

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES



TRABAJO FINAL DE CARRERA

**INFLUENCIA DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES FÚNGICAS EN EL CONTENIDO
DE GLUTEN DE UNA COLECCIÓN INTERNACIONAL DE GENOTIPOS DE TRIGO**

ALUMNO: Joaquín del Río

LEGAJO: 26216/6

EMAIL: joaquindelrio.08@hotmail.com

TELEFONO: 2215016531

DIRECTORA: Dra. Ana Carolina Castro

CO-DIRECTORA: Dra. María Rosa Simón

FECHA DE ENTREGA: 12/07/2021

INDICE

RESUMEN	3
I. INTRODUCCION	4
II. HIPÓTESIS	8
III. OBJETIVO GENERAL	8
IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
V. MATERIALES Y METODOS:	9
V. 1. Diseño experimental del ensayo a campo	9
V.2. Determinaciones a campo durante el ciclo del cultivo.....	11
V.3. Determinaciones en el laboratorio	12
V.4. Análisis estadístico	14
VI. RESULTADOS	14
VI.1. Datos climáticos	14
VI.2. Severidad en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80)	15
VI.3. Frecuencia de patógenos	21
VI.4. Contenido de gluten húmedo y seco de los genotipos de trigo.....	23
VII. DISCUSIÓN	30
VIII. CONCLUSIONES	32
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

RESUMEN

Las enfermedades foliares fúngicas influyen en la calidad del trigo (*Triticum aestivum* L.) y el efecto que pueden generar dependerá considerablemente del hábito nutricional del patógeno. La hipótesis plantea que las enfermedades afectan diferencialmente el contenido de gluten. El objetivo es analizar la influencia de las enfermedades en el contenido de gluten de una colección internacional de genotipos de trigo y asociarlo con la severidad y frecuencia de patógenos de diferente hábito nutricional. Se condujo un ensayo en la EEJH (FCAYF-UNLP) con un diseño de parcela dividida. La parcela principal fue el tratamiento de fungicidas: con fungicida (CF) y sin fungicida (SF) y la subparcela 108 genotipos de trigo primaverales de una colección internacional previamente mapeada con marcadores moleculares con dos repeticiones. Se determinó la severidad, la frecuencia de patógenos y el contenido de gluten húmedo y seco. Se efectuó análisis de varianza de las variables estudiadas con el programa estadístico GenStat 12 Ed. y las medias se compararon mediante test LSD ($P < 0,05$). Se realizó la regresión entre severidad en EC 60 y contenido de gluten. Hubo diferencias significativas en la severidad entre tratamientos SF y CF para los estadios EC60, EC80 y en la interacción Fungicida \times Genotipo. La frecuencia de patógenos fue estadísticamente significativa para los genotipos, patógenos y su interacción Genotipo \times Patógeno. Se observó un 57% de genotipos con presencia de *Puccinia triticina* seguido por *Alternaria spp.* (33%), *Fusarium spp.* (5%) en hoja, *Zymoseptoria tritici* (3%) y *Pyrenophora tritici-repentis* (2%). El valor medio de gluten húmedo en tratamientos CF fue 28,9% y en tratamientos SF fue 24,9%, mientras que, en gluten seco, el valor medio CF fue 10,5% y SF 8,92%. Los genotipos afectados por roya de la hoja (patógeno biotrófo), mostraron disminuciones significativas del gluten con respecto a los tratamientos CF. Los genotipos en los que predominaron mancha de la hoja (causada por un patógeno hemibiotrofo) y mancha amarilla (causada

por un patógeno necrotrofo) tuvieron mayores valores de gluten en las parcelas SF mientras que la aplicación de fungicida disminuyó este parámetro. Por último, los genotipos afectados por *Alternaria* spp. (patógeno necrotrofo) mostraron incrementos o disminuciones del contenido de gluten, probablemente debido a la presencia de especies patogénicas y no patogénicas de *Alternaria*, causando que los otros patógenos no prevalentes determinen la fluctuación en el contenido de gluten.

I. INTRODUCCION

El trigo (*Triticum aestivum* L.) con una producción total de 777 millones de toneladas en 2020/2021 (U.S Wheat Associates, 2021) es el tercer cereal en volumen de producción en el mundo, precedido por el maíz y el arroz, Argentina se encuentra dentro del ranking de los diez principales productores mundiales. La producción de trigo de Argentina a nivel mundial representó en la campaña 2018/19 el 2,7%, ocupando el noveno lugar en el ranking mundial. En tanto, la exportación de harina de trigo de la Argentina a nivel mundial representó el 4,3% del volumen ocupando el cuarto lugar en el ranking de exportaciones (Secretaría de Agroindustria, 2019). La superficie sembrada en la campaña 2019/2020 en Argentina se ha incrementado, llegando a 6,6 millones de hectáreas. La cosecha de trigo a nivel nacional finalizó con un récord productivo de 19,5 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2020).

Una de las consideraciones más importantes a la hora de comercializar el trigo es la calidad que presenta, la demanda tanto interna como externa respecto a la calidad comercial e industrial han ido cambiando. Los clientes son mucho más exigentes en sus especificaciones, los cambios tecnológicos que han experimentado las panaderías, las

industrias de galletitas y la aparición de industrias de masas congeladas generó que los requerimientos sean más sofisticados (Seghezzo & Molfese, 2006).

Para poder definir calidad es imprescindible ubicarse en alguno de los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria del trigo, ya que ésta va a ir variando y teniendo diferentes requisitos según el eslabón de la cadena que se considere. Para el productor, un trigo de calidad será aquel que genere altos rendimientos por hectárea, buen comportamiento sanitario y que cumpla con parámetros de calidad como proteína y gluten establecidos en el estándar de comercialización. Para el molinero, será de buena calidad un trigo con altos valores de rendimiento harinero, peso de mil granos y peso hectolítrico, bajo contenido de cenizas, dureza del grano, forma del germen, facilidad de molienda, etc. Para el panadero, la calidad estará determinada por la uniformidad de la materia prima y su adaptación a los distintos procesos productivos. Las características más importantes a tener en cuenta son el contenido de proteínas, gluten húmedo, propiedades reológicas de las masas medidas por alveógrafo, farinógrafo y ensayo de panificación (Seghezzo & Molfese, 2006).

Tanto para el productor como para el acopiador, uno de los parámetros más importantes es el contenido de proteína en grano, que tiene bonificaciones o descuentos según se ubique por debajo o por encima de la base establecida que es 11%, aunque también el contenido de gluten, conocido como artículo 12 en el estándar de comercialización. Mientras que para el molinero es más importante el contenido de gluten que el de proteína, ya que ésta puede estar desnaturalizada por almacenamiento inadecuado o por secado del grano a altas temperaturas, haciendo que no forme gluten (Cuniberti, 2001). La importancia del gluten para el molinero radica en que éste es el responsable de formar masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gases y dar productos aireados y livianos después de su cocción (Gómez Pallarés *et al.*, 2007).

Las características que influyen en una buena calidad del producto final son la elección del cultivar, el manejo agronómico aplicado en el cultivo y el ambiente. La elección del cultivar a sembrar determina en gran medida el uso final del producto y/o el nicho tecnológico-comercial donde podrá ser comercializado (Ponzio, 2011). Existen genotipos con diferente aptitud panadera, muchos países como Estados Unidos, Australia y Canadá clasifican sus variedades, ya que esto agiliza su comercialización.

Con relación al manejo agronómico, las consideraciones más importantes a tener en cuenta para mejorar rendimiento y calidad serán la preparación del lote previo a la siembra, los cultivos antecesores utilizados, las características edáficas, la elección de la fecha de siembra, la fertilización nitrogenada, las características climáticas de la región y el manejo integrado de las adversidades. El momento de aplicación del fertilizante es muy importante en la definición de la calidad. El nitrógeno (N) aplicado en la siembra puede no ser suficiente como para incrementar rendimiento y proteína a la vez. Esto se observa particularmente en los años de altos rendimientos, si la oferta del N fue escasa. En situaciones como éstas, los porcentajes de proteína en grano suelen ser bajos, debido a la relación inversa que existe entre rendimiento y proteína, comúnmente llamado “efecto de dilución” (Brach, 2012).

Además, el clima es decisivo durante el ciclo del cultivo, pero especialmente en floración y llenado de grano cumple un rol muy importante en la expresión de la calidad de trigo. Las temperaturas superiores a los 25-30 °C y baja humedad relativa durante el llenado de grano producen acortamiento del período que se traduce en granos con menor rendimiento harinero y modificación en la composición de las proteínas, con la consiguiente reducción en la calidad (grano chuzo). Por otro lado, cuando el grano de trigo recibe agua de lluvia previo a la cosecha, la absorbe, se hincha, y al secarse nuevamente no recobra su tamaño original. Esto provoca fracturas internas que

disminuyen la densidad del grano, peso hectolítrico, afectando así el rendimiento molinero (Brach, 2012). Asimismo, las precipitaciones, pueden producir lavado y brotado aumentando la cantidad de enzima alfa amilasa, lo que licua el almidón y produce efectos indeseables en los panificados.

