

## CULTIVOS DE CEBADA Y AVENA COMO ALTERNATIVAS DEL TRIGO: PRODUCCIÓN E INCIDENCIA DE ENFERMEDADES FOLIARES BAJO DOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN

### BARLEY AND OATS CROPS AS ALTERNATIVES TO WHEAT: PRODUCTION AND INCIDENCE OF FOLIAR DISEASES UNDER TWO FERTILIZATION LEVELS

Silvina Inés Golik<sup>1\*</sup>, Adriana Mabel Chamorro<sup>2</sup>, Rodolfo Bezus<sup>2</sup>, Andrea Pellegrini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Curso Cerealicultura, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

<sup>2</sup> Curso Oleaginosas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

<sup>3</sup> Curso Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Argentina

\* Autor para correspondencia E-mail: silvinagolik@yahoo.com.ar

#### RESUMEN

Las actuales políticas agrícolas desarrolladas en la Argentina, junto con la presencia de patógenos específicos, han provocado una creciente disminución de la superficie sembrada con trigo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la posibilidad de incluir a la cebada y a la avena como alternativas productivas del trigo y evaluar la susceptibilidad de estos cultivos a las enfermedades foliares bajo dos niveles de fertilización nitrogenada. Se evaluaron tres cereales de invierno: trigo (*Triticum aestivum* L.), avena (*Avena sativa* L.), y cebada (*Hordeum distichum* L.), durante dos campañas (temporadas agrícolas): 2011 y 2012, bajo dos niveles de fertilización nitrogenada: 50 kg N ha<sup>-1</sup> y 70 kg N ha<sup>-1</sup>. En 2011, la cebada y el trigo presentaron los mayores valores de biomasa y rendimiento, sin diferencias significativas entre ellos. En 2012, la cebada presentó valores intermedios de biomasa y rendimiento, y el trigo los valores más elevados. La disminución del rendimiento en avena y cebada en 2012 respecto al año 2011, estuvo asociada a un menor número de granos m<sup>2</sup> y en trigo a un menor peso de mil granos (PMG). En ambos años, tanto la cebada como la avena alcanzaron rendimientos superiores a la media de la Provincia de Buenos Aires. En 2012 no hubo respuesta a la fertilización, probablemente asociado a un problema de lixiviación del fertilizante agregado, debido a las intensas lluvias ocurridas, pero también podría indicar que la limitante ese año fue la incidencia de las enfermedades foliares.

**Palabras claves:** biomasa, rendimiento, severidad, fertilización

#### ABSTRACT

Current policies have developed in Argentina together with the presence of disease led to growing decline in wheat area. The aim of this study was to evaluate the possibility of including barley and oats as wheat productive alternatives in the area of influence of the Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, de la Universidad Nacional de La Plata, Provincia de Buenos Aires and evaluate the susceptibility of these crops to foliar diseases present under two levels of fertilization. Three winter cereal crops were evaluated: wheat (*Triticum aestivum* L.), oats (*Avena sativa* L.) and barley (*Hordeum distichum* L.) during the seasons: 2011 and 2012, under two levels of N fertilization 50 kg N ha<sup>-1</sup>

and 70 kg N ha<sup>-1</sup>. Severity caused by pathogens, biomass, yield and its components were determined. In 2011, barley and wheat showed the highest values of biomass and yield, without significant differences between them. In 2012, barley showed intermediate values of biomass and yield and wheat presented the highest values. Yield losses in 2012 compared to 2011, in oats and barley were associated with fewer grains m<sup>2</sup>, while a lower value of thousand kernel weight (TKW) accounted for this in wheat. Both barley and oats reached higher yields than the average yield recorded in Buenos Aires Province in both seasons. In 2012, no response to fertilization was observed, which is most likely associated with fertilizer leaching due to heavy rains. Nevertheless, this could also indicate that the major limiting factor for high yields this year was the incidence of foliar diseases, rather than nitrogen availability

**Key words:** biomass, yield, severity, fertilization

## INTRODUCCIÓN

Las actuales políticas desarrolladas en el país, junto con la presencia de patógenos específicos, han provocado una creciente disminución de la superficie sembrada con trigo, y la búsqueda de otras alternativas como cultivos de invierno, entre ellos la avena y la cebada.

El cultivo de cebada se presenta como una alternativa de creciente interés, particularmente en el sudoeste, centro-oeste y, últimamente, en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Algunas características de la especie, tales como la temprana liberación de los lotes (potreros) para la siembra de cultivos de segunda (cultivo sembrado inmediatamente después de un cultivo de invierno, sin barbecho previo), la obtención de rendimientos elevados, y el desarrollo de mejores condiciones de comercialización, han alentado a numerosos productores a introducir su siembra (AACREA, 2013).

