | 15,0 | | | | | |
| N × Cu | | 1,79 | | | | | | 3,34 | | | | | | 4,45 | | | | | | 15,0 | | | | | |
| A × Fu × Cu | | 2,53 | | | | | | 4,73 | | | | | | 6,30 | | | | | | 21,2 | | | | | |
| A × N × Cu | | 2,53 | | | | | | 4,73 | | | | | | 6,30 | | | | | | 21,2 | | | | | |
| Fu × N × Cu | | 3,09 | | | | | | 5,79 | | | | | | 7,71 | | | | | | 25,9 | | | | | |
| A × Fu × N × Cu | | 4,38 | | | | | | 8,19 | | | | | | 10,9 | | | | | | 36,7 | | | | | |