Por otra parte, la presencia de malezas durante el ciclo del cultivo aumenta la competencia por nutrientes y otros recursos del ambiente, pudiendo reducir el porcentaje de proteína en grano si el N es escaso (Seghezzo & Molfese, 2006). Además, las enfermedades y plagas ejercen su efecto sobre el área foliar verde, el rendimiento y la calidad. Las enfermedades constituyen los factores bióticos más importantes que afectan el cultivo de trigo en Argentina. La manifestación de éstas va a depender en gran medida de las condiciones climáticas predominantes durante el ciclo del cultivo, como así también de la susceptibilidad de cultivares y genotipos del patógeno prevalentes. Si bien existe una amplia variedad de patógenos, las enfermedades de origen fúngico son las más importantes y dentro de éstas, las foliares son las que prevalecen. El efecto que pueden generar en la calidad va a depender considerablemente del hábito nutricional que el patógeno posea, aquí podemos encontrar los biotrófos como *Puccinia triticina* Eriks, agente causal de la roya de la hoja, organismos que necesitan del hospedante vivo para poder alimentarse, provocando mayor daño sobre la acumulación y partición del N en el grano que el que provocan sobre la acumulación y partición de la materia seca (Dimmock & Gooding, 2002). De este modo, generalmente ocasionan una disminución en el contenido de proteína en el grano. Por otro lado, los necrótrofos como *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Shoem, agente causal de la mancha amarilla, son microorganismos que provocan la muerte del hospedante para poder alimentarse, éstos provocan una disminución del área foliar fotosintéticamente activa, reducen la fotosíntesis y la acumulación de carbohidratos principalmente y afectando más el rendimiento que la

acumulación de N, provocando un incremento en el porcentaje de proteína (Dimmock & Gooding, 2002). Finalmente, se encuentran los patógenos hemibiótrofos como *Zymoseptoria tritici*, agente causal de la mancha de la hoja, que tienen un efecto variable sobre la calidad. Hay pruebas que sugieren que regularmente disminuyen 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). Sin embargo, otros investigadores han encontrado una disminución del rendimiento e incrementos en el contenido de proteína debido a un proceso de concentración (Dimmock & Gooding 2002; Castro & Simón, 2017). Por último, un buen cuidado post-cosecha también será necesario para mantener la calidad. Con relación a esto, lo más importante es el almacenaje con una humedad inferior al 14% en silos (previa desinfección y limpieza del grano) y el secado artificial que se debe realizar con flujos de aire caliente, sin que la temperatura exceda los 60 °C, de lo contrario dañará a las proteínas formadores de gluten (Cuniberti, 2014). Considerando la importancia de las enfermedades foliares en la calidad del trigo, las hipótesis y objetivos de este trabajo son:

II. HIPÓTESIS

Las enfermedades foliares fúngicas afectan diferencialmente (según el hábito nutricional del patógeno causal) el contenido de gluten de una colección de genotipos de trigo de origen internacional.

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de las enfermedades foliares fúngicas en el contenido de gluten de una colección internacional de genotipos de trigo.

IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el contenido de gluten en 108 genotipos de trigo de origen internacional con y sin fungicidas.

Asociar el contenido de gluten con la severidad y frecuencia de patógenos de diferente hábito nutricional.

V. MATERIALES Y METODOS:

V. 1. Diseño experimental del ensayo a campo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn de Los Hornos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (EEJH, FCAyF, UNLP), situada en 34°59'04.3"S, 57°59'50.5"O. Se utilizó un diseño experimental de parcela subdividida en el cual la parcela principal fue el tratamiento con fungicida (CF) y sin fungicida (SF) y las subparcelas, 108 genotipos de trigo primaverales de una colección internacional (Tabla 1) previamente mapeada (ya que el objetivo final es localizar marcadores moleculares para diversas características) con dos repeticiones. La colección de genotipos primaverales con caracteres contrastantes fue obtenida de una colección más amplia que incluía también trigos invernales seleccionados de 32 países del German Federal ex situ Genebank, Gatersleben, Alemania.

La preparación de la cama de siembra consistió en un esquema de labranza convencional con utilización de disco, rastra y rolo, así como también un barbecho químico, el cual estuvo constituido por una aplicación en pre-siembra con glifosato y en post-emergencia temprana donde se aplicó 100 cm³ Misil® + 5 g/ha (dicamba 48% – metsulfurónmetil 60%). La siembra se realizó en el mes de junio y se llevó a cabo utilizando una sembradora experimental, con una distancia entre hileras de 20 cm y una

densidad de 250 plantas/m². Cada parcela tuvo un largo de 3,40 m y un ancho de 1,40 m (4,8 m²).

En las subparcelas con control de enfermedades se aplicó una triple mezcla (BASF Orquesta Ultra) de fluxapyroxad 50 g/l (carboxamida), epoxiconazole 50 g/l (triazol) y pyraclostrobin 81 g/l (1,2 l/ha) (estrobilurina) en base a recomendaciones de marbete en cuatro estadios de crecimiento (EC) 2-3 hojas (EC12), encañazón (EC31), hoja bandera desplegada (EC 39) y floración, (EC60) (Zadoks *et al.*, 1974) para asegurar un testigo con baja infección y observar diferencias entre genotipos en ambas condiciones. En todas las sub-parcelas se aplicaron 100 kgN/ha (46-0-0), particionados en dos momentos, a la siembra y a fines de macollaje.

Se realizaron evaluaciones de severidad mediante apreciación visual (% de superficie foliar por hoja afectada por la enfermedad) de las enfermedades presentes en EC31, EC60 y EC80 (grano pastoso), estimando el promedio de tres hojas de 7 a 10 plantas por parcela.

Tabla 1. Colección internacional de genotipos de trigo.

N°	Código	Nombre	Variedad	Origen	N°	Código	Nombre	Variedad	Origen
1	TRI 403	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		USA	58	TRI 4549	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Chile
2	TRI 2513	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		china	59	TRI 4551	<i>Triticum aestivum leucospermum</i>		Chile
3	TRI 2619	<i>Triticum aestivum suberythrospes</i>		Nepal	60	TRI 4563	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Italia
4	TRI 2656	<i>Triticum aestivum milturum</i>		India	61	TRI 4919	<i>Triticum aestivum graecum</i>		Austria
5	TRI 2679	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		India	62	TRI 4940	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		EEUU
6	TRI 2835	<i>Triticum aestivum meridionale</i>		Afghanistan	63	TRI 4942	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		EEUU
7	TRI 2889	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Nepal	64	TRI 4943	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Suecia
8	TRI 3126	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Portugal	65	TRI 5262	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Estonia
9	TRI 3244	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		USA	66	TRI 5304	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Francia
10	TRI 3438	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Alemania	67	TRI 5310	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Argentina
11	TRI 3477	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Nueva Zelanda	68	TRI 5315	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Argentina
12	TRI 3492	<i>Triticum aestivum desconocido</i>		Nepal	69	TRI 5325	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		EEUU
13	TRI 3511	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Portugal	70	TRI 5332	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		España
14	TRI 3515	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Reino Unido	71	TRI 5333	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Alemania
15	TRI 3526	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Portugal	72	TRI 5342	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Reino Unido
16	TRI 3564	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Portugal	73	TRI 5357	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Bulgaria
17	TRI 3569	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Uruguay	74	TRI 5386	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		España
18	TRI 3570	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		India	75	TRI 5425	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Suecia
19	TRI 3631	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Canadá	76	TRI 5426	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		EEUU
20	TRI 3633	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Canadá	77	TRI 5438	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Irán
21	TRI 3664	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Alemania	79	TRI 5603	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Irán
22	TRI 3831	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Portugal	81	TRI 5653	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Irán
23	TRI 3839	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		francia	82	TRI 5692	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Irán
24	TRI 3842	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Portugal	84	TRI 5984	<i>Triticum aestivum delphi</i>		Irán
25	TRI 3874	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Italia	85	TRI 6094	<i>Triticum aestivum subgraecum</i>		Irán
26	TRI 3881	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Italia	86	TRI 6108	<i>Triticum aestivum graecum</i>		Irán
27	TRI 3895	<i>Triticum aestivum aureum</i>		Francia	87	TRI 6129	<i>Triticum aestivum graecum</i>		Irán
28	TRI 3925	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Uruguay	88	TRI 6148	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Irán
29	TRI 3926	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Uruguay	89	TRI 10296	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Mexico
30	TRI 3929	<i>Triticum aestivum pyrothrix</i>		China	90	TRI 10297	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Brasil
31	TRI 3931	<i>Triticum aestivum subhostianum</i>		china	92	TRI 10311	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Japón
32	TRI 3955	<i>Triticum aestivum desconocido</i>		Nepal	93	TRI 10336	<i>Triticum aestivum variable</i>		China
33	TRI 3964	<i>Triticum aestivum nigricans</i>		Nepal	94	TRI 10338	<i>Triticum aestivum hostianum</i>		China
34	TRI 3987	<i>Triticum aestivum pyrothrix</i>		India	95	TRI 10340	<i>Triticum aestivum leucospermum</i>		China
35	TRI 4013	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	96	TRI 10591	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Cyprus
36	TRI 4041	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Canadá	97	TRI 10593	<i>Triticum aestivum murinumcompactum</i>		Cyprus
37	TRI 4042	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		China	98	TRI 10620	<i>Triticum aestivum murinumcompactum</i>		Cyprus
38	TRI 4056	<i>Triticum aestivum villosum</i>		India	99	TRI 10625	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Cyprus
39	TRI 4081	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Portugal	100	TRI 10654	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Cyprus
40	TRI 4112	<i>Triticum aestivum fulvocinereum</i>		Afghanistan	102	TRI 10688	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
41	TRI 4113	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Afghanistan	103	TRI 10692	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Grecia
42	TRI 4116	<i>Triticum aestivum aureum</i>		Italia	104	TRI 10693	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
43	TRI 4117	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	105	TRI 10697	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Grecia
44	TRI 4118	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	106	TRI 10702	T. species (population)		Desconocido
47	TRI 4126	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Italia	107	TRI 10703	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Grecia
48	TRI 4130	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Italia	108	TRI 10704	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Grecia
49	TRI 4141	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	109	TRI 10705	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
50	TRI 4144	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	110	TRI 10707	T. species (population)		Desconocido
51	TRI 4145	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	111	TRI 10709	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
52	TRI 4148	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	112	TRI 10710	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Grecia
53	TRI 4149	<i>Triticum aestivum ferrugineum</i>		Italia	113	TRI 10780	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
54	TRI 4171	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Italia	114	TRI 10781	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Grecia
55	TRI 4540	<i>Triticum aestivum melanopogon</i>		Rusia	115	TRI 10785	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Grecia
56	TRI 4545	<i>Triticum aestivum aestivum</i>		Austria	116	TRI 11020	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		EEUU
57	TRI 4547	<i>Triticum aestivum milturum</i>		Chile	117	TRI 11082	<i>Triticum aestivum lutescens</i>		Alemania

V.2. Determinaciones a campo durante el ciclo del cultivo.