Por otro parte, con los avances en el conocimiento de la calidad nutricional, la avena ha sido reconocida como alimento saludable a mediados de la década del ochenta, y su uso para alimentación humana se ha revalorizado. Por lo cual, en los últimos años ha habido un crecimiento de la demanda de avena para grano, incorporado como componente de nuevos productos alimenticios, especialmente cereales para el desayuno y galletas. Posee el mayor contenido proteico de todos los granos, similar al de la carne, leche y huevos (Butt et al., 2008; Martínez et al., 2010), así como el mayor nivel de grasa, que se concentra principalmente en el germen. La importancia del grano de avena en alimentación humana se fundamenta además, en que es el cereal con más alta calidad biológica de proteínas (Butt et al., 2008; Martínez et al., 2010).

Para evaluar la posibilidad de inclusión de estos cultivos en los sistemas productivos de un área determinada, es importante tomar en cuenta los niveles de producción posibles de alcanzar por cada cultivo en ese ambiente, y la incidencia

de enfermedades que puedan limitar su rendimiento y calidad (Carmona, 2001). Por la difusión, frecuencia de aparición, niveles de desarrollo epidemiológico que alcanzan, y sus efectos sobre la actividad y producción del vegetal, se considera que las enfermedades de mayor importancia relativa son aquellas que afectan a los tejidos foliares y a la espiga/grano (Annone, 2000). Así, en sentido amplio, muchos investigadores (Carmona y Cortese, 1999; Pérez Fernández y Corró Molas, 2003; Annone y García, 2004) coinciden en que la "Mancha de la hoja" causada por el hongo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter, (teleomorfo: *Septoria tritici* Roberge ex Desmaz.), la "Roya de la hoja" causada por *Puccinia triticina* Eriks., y la "Mancha amarilla" ocasionada por *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem. (teleomorfo: *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs.), son las enfermedades foliares con mayor impacto sobre la productividad del trigo, registrándose alta incidencia de las mismas en todas las regiones cerealeras de Argentina. En cuanto a las enfermedades de la espiga, la "Fusariosis de la espiga" causada por *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorfo: *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch es la más importante, pudiendo provocar importantes pérdidas en los rendimientos de los cultivos, pero dado sus estrictos requerimientos climáticos para la infección, su aparición resulta ocasional (Annone, 2000; Pérez Fernández y Corró Molas, 2003).

En el cultivo de la cebada, las enfermedades que la afectan en la zona norte de la provincia de Buenos Aires son *Drechslera teres* "Mancha en red", *Bipolaris sorokiniana* "Mancha marrón o borrosa" y *Puccinia hordei* "Roya de la hoja de cebada". En las últimas campañas, la roya de la cebada presentó altos niveles de severidad en la variedad Scarlett, ampliamente difundida en la zona norte de la provincia de Buenos Aires, presentándose junto a Mancha en red como las enfermedades predominantes en distintos cultivares de cebada (Alvarez y Barberis, 2011).

La avena, al igual que el trigo y la cebada, está

expuesta a los daños que ocasionan los hongos, siendo las royas las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de este cereal. Las royas se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde se cultiva avena, afectando a cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo, desde la etapa de plántula hasta el llenado de grano (Mariscal-Amaro, 2009). Se destacan la "Roya de la hoja" (*Puccinia coronata* f. sp. *avena* P. Syd y Syd) como la enfermedad fúngica más importante en el mundo y una de las principales enfermedades que afectan el cultivo de avena en Argentina (Campos, 2011), y la "Roya del tallo" (*Puccinia graminis* f. sp. *avena* Eriks y Henn). Los elevados niveles de infestación con *Avena fatua*, hospedante natural del hongo, y las condiciones climáticas favorables en otoño-invierno, favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Otro hongo que ocasiona daños importantes lo constituye la "Mancha de la hoja de la avena" causada por el patógeno necrotrofico *Drechslera avenae* (Eida) Sharf (teleomorfo *Pyrenophora avenae* Ito y Krib), ha sido observado recientemente a lo largo de la pampa Argentina. Especies de *Drechslera avenae* ocurren universalmente en la mayoría de los cultivos de avena (Cegiello, 2008).

El nitrógeno es uno de los factores más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En los cereales de invierno cumple un rol relevante, ya que es el elemento de mayor impacto en los rendimientos, y afecta parámetros sensibles relacionados con la calidad, como concentración de proteína, gluten, tamaño de grano y peso hectolítrico (Ferraris, 2011). Sin embargo, investigaciones realizadas permiten concluir que la interacción entre el nitrógeno y las enfermedades foliares es compleja, pues el nivel de gravedad de la enfermedad y sus efectos sobre el rendimiento dependerá de la situación nutricional en el cultivo (Simón et al., 2002). Si bien altas tasas de nitrógeno ayudan a incrementar el rendimiento, también influyen en la severidad de las enfermedades foliares, pudiendo causar incrementos o reducciones en la severidad dependiendo del ambiente y de la enfermedad que predomine (Melegari, 2001; Simón et al., 2002; 2003).