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación Davis ubicada en la EEJH (UNLP). Se realizaron evaluaciones de severidad (% de superficie foliar por hoja afectada por la enfermedad) de las enfermedades presentes más importantes en EC31, EC60 y

EC80 (grano pastoso) estimando el promedio de las tres hojas superiores de 7 a 10 plantas por parcela.

V.3. Determinaciones en el laboratorio

Frecuencia de patógenos

Para determinar la frecuencia de patógenos, las hojas provenientes de campo se esterilizaron con alcohol (70%) e hipoclorito de sodio (2,5%) y se colocaron en cámara húmeda durante 72 h. Sobre ellas se determinó el porcentaje de patógenos por observación visual en microscopio. Además de determinar si el patógeno estaba o no presente, se estimó que superficie del portaobjeto cubrían sus esporas.

Determinación de gluten húmedo y seco

Se realizó la limpieza de todas las muestras de trigo, eliminando materias extrañas. Luego se midió la humedad de las muestras por el método gravimétrico (IRAM 15850-1) y se obtuvo por medio de los cálculos correspondientes, el volumen de agua que se debe aplicar para acondicionar la muestra previo a la molienda a 15,5% de humedad final. Una vez incorporada el agua a la muestra de trigo, en un recipiente herméticamente cerrado, se agitó enérgicamente y luego se dejó reposar durante 24 h para homogeneizar la humedad.

Posteriormente, se procedió a moler las muestras en el molino experimental Bühler MLU 202 (IRAM 15854-3). La harina obtenida se tamizó para mezclar las distintas fracciones. Se determinó el gluten húmedo (GH) con equipo Glutomatic 2200, que es el método estándar mundial para medir la cantidad de gluten real en la harina de trigo. El análisis se realizó por duplicado colocando 10 g de harina en cada vaso, pesado con balanza analítica y 4,9 ml de agua destilada a 24°C de temperatura (IRAM15864-1). Una vez finalizado el proceso de lavado se extrajo el gluten y se llevó a la centrifuga para

eliminar el exceso de agua. Terminado esto, los bollitos de gluten se pesaron en balanza analítica y el dato obtenido se multiplicó por 10, para expresar la cantidad en porcentaje. Por último, se procedió a realizar la determinación del gluten seco (GS), el cual se generó colocando los bollitos de gluten en el Glutork durante 4 min 30 s, trascurrido el tiempo se volvieron a pesar en balanza analítica y el resultado también se multiplicó por 10 para obtenerlo en porcentaje (Figura 1).

$$GH = \text{Peso del gluten húmedo} \times (100 - 14,0) / 100 - \text{humedad de referencia.}$$

$$GS = \text{Peso del gluten seco} \times (100 - 14,0) / 100 - \text{humedad de referencia.}$$

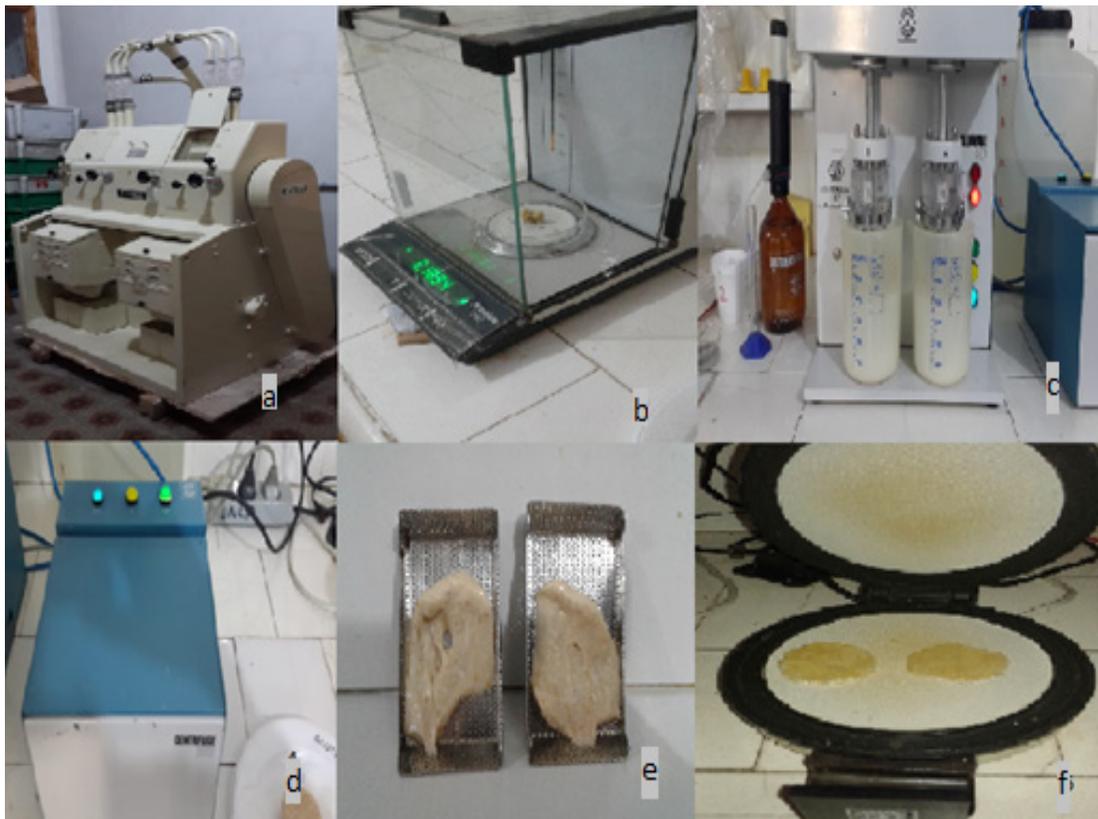


Figura 1. Secuencia de pasos para la determinación de gluten, húmedo y seco. 1a. Molino Bühler MLU 202. 1b. Balanza analítica. 1c. Glutomatic 2200. 1d Equipo de

centrifugado. 1e Gluten húmedo previo a ser pesado. 1f Glutork con gluten seco en Laboratorio de Cerealicultura (FCAYF-UNLP).

V.4. Análisis estadístico

Las diferencias en las variables severidad, frecuencia de patógenos, gluten húmedo y seco entre los genotipos CF y SF se analizaron mediante análisis de varianza (ANAVA) con el programa estadístico GenStat 12 Ed. (VSN, 2011) y las medias se compararon mediante test LSD ($P < 0,05$). Los datos de severidad y frecuencia fueron transformados mediante arcoseno \sqrt{x} , para mejorar la distribución de la varianza residual y homogeneizar la varianza. Además, se realizaron regresiones entre la severidad en EC 60 (que corresponde al período crítico del cultivo y en donde el efecto de las enfermedades en los tratamientos CF y SF se diferenció marcadamente) con el porcentaje de gluten.

VI. RESULTADOS

VI.1. Datos climáticos

En el año del ensayo las mayores precipitaciones se registraron en los meses de julio, agosto y septiembre superando ampliamente las medias históricas, mientras que en el mes de noviembre se registraron precipitaciones menores a la media (Tabla 2). En cuanto a las temperaturas de junio a septiembre fueron superiores a la media histórica. Por último la humedad relativa osciló entre un 70 y 80 % (Tabla 2).

Tabla 2. Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo de trigo en 2017 y valores normales (período 1964-2014) en Los Hornos, La Plata, Argentina.

	Temperatura (°C)		Humedad (%)	Radiación (Watt/m ²)	Precipitaciones (mm)	
	2017	1964-	2017	2017	2017	1964-2014

		2014				
Junio	11,9	10,6	72	1965	3,4	54,3
Julio	11,9	10,2	83	1622	105	64
Agosto	13,2	11,5	76	2612	101	62,5
Septiembre	14	13,5	83	3733	105	69,8
Octubre	16,2	16,5	76	5392	95	96,4
Noviembre	18,3	19,2	69	6583	24,2	98,4
Diciembre	22,2	22,3	70	6827	104	78,9

VI.2. Severidad en encañazón (EC31), floración (EC60) y grano pastoso (EC80)

Se observaron diferencias significativas entre tratamientos CF y SF para  severidad en los estadios EC60 y EC80. Entre genotipos se registraron diferencias altamente significativas en los tres estadios. Por último, en la interacción Fungicida × Genotipo se observaron diferencias significativas en los estadios EC60 y EC 80 (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANAVA) para severidad en EC31, EC60 y EC80 en un ensayo con dos tratamientos de fungicida en 110 genotipos de trigo.

Fuente de variación	GL	Severidad EC31	Severidad EC60	Severidad EC80
Fungicida	1	1542,22 (p=0,093)	102561,89 (p <0,011)	605,68 (p=0,013)
Error A	1	33,5	32,50	0,256
Genotipo	109	551,28 (p<0,001)	354,40 (p<0,001)	25,38 (p<0,001)
Fungicida × Genotipo	109	17,07 (p<0,995)	262,65 (p<0,001)	14.47 (p=0,004)
Error B	218	26,46	91,40	9,45
Total	439			

En el EC31 se observaron diferencias significativas solamente entre los distintos genotipos. La severidad de los genotipos fluctuó entre 0 % en los genotipos 75, 10, 13, 20, 31, 35, 42, 44, 48 hasta 45,1 % en el genotipo 65. Del análisis de comparación múltiple de medias encontramos que los genotipos de menor severidad fueron 75, 10, 13, 20, 31, 35, 42, 44, 48, 11, 34, sin diferencia, mientras que el de mayor severidad fue el 65 (45,1 %), que a su vez no presentó diferencias significativas con respecto a los genotipos 30, 25, 79, 37, 56, 72.

En la Tabla 4 se puede observar la severidad de cada genotipo en ambos tratamientos, CF y SF y la disminución de severidad producida por el fungicida expresada en porcentaje para el EC60. En EC60 los valores de severidad para los genotipos sin fungicida estuvieron entre un 100% (genotipo 85) y un 51,9% (genotipo 57), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 79,3%. Por otro lado, para la severidad en genotipos con aplicación de fungicida se encontró entre un 80,3% (genotipo 82) y un 19,0 % (genotipo 75), dando un porcentaje promedio de severidad de un 49,8%. Se observó que los genotipos que tuvieron aplicación de fungicida tuvieron una reducción de la severidad de un 38,5% con respecto a los sin fungicida en el EC60.

Los cinco genotipos que presentaron mayores respuestas a la aplicación de fungicidas fueron el 31 (75,9%), 97 (73,8%), 113 (73,3%), 75 (70,8%), 4 (69,8%) (azul). Mientras que los de menor respuesta fueron el 58 (-12,4%), 73 (2,90%), 88 (3,73%), 82 (9,26%), 54 (11,3%) (verde) (Tabla 4). Del análisis de comparación múltiple de medias resulta que, para el tratamiento sin fungicida, el genotipo que menor severidad presentó fue el 57, sin presentar diferencias significativas en los primeros 50 genotipos, el genotipo que más se vio afectado fue el 85, sin presentar diferencias significativas con los otros genotipos (86, 6, 4, 97, 100, 5, 113). En los genotipos con aplicación de fungicida la menor severidad se evidenció en el genotipo 75 sin diferencias significativas con los

siguientes genotipos (31, 57, 4, 22, 29, 50, 72, 97, 113), por el contrario, el más afectado fue el genotipo 82 sin presentar diferencias significativas con otros veinte genotipos.

Tabla 4. Severidad de los genotipos sin fungicida y con fungicida en floración (EC60) y porcentaje de disminución de severidad con fungicida.

Sin Fungicida		Con Fungicida		Dism.	Sin Fungicida		Con Fungicida		Dism.
Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%	Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%
31	85,3	31	20,58	75,87	58	62,53	58	70,3	-12,44
97	97,63	97	25,54	73,84	73	76,69	73	74,47	2,9
113	96,79	113	25,82	73,32	88	81,84	88	78,78	3,73
75	65,03	75	19,01	70,78	82	88,51	82	80,31	9,26
4	97,77	4	29,57	69,75	54	85,17	54	75,59	11,25
99	91,85	99	31,1	66,14	10	85,58	10	75,44	11,85
29	82,63	29	28,74	65,22	35	68,23	35	60,03	12,01
104	89,57	104	31,65	64,66	21	68,78	21	60,44	12,12
84	91,69	84	32,8	64,23	26	64,05	26	55,85	12,79
22	67,66	22	24,88	63,22	13	75,17	13	65,17	13,3
100	97,21	100	36,24	62,72	44	84,2	44	70,87	15,84
87	90,58	87	34,91	61,46	79	87,67	79	73,78	15,84
50	78,88	50	30,68	61,1	11	67,39	11	56,28	16,49
102	94,43	102	36,93	60,89	81	93,78	81	76,98	17,92
67	83,18	67	32,63	60,78	41	76,28	41	61,7	19,12
103	87,9	103	37,63	57,2	27	68,92	27	55,31	19,75
115	87,67	115	38,51	56,08	64	64,75	64	51,83	19,95
25	85,72	25	37,8	55,9	55	80,03	55	64,06	19,96
69	79,2	69	35,06	55,73	94	82,53	94	64,76	21,54
1	83,23	1	36,98	55,57	86	98,77	86	77,38	21,66
28	86,52	28	39,02	54,9	37	78,09	37	60,87	22,05
33	87,8	33	39,88	54,58	95	81,56	95	63,51	22,14
72	66,7	72	30,31	54,56	111	66,66	111	51,85	22,21
18	92,01	18	42,01	54,34	60	65,69	60	50,5	23,13
53	69,06	53	32,39	53,09	63	82,67	63	63,23	23,52
105	89,15	105	42,07	52,81	47	69,89	47	52,95	24,24
39	80,4	39	38,46	52,17	112	64,33	112	48,58	24,48
15	80,68	15	42,63	47,17	56	78,64	56	58,92	25,08
96	79,76	96	42,81	46,32	110	66,61	110	49,72	25,36
116	91,22	116	49	46,29	71	70,59	71	52,67	25,38
68	75,13	68	40,4	46,22	106	61,61	106	45,91	25,47
92	78,22	92	42,24	45,99	24	64,76	24	48,23	25,52
66	85,17	66	46,01	45,99	38	90,03	38	66,01	26,69

32	96,04	32	52,01	45,84	74	88,23	74	64,48	26,92
49	69,57	49	37,77	45,72	114	69,5	114	50,66	27,1
12	93,02	12	50,82	45,36	19	84,89	19	60,73	28,47
57	51,97	57	28,5	45,16	89	70,41	89	50,36	28,48
51	85,58	51	47,25	44,79	40	68,64	40	49,06	28,53
30	86,69	30	48,35	44,22	59	73,51	59	52,26	28,91
85	100	85	56,32	43,68	42	74,76	42	51,76	30,77
48	81,98	48	46,7	43,03	76	84,89	76	58,23	31,41
8	79,39	8	45,5	42,69	6	98,32	6	66,79	32,07
90	75,82	90	43,46	42,68	117	81,42	117	54,75	32,75
108	67,01	108	38,96	41,87	23	52,97	23	35,58	32,83
5	91,92	5	53,58	41,71	107	69,66	107	46,61	33,1
17	61,65	17	36,1	41,45	34	86,56	34	57,53	33,53
61	64,71	61	38,3	40,81	52	70,87	52	46,84	33,91
14	60,16	14	35,72	40,63	20	85,31	20	56,03	34,32
77	88,51	77	52,81	40,33	109	78,04	109	50,38	35,45
9	80,27	9	48,18	39,97	16	62,95	16	40,45	35,74
3	89,71	3	54,57	39,17	36	67,95	36	43,64	35,77
2	70,87	2	43,64	38,41	98	93,78	98	60,03	35,99
7	76,42	7	47,39	37,98	62	88,09	62	56,28	36,11
43	87,95	43	54,62	37,9	65	63,92	65	40,59	36,5
93	73,23	93	45,87	37,36	70	81,28	70	51,28	36,91
70	81,28	70	51,28	36,91	93	73,23	93	45,87	37,36
Sin Fungicida		Fungicida			Dism. %				
Promedio	79,33	48,79			38,49				

Las numeraciones de los genotipos se indican de acuerdo a la denominación de origen (IPK, Gatersleben, Alemania)

En EC80 los valores de severidad para los genotipos sin aplicación de fungicida estuvieron entre un 100% (genotipos 108, 96, 7, 48, 105, 2, 8, 14, 59, 27, 38, 66, 88, 98) y un 97,1% (genotipo 110), con un promedio de severidad de todos los genotipos de 99,1% (Tabla 5). Por otro lado, la severidad en los genotipos CF tuvo valores entre un 98,2% (genotipos 27, 38, 66, 88, 98, 24, 82, 1, 19, 34, 37, 43, 44, 52, 53, 54, 55, 62, 65, 69, 70, 71, 74) y un 78% (genotipo 110) con un promedio de severidad de todos los genotipos de 96,9%. Se observó que los genotipos que tuvieron aplicación de fungicida presentaron una reducción de la severidad de un 2,20% con respecto a los sin fungicida en el EC80. Los cinco genotipos que presentaron mayores diferencias entre tratamientos fueron el 110

(18,8%), 109 (16,8%), 18 (16,6%), 114 (13,5%), 47 (10,9%) (azul). Mientras que los de menor diferencia fueron el 117 (-17,8%), 113 (-11,6%), 20 (-6,4%), 35 (-1,7%), 16 (-1,30%) (verde) (Tabla 5).

Del análisis de comparación múltiple de medias se encontró que, para el tratamiento sin fungicida, el genotipo con menor severidad fue el 108, presentando una diferencia significativa con el siguiente genotipo, el 114. En cuanto a los más afectados fueron los primeros 29 genotipos con una severidad del 100%, en el genotipo 36 se evidencia una diferencia significativa. En los genotipos CF la menor severidad se evidenció en el genotipo 110 sin diferencias significativas con los siguientes genotipos (109, 107, 114, 47) si en el genotipo 21. Por el contrario, los más afectados fueron 19 genotipos con un 100% de severidad sin presentar diferencias significativas con los primeros 76 genotipos, si en el 36 donde hay significancia.

Tabla 5. Severidad de los genotipos sin fungicida y con fungicida en grano pastoso (EC80) y porcentaje de disminución de severidad con fungicida.