El resultado de la aplicación de fungicidas es exitoso cuando se realiza en el momento adecuado, cuando la incidencia o la severidad de la enfermedad causada por un determinado patógeno alcanza el umbral de daño económico (UDE), y con una correcta tecnología de aplicación (Castellarín et al., 2005). El concepto de UDE se expresa como el valor de incidencia o severidad de la enfermedad causada por un patógeno en el cual la pérdida económica ocasionada equivale al costo de aplicación del fungicida (Carmona, 2003). Para ello es necesario el desarrollo de sistemas

de puntuación por región. El problema es que actualmente no hay datos sobre los coeficientes de daños en gran parte del país. Este coeficiente determina las pérdidas que se tienen por cada 1% de severidad o incidencia, la cual surge del monitoreo.

En el presente trabajo se evaluó la posibilidad de incluir a la cebada y a la avena como alternativas del trigo en el Partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires (subregión II norte del área triguera de Argentina), a través del rendimiento obtenido, sus componentes, y la incidencia de enfermedades foliares en cada cultivo, bajo dos niveles de fertilización nitrogenada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se efectuaron en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (34°52' S, 57°58' O) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, localizada en los Hornos, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires (subregión II norte del área triguera de Argentina) (MAGyP, 2013), durante las campañas 2011 y 2012. Los suelos en los que se llevaron adelante los ensayos son Argiudoles típicos, bien desarrollados, con buen drenaje y cuyo material original es loessico, similares a los de Magdalena entre las rutas 11 y 36 pertenecientes a la Pampa ondulada, por lo cual, los resultados son extrapolables a los de esa zona del Partido de Magdalena.

El diseño experimental se realizó en parcelas divididas con cuatro repeticiones, correspondiendo la parcela principal a tres cereales de invierno: trigo cultivar Buck Meteor; avena cultivar Bonaerense INTA Calén; y cebada cultivar Scarlett, y la sub-parcela a los tratamientos de fertilización: 50 y 70 kg N ha<sup>-1</sup>, aplicado en forma de urea al voleo, durante el macollaje, GS28 (Zadoks et al., 1974).

El tamaño de las parcelas fue de 3,2 x 6,5 metros y se sembraron en forma manual, en surcos distanciados 20 cm, a una densidad de 300 plantas m<sup>-2</sup>. Previo a la siembra de los cultivos invernales, se fertilizó a razón de 50 kg ha<sup>-1</sup> con fosfato diamónico (DAP) y para el control de malezas en presiembra, se aplicó el herbicida residual Trifluralina (a,a,a-trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropil-p-toluidina) en dosis de 1,6 L ha<sup>-1</sup> de producto comercial (48% de principio activo), incorporándolo con una pasada de rastra de disco. La siembra de los cultivos de invierno se realizó bajo labranza convencional. El lote en que se instaló la experiencia provenía de dos y tres años de descanso en el primer y segundo ensayo, respectivamente.

Durante el desarrollo de los cultivos se determinó la severidad provocada por los patógenos

foliares presentes, mediante estimación visual, expresada como porcentaje de la lesión en cada hoja. Para ello se tomaron al azar siete macollos de tres fracciones de 0,50 m en cada subparcela en dos estados fenológicos del cultivo: floración, GS60 (Zadoks et al., 1974) y grano pastoso, GS82 (Zadoks et al., 1974). En el año 2012 se evaluó también la severidad provocada por *Fusarium* en las espigas de trigo, debido a que las condiciones climáticas fueron altamente predisponentes para el desarrollo de esta enfermedad. Se calculó el número de espiguillas enfermas/espiga.

En la madurez de cada cultivo se determinó la biomasa aérea, el rendimiento (en peso seco) y sus componentes: espigas m<sup>2</sup>, granos m<sup>2</sup> y peso de mil granos (PMG), a partir de tres fracciones de 1 m lineal en cada parcela.

Para poder determinar los valores de UDE es imprescindible cuantificar los daños y pérdidas causados por los patógenos presentes, considerados en conjunto, utilizando una metodología capaz de generar un gradiente de intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad de la enfermedad causada por el patógeno) de tal manera que permita correlacionar la incidencia y/o severidad de la enfermedad causada por el patógeno con el rendimiento en granos (Reis et al., 2008). Como resultado de la correlación surge una función de daño o ecuación matemática