Sin Fungicida		Con Fungicida		Dism.	Sin Fungicida		Con Fungicida		Dism.
Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%	Genotipo	Severidad	Genotipo	Severidad	%
110	97,14	110	78,89	18,79	117	81,42	117	95,88	-17,77
109	99,24	109	82,53	16,83	113	88,27	113	98,47	-11,56
18	99,74	18	83,14	16,64	20	92,31	20	98,22	-6,41
114	99,74	114	86,25	13,52	35	96,54	35	98,22	-1,74
47	99,74	47	88,78	10,99	16	96,96	16	98,22	-1,30
21	99,95	21	89,22	10,74	106	98,96	106	100,00	-1,05
108	100,00	108	91,12	8,88	6	99,18	6	100,00	-0,83
96	100,00	96	91,28	8,72	26	98,90	26	99,69	-0,79
116	99,69	116	91,81	7,91	41	97,79	41	98,22	-0,44
7	100,00	7	92,11	7,89	58	95,57	58	95,88	-0,33
42	99,74	42	92,67	7,09	90	99,68	90	100,00	-0,33
75	99,74	75	92,67	7,09	30	99,39	30	99,69	-0,30
48	100,00	48	93,50	6,50	15	99,74	15	100,00	-0,26
12	99,39	12	93,09	6,34	61	99,74	61	100,00	-0,26
92	99,74	92	93,58	6,18	97	99,74	97	100,00	-0,26
25	99,95	25	93,86	6,10	49	99,74	49	100,00	-0,26
105	100,00	105	94,03	5,97	107	84,17	107	84,31	-0,16

2	100,00	2	94,61	5,39	29	99,95	29	100,00	-0,05
22	99,95	22	94,69	5,27	32	99,95	32	100,00	-0,05
13	99,95	13	95,88	4,07	3	100,00	3	100,00	0,00
10	99,74	10	95,88	3,86	4	100,00	4	100,00	0,00
64	99,74	64	95,88	3,86	5	100,00	5	100,00	0,00
73	99,74	73	95,88	3,86	17	100,00	17	100,00	0,00
40	99,74	40	96,00	3,74	28	100,00	28	100,00	0,00
85	99,95	85	96,34	3,62	60	100,00	60	100,00	0,00
31	99,45	31	95,88	3,59	67	100,00	67	100,00	0,00
57	99,39	57	95,88	3,53	89	100,00	89	100,00	0,00
51	98,90	51	95,88	3,05	100	100,00	100	100,00	0,00
36	99,74	36	97,25	2,49	104	100,00	104	100,00	0,00
8	100,00	8	97,71	2,29	112	100,00	112	100,00	0,00
14	100,00	14	97,74	2,26	23	99,74	23	99,69	0,05
68	99,74	68	97,64	2,10	33	99,74	33	99,69	0,05
59	100,00	59	97,95	2,05	87	99,74	87	99,69	0,05
27	100,00	27	98,22	1,78	9	99,39	9	99,30	0,09
38	100,00	38	98,22	1,78	50	99,39	50	99,30	0,09
66	100,00	66	98,22	1,78	111	100,00	111	99,76	0,24
88	100,00	88	98,22	1,78	86	99,95	86	99,69	0,27
98	100,00	98	98,22	1,78	84	100,00	84	99,69	0,31
24	99,95	24	98,22	1,73	102	100,00	102	99,58	0,42
82	99,95	82	98,22	1,73	11	99,29	11	98,22	1,07
1	99,74	1	98,22	1,52	103	100,00	103	98,89	1,11
19	99,74	19	98,22	1,52	56	99,39	56	98,22	1,17
34	99,74	34	98,22	1,52	63	99,39	63	98,22	1,17
37	99,74	37	98,22	1,52	72	99,39	72	98,22	1,17
43	99,74	43	98,22	1,52	115	99,52	115	98,22	1,30
44	99,74	44	98,22	1,52	99	100,00	99	98,61	1,39
52	99,74	52	98,22	1,52	39	96,13	39	94,72	1,46
53	99,74	53	98,22	1,52	1	99,74	1	98,22	1,52
54	99,74	54	98,22	1,52	19	99,74	19	98,22	1,52
55	99,74	55	98,22	1,52	34	99,74	34	98,22	1,52
62	99,74	62	98,22	1,52	37	99,74	37	98,22	1,52
65	99,74	65	98,22	1,52	43	99,74	43	98,22	1,52
69	99,74	69	98,22	1,52	44	99,74	44	98,22	1,52
70	99,74	70	98,22	1,52	52	99,74	52	98,22	1,52
71	99,74	71	98,22	1,52	53	99,74	53	98,22	1,52
74	99,74	74	98,22	1,52	54	99,74	54	98,22	1,52
Sin Fungicida		Con Fungicida			Dism. %				
Promedio	99,12	96,94			2,2				

VI.3. Frecuencia de patógenos

La frecuencia de patógenos (tomada como el porcentaje de cobertura de esporas del portaobjeto en el tratamiento SF) difirió significativamente entre genotipos, patógenos y su interacción Genotipo × Patógeno (Tabla 6).

Tabla 6. Cuadrados medios, grados de libertad y valor p (ANOVA) para frecuencia de patógenos en un ensayo con dos tratamientos de fungicida en 110 genotipos de trigo.

Fuente de variación	GL	Frecuencia de Patógenos
Genotipo	109	1,66 (p<0,001)
Patógeno	7	238,5 (p<0,001)
Genotipo × Patógeno	763	1,72 (p<0,001)
Error	879	0,33
Total	1759	

En la Tabla 7 se observan los distintos genotipos con sus patógenos foliares predominantes. Como se aprecia en la Figura 2, el patógeno de mayor frecuencia es *Puccinia triticina Eriks*, que se observó en el 57% de los genotipos seguido por *Alternaria spp* (33% de los genotipos), luego *Fusarium spp* en hoja (5% de los genotipos) y por último los patógenos con menor frecuencia fueron *Zymoseptoria tritici* (3%) y *Pyrenophora tritici-repentis* (2%). Es importante mencionar que algunas enfermedades se presentaron simultáneamente en los genotipos, aunque se consideraron como predominantes aquellas en que el patógeno cubría una mayor superficie del portaobjeto.

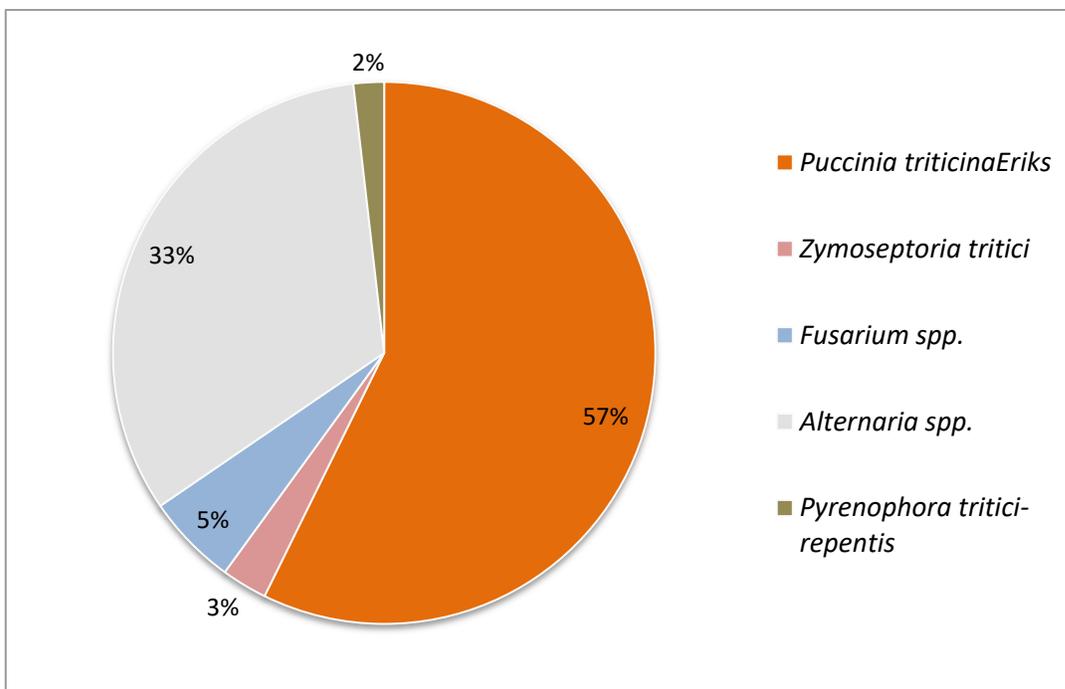


Figura 2. Frecuencia de patógenos (%) hallado en una colección de genotipos de trigo de origen internacional en 2017.

Tabla 7. Patógenos predominantes en los distintos genotipos

Patógenos predominantes	Genotipos de trigo
<i>Puccinia tritici Eriks</i>	1;2;5;7;9;10;12;16;15;16;18;19;20;21;24;26;28;30;31;32;34;36;37;38;39;40;41;44;48;52;53;54;55;56;57;58;59;62;63;64;65;66;70;72;81;85;86;89;90;93;97;98;99;103;104;107;108;110;112;113;115;116;117
<i>Alternaria spp</i>	3;6;8;13;17;22;23;27;33;35;42;43;47;50;51;60;61;67;71;73;74;75;76;77;79;82;84;87;92;94;95;105;106;109;111;114
<i>Fusarium spp</i>	11;25;29;69;96;102
<i>Zymoseptoria tritici</i>	4;88;100
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	49;68

En cuanto al porcentaje de patógenos en los distintos genotipos podemos indicar que, para el patógeno *Alternaria sp*, se encontraron 26 genotipos sin presencia de este, sin encontrar diferencias significativas hasta el genotipo 58 (4,17%). Por otro lado, el genotipo con mayor porcentaje de dicho patógeno fue el 84 (46,7%), no habiendo

diferencias significativas hasta el genotipo 79 (32,5%). En 92 genotipos no se detectó la presencia de *Pyrenophora tritici-repentis*, y no hubo significancia hasta el genotipo 3 (5,00%). El genotipo 109 presentó el mayor porcentaje de este patógeno (13,3%) y no hubo significancia hasta el genotipo 106 (3,33%). La menor frecuencia de *P. triticina* se evidenció en los genotipos 50, 95 y 114 (0%) y no hubo significancia hasta el genotipo 111 (5,00%), además la mayor frecuencia del patógeno fue encontrada en el genotipo 53 (45,8%) y no hubo significancia hasta el genotipo 86 (30,8%).

Para *Fusarium spp.* en las hojas, la mayor frecuencia del patógeno fue hallada en el genotipo 102 (31,67%) y no hubo significancia hasta el genotipo 58 (11,67%) y en 93 genotipos no se detectó la presencia de *Fusarium sp.* y no hubo significancia hasta el genotipo 71 (4,17%). Con respecto a *Zymoseptoria tritici*, en 76 genotipos no se detectó la presencia del patógeno (0%) y no hubo significancia hasta el genotipo 84 (5,00%), por otro lado, la mayor frecuencia del ataque del patógeno fue en el genotipo 74 (28,3%) y no hubo significancia hasta el genotipo 89 (16,7%). Por último, con frecuencia muy baja se encontraron otros patógenos. En cuanto a la presencia de *Stemphylium sp.*, se encontraron 105 genotipos sin detección del patógeno y no hubo significancia entre genotipos. Mientras que el genotipo en el que se observó la mayor frecuencia de dicho patógeno fue el 31 (3,33%). También se halló *Bipolaris sorokiniana*, aunque se contabilizaron 96 genotipos sin detección del patógeno (0%) y no hubo significancia hasta el genotipo 22 (5,83%), por otro lado, el genotipo en el que se observó mayor frecuencia del patógeno fue el genotipo 52 (7,50%) y no hubo significancia hasta el genotipo 21 (0,83%).

VI.4. Contenido de gluten húmedo y seco de los genotipos de trigo

Fue significativa la variación en el contenido de gluten húmedo entre genotipos como así también en la interacción Fungicida × Genotipo (Tabla 8). Los tratamientos CF tuvieron valores mayores de gluten húmedo siendo la media 28,9%, mientras que para los tratamientos SF la media fue de 24,9%. El genotipo 58 no ligó, significa que no formó gluten. Lo mismo sucedió con el gluten seco cuya media fue 10,45% para los tratamientos CF y 8,92% en los tratamientos SF. Tanto la variación de gluten entre genotipos como la interacción Fungicida × Genotipo son significativas (Tabla 9). No se presentan las medias discriminadas, ya que están altamente correlacionadas con las de gluten húmedo.

Tabla 8. Cuadrado medio, grados de libertad y valor p (ANOVA) para contenido de gluten húmedo en un ensayo con dos tratamientos de fungicida en 108 genotipos de trigo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad de F
Fungicida	1	1.722.169	1.722.169	0,026
Error a	1	2.833	2.833	
Genotipo	109	23.160.488	212.482	<.001
Fungicida × Genotipo	109	8.309.512	76.234	<.001
Error b	218	1.558.890	7.151	
Total	439	34.792.259		

Tabla 9. Cuadrado medio, grados de libertad y valor p (ANOVA) para contenido de gluten seco en un ensayo con dos tratamientos de fungicida en 108 genotipos de trigo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad de F
Fungicida	1	2.593.372	2.593.372	0,024
Error a	1	0,3552	0.3552	
Genotipo	109	28.065.334	257.480	<.001
Fungicida × Genotipo	109	10.487.828	96.219	<.001
Error b	218	2.109.242	0.9675	
Total	439	43.333.320		

En la Figura 3 se observan rangos de gluten húmedo de las muestras tratadas CF y se puede observar que son 9 los genotipos con porcentajes menores a 20%, en el segundo rango hay 16 genotipos, el tercer y cuarto rango tienen 34 y 35 genotipos respectivamente. Por último, hay 16 genotipos que contienen más de 35 % de gluten húmedo.

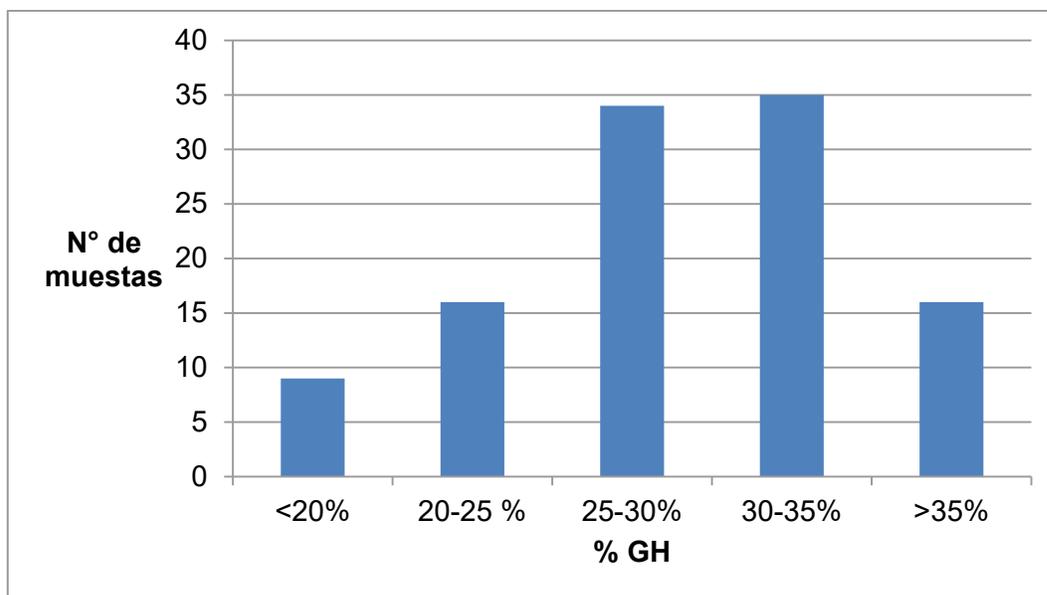


Figura 3. Rangos de gluten húmedo (%) y cantidad de genotipos de los tratamientos con fungicida (CF).

En la Figura 4 se observa que el rango de valores de gluten menor a 20 % en los tratamientos SF involucra un mayor número de genotipos con respecto al tratamiento CF, lo mismo sucede con los dos rangos siguientes donde también hay más muestras, mientras que en los dos últimos rangos de mayor contenido de gluten la cantidad de genotipos disminuye.

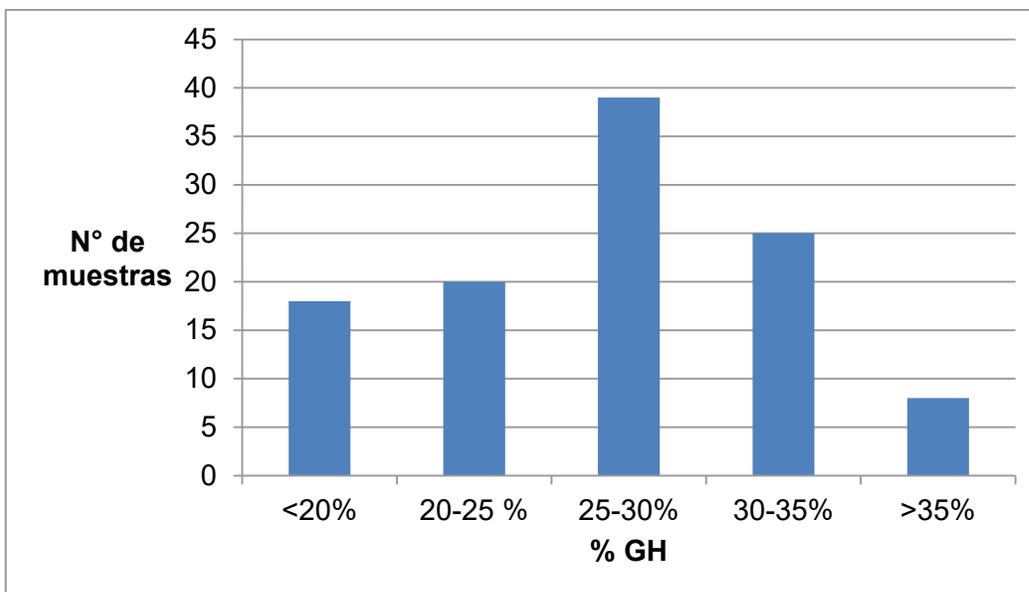


Figura 4. Cantidad de genotipos dentro de los rangos de % de gluten húmedo de los tratamientos sin fungicida (SF).

En la Tabla 10 se muestra el contenido de gluten húmedo en porcentaje (%) para ambos tratamientos CF y SF en los genotipos de trigo. La regresión entre el porcentaje de severidad y el porcentaje de gluten a través de los genotipos y tratamientos de fungicidas fue negativa y significativa, indicando que, a mayor severidad, el gluten disminuyó, sin embargo solo explicó el 1,97% de la variación (ecuación: $\text{gluten} = 30,76 - 0,06 \text{ severidad}$ ($R^2 = 0,0197$, $P = 0,02$). Esto se debió a que intervienen varios factores en esta regresión. Uno de estos factores es el hábito nutricional de los patógenos involucrados. Los genotipos afectados por roya de la hoja, causada por un patógeno biotrofo, mostraron disminuciones significativas del gluten (verificado en las parcelas SF) mientras que la aplicación de fungicida provocó aumentos del gluten (Figura 5). Los genotipos en los que predominaron mancha de la hoja (hemibiotrófico) y mancha amarilla (necrotrofico) tuvieron mayor valor de gluten en las parcelas SF mientras que la aplicación de fungicida disminuyó este parámetro (Figura 6). Por último, los genotipos afectados por *Alternaria* spp. (patógeno necrotrofico) mostraron incrementos o disminuciones del contenido de gluten (Figura 7), probablemente debido a la presencia de especies patogénicas y no

patogénicas de *Alternaria*, causando que los otros patógenos no prevalentes determinen la fluctuación en el contenido de gluten.

Tabla 10. Contenido de gluten húmedo (GH) de los tratamientos con fungicida (CF) y sin fungicida (SF). Las letras diferentes en cada genotipo indican diferencias significativas LSD 5,256 (valores de P < 0,05).

Genotipo	1	2	3	4	5	6
CF	24,32 b	19,96 a	27,55 a	18,55 a	25,77 a	33,31 a
SF	29,7 a	0 b	29,23 a	23,56 a	23,45 a	32,2 a
Genotipo	7	8	9	10	11	12
CF	25,6 a	30,59 a	24,26 a	32,69 a	40,02 a	36,92 a
SF	27,76 a	29,94 a	0 b	0 b	25,85 b	35,27 a
Genotipo	13	14	15	16	17	18
CF	32,25 a	33,95 a	32,69 a	27,1 a	18,55 b	28,54 a
SF	28,34 a	32,62 a	22,44 b	22,89 a	26,5 a	22,89 b
Genotipo	19	20	21	22	23	24
CF	36,01 a	33,61 a	21,39 a	30,21 a	36,87 a	24,33 a
SF	28,99 b	30,88 a	0 b	24,27 b	28,14 b	23,99 a
Genotipo	25	26	27	28	29	30
CF	28,49 a	42,33 a	27,48 a	33,26 a	29,56 a	28,97 a
SF	24,19 a	34,41 b	27,61 a	28,04 a	25,01 a	27,2 a
Genotipo	31	32	33	34	35	36
CF	31,92 a	33,55 a	27,69 a	22,98 a	33,42 a	27,55 a
SF	25,48 b	34,72 a	0 b	20,41 a	24,11 b	22,25 b
Genotipo	37	38	39	40	41	42
CF	25,13 b	33,09 a	32,91 a	28,61 a	25,06 a	33,05 a
SF	34,2 a	29,84 a	33,5 a	30,13 a	19,66 b	23,89 b
Genotipo	43	44	47	48	49	50
CF	31,19 a	20,27 a	31,83 a	33,35 a	23,1 b	33,06 a
SF	24,38 b	0 b	34,36 a	28,13 a	31,01 a	28,0 a
Genotipo	51	52	53	54	55	56
CF	26,68 a	37,87 a	19,82 a	29,8 a	26,57 a	22,35 a
SF	30,07 a	17,71 b	22,81 a	26,59 a	20,56 b	18,9 a
Genotipo	57	58	59	60	61	62
CF	21,96 a	0	16,06 a	29,7 a	29,43 a	32,56 a
SF	0 b	0	0 b	27,63 a	24,49 a	21,75 b
Genotipo	63	64	65	66	67	68
CF	31,25 b	25,06 a	19,97 a	38,59 a	32,45 a	24,68 b

SF	38,18 a	25,25 a	15,81 a	35,36 a	21,69 b	30,69 a
Genotipo	69	70	71	72	73	74
CF	33,2 a	31,99 b	23,23 a	30,39 a	24,56 a	40,65 a
SF	34,62 a	38,51 a	27,00 a	29,06 a	23,77 a	28,21 b
Genotipo	75	76	77	79	81	82
CF	23,5 a	35,45 a	28,73 a	28,46 b	29,08 a	28,02 a
SF	0 b	26,78 b	33,43 a	37,37 a	25,55 a	27,35 a
Genotipo	84	85	86	87	88	89
CF	24,16 b	28,12 a	32,42 a	28,12 a	29,14 b	29,69 a
SF	35,08 a	13,36 b	28,44 a	32,85 a	34,54 a	29,0 a
Genotipo	90	92	93	94	95	96
CF	29,66 b	16,87 b	30,07 a	28,21 a	30,96 a	31,39 a
SF	35,67 a	24,78 a	24,99 a	31,22 a	32,05 a	33,34 a
Genotipo	97	98	99	100	102	103
CF	32,24 b	39,97 a	37,41 a	38,23 a	31,82 a	39,51 a
SF	38,1 a	32,09 b	28,72 b	34,13 a	25,73 b	28,8 b
Genotipo	104	105	106	107	108	109
CF	30,9 a	37,08 a	31,46 a	26,28 a	49,49 a	35,53 a
SF	27,76 a	29,64 b	27,71 a	29,61 a	31,21 b	26,88 b
Genotipo	110	111	112	113	114	115
CF	23,6 a	18,18 a	27,06 b	26,91 a	30,48 a	28,76 a
SF	19,81 a	7,71 b	33,54 a	25,7 a	16,44 b	27,53 a
Genotipo	116	117				
CF	27,4 a	20,96 b				
SF	25,15 a	31,05 a				

Se asignó el valor 0 arbitrariamente en los casos en que el gluten no se formó (no ligó).

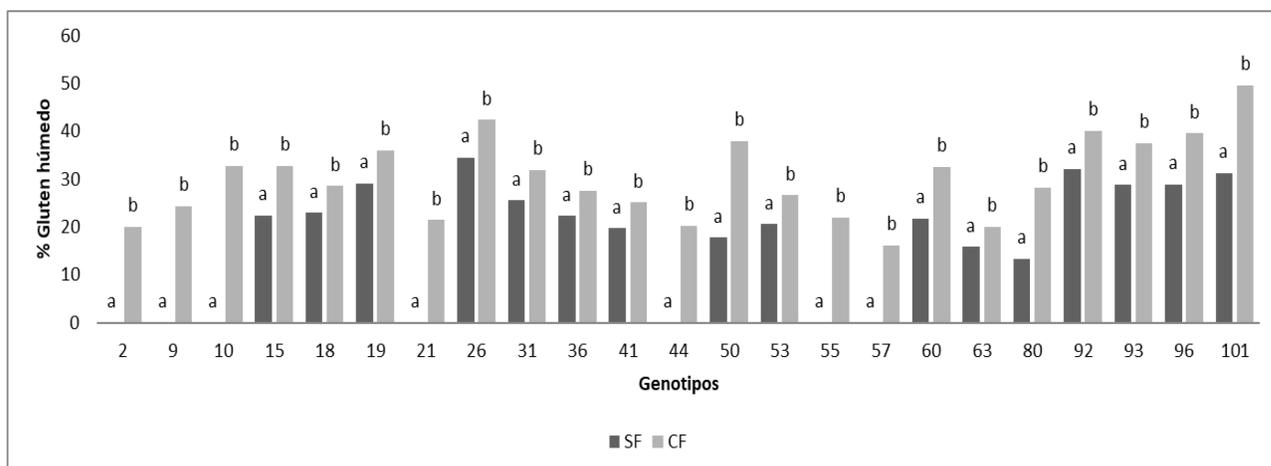


Figura 5. Gluten húmedo en genotipos de trigo de origen internacional afectados por roya de la hoja sin fungicida (SF) y con fungicida (CF). Las letras diferentes en cada genotipo indican diferencias significativas según test LSD $p < 0,05$.

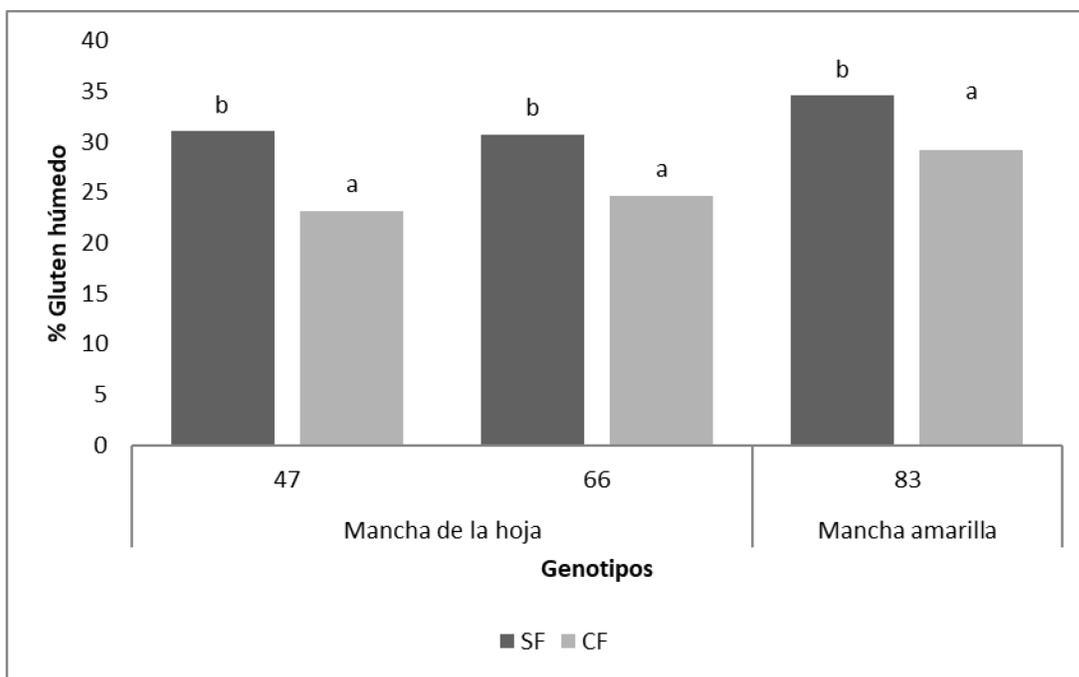


Figura 6. Gluten húmedo en genotipos de trigo de origen internacional afectados por mancha de la hoja y mancha amarilla sin fungicida (SF) y con fungicida (CF). Las letras diferentes en cada genotipo indican diferencias significativas según test LSD $p < 0,05$.

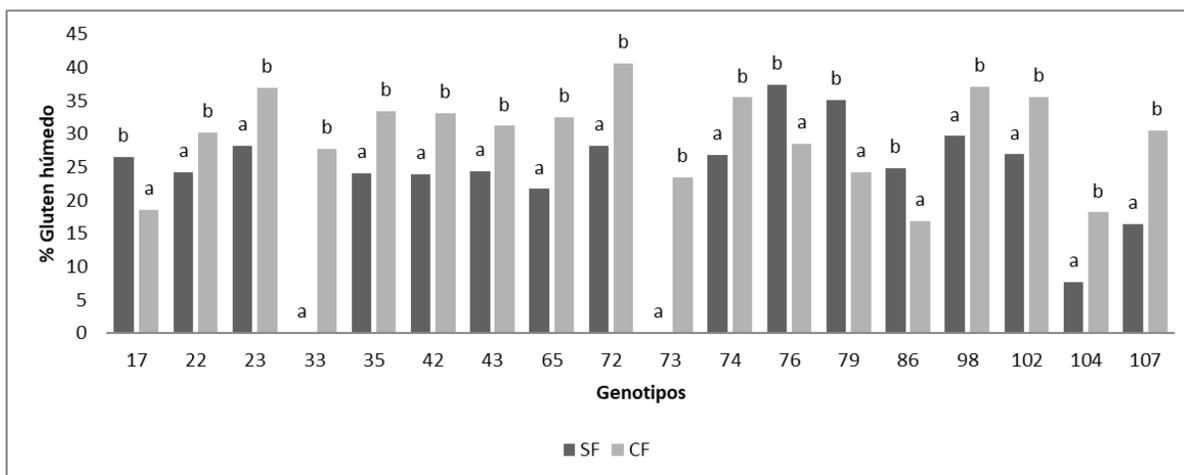


Figura 7. Gluten húmedo en genotipos de trigo de origen internacional afectados por especies de *Alternaria* sp. sin fungicida (SF) y con fungicida (CF). Letras diferentes en cada genotipo indican diferencias significativas según test LSD $p < 0,05$.

VII. DISCUSIÓN

Las precipitaciones y humedad registradas durante el ciclo del cultivo fueron predisponentes al desarrollo de enfermedades foliares. Algunos genotipos disminuyeron más la severidad con la aplicación de fungicidas y así mostraron mayor respuesta a la aplicación del mismo. Esto puede deberse a las enfermedades predominantes en cada uno de ellos, ya que generalmente las royas tienen una mejor respuesta a la aplicación de fungicidas que las manchas foliares (Fleitas *et al.*, 2018 a). Asimismo, en EC 80, las reducciones en severidad fueron menores, ya que en ese estadio también hay senescencia.

En cuanto al contenido de gluten de las muestras, se observó una gran diferencia entre los distintos genotipos, Las muestras tratadas con fungicidas (CF) dieron una amplia variabilidad de resultados. Con respecto a la influencia de las enfermedades en el porcentaje de gluten, estas influyeron de forma negativa en general siendo menor la media de los tratamientos SF que los que fueron tratados CF. Esto coincide con lo

encontrado por Cuniberti *et al.* (2004) quienes hallaron un aumento de la proteína y gluten cuando aplicaron fungicidas en cultivares afectados naturalmente por roya de la hoja y mancha amarilla, aunque los autores no especifican porcentajes de severidad.

Como se indicó la regresión entre la severidad y el porcentaje de gluten fue negativa y significativa, pero explicó un bajo porcentaje de la variación. Esto se debió a varios factores, entre ellos que la regresión es a través de todos los genotipos que tienen diferentes porcentajes de gluten, otra es que el porcentaje de gluten depende del índice de área foliar verde de cada genotipo y por otra parte el efecto causado por el hábito nutricional del patógeno, que fue lo que se trató de verificar en este trabajo.

Si bien las enfermedades causadas por los diferentes patógenos, en general produjeron una disminución en el contenido de gluten, este efecto dependió del patógeno predominante. Los genotipos en los que predominó *Puccinia triticina*, que fue el patógeno de mayor frecuencia (57,2 % de los genotipos afectados) provocaron una disminución en el contenido de gluten coincidente con lo encontrado por Fleitas (2017). El siguiente patógeno con mayor frecuencia fue *Alternaria* (*Alternaria* spp) con un 32,7 %, que también produjo disminuciones en el contenido de gluten de los genotipos, esto no coincide con la mayoría de los trabajos realizados donde los patógenos de hábito necrótrofo tienden a aumentar el contenido de gluten, probablemente debido a la presencia de especies patogénicas y no patogénicas de *Alternaria*, causando que los otros patógenos no prevalentes determinen la fluctuación en el contenido de gluten.

Para el caso de *Fusarium* (*Fusarium* spp) *en hoja* que fue el tercer patógeno con mayor frecuencia con un 5,5 % de genotipos afectados, se observó una tendencia a la disminución en el contenido de gluten y solo en dos genotipos se verificó un aumento no significativo. Con respecto a *Zymoseptoria tritici* (patógeno hemibiótrofo) afectó al 2,7% de

los genotipos, y mostró un aumento en el contenido de gluten en grano al igual que lo observado por Castro & Simón (2017).

Por último, el patógeno *Pyrenophora tritici-repentis*, agente necrotrófico, causal de la mancha amarilla, se encontró en un 1,8% de los genotipos afectados, que presentaron un aumento en el contenido de gluten de las harinas, esto coincide con lo encontrado por Fleitas *et al.* (2018 b) quienes observaron un aumento del GH en cultivares argentinos afectados por mancha amarilla.

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye luego de la interpretación de los resultados que la hipótesis es aceptada. Las diferencias en el contenido de gluten fueron significativas en los tratamientos CF y SF. Las enfermedades foliares influyeron diferencialmente en el contenido de gluten. Estas diferencias pueden deberse al hábito nutricional de los diferentes patógenos involucrados. Los patógenos biótrofos generan una disminución en el contenido de gluten, mientras que los necrótrofos y hemibiótrofos, en general causan, un aumento en el porcentaje del mismo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolsa de comercio de Rosario. 2020. Recuperado de <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones>
- Brach, A. M. (2012). Factores que determinan la variación de la calidad panadera en trigo. INTA Reconquista. Revista Voces y Ecos, 28, 26-29.
- Castro, A. C. 2016. Efecto de la tolerancia a *Zymoseptoria tritici*, la fertilización nitrogenada y distintos fungicidas sobre la expresión del rendimiento y la calidad panadera del trigo. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP). Recuperado de <https://doi.org/10.35537/10915/53350>.
- Castro, A.C & Simón, M.R. 2017. The impact of Septoria tritici blotch in bread making quality among Argentinean wheat cultivars. Journal of Cereal Science, 77, 259-265.
- Castro, A.C; Fleitas, M.C; Schierenbeck, M; Gerard, G.S; Simón, M.R. 2018. Journal of Cereal Science, 83, 49-57.

- Cuniberti, M. 2001. Factores que inciden en la calidad. Inf. Técnica INTA Rafaela. Public. Miscelánea 4, 1-6.
- Cuniberti, M., Bainotti, C., Frascina, J., Salines, J., Alberione, E., Riberi, L., Galich, A., de Galich, M. T & Formica, M. B. 2004. Calidad de cultivares de trigo evaluados en ensayos con control químico de enfermedades foliares. Trigo Actualización. Información para Extensión N° 85. INTA Marcos Juárez. EEA Marcos Juárez. 38-43.
- Cuniberti, M. 2014. Almacenamiento de granos (silo bolsa) y calidad. INTA Marcos Juárez. Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/almacenamiento-de-granos-silo-bolsa-y-calidad-trigo>
- 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. Journal of Agricultural Science. 138, 349-366.
- Fleitas, M.C. 2017. Tolerancia de cultivares de trigo a mancha amarilla y roya de la hoja: su impacto en el rendimiento y calidad panadera bajo fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sistémicos. Tesis doctoral. FCAyF, UNLP. Recuperado de <https://doi.org/10.35537/10915/60145>
- Fleitas, M.C., Schierenbeck, M., Gerard, G.S., Dietz, J.I., Golik, S.I., Campos, P.E., & Simón, M.R., (2018 a). How leaf rust disease and its control with fungicides affect dough properties, gluten quality and loaf volume under different N rates in wheat. Journal of Cereal Science 80, 119–127.
- Fleitas, M. C., Schierenbeck, M., Gerard, G. S., Dietz, J. I., Golik, S. I., & Simón, M. R., (2018 b). Breadmaking quality and yield response to the green leaf area duration caused by fluxapyroxad under three nitrogen rates in wheat affected with tan spot. Crop Protection 106, 201-209.
- Gómez Pallarés, M., León, A.E & Rosell, C. 2007. Trigo En A.E. del León & C. Rosell (Eds.), *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. (19-71). Córdoba, Argentina: Hugo Báez Editor.
- IRAM 15850-1 Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Parte 1- Método de referencia práctico. 2009.
- IRAM 15854-3. Trigo. Molienda experimental para trigo pan. Parte 3- Molinos experimentales y de laboratorio. 2016
- IRAM 15864-1. 2002. Trigo y harina de trigo. Determinación de gluten húmedo, de gluten seco y de índice de gluten. Método de lavado automático.
- McCabe, T., Mulhare, J.J., Byrne, J.J., McIvor, 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.
- Ponzio, N.R. 2011. Calidad de variedades de trigo puras y sus mezclas. Influencia del agregado de aditivos. Tesis de Maestría. Facultad de Cs. Agrarias y Ftale. CIDCA. UNLP. Recuperado de <https://doi.org/10.35537/10915/19948>
- Secretaría de Agroindustria. 2019. Cadena de la Harina de Trigo- Resumen. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Bebidas/informes/Resumen_Cadena_2019_HARINA_DE_TRIGO_MA_RZO_2019.pdf

Seghezzo, M. L & Molfese, E. 2006. Calidad en trigo pan. Tres Arroyos. INTA Barrow. Boletín técnico N° 41 ISSN 0327-8735. 4-29.

U.S. Wheat Associates (2021). Recuperado de <https://www.uswheat.org/wp-content/uploads/2021/03/SD-210309.pdf>

VSN International, 2011. GenStat for Windows, fourteenth ed. VSN International, Hemel Hempstead, UK GenStat.co.uk.

Zadoks, J.C., Chang, T.T & Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14, 415-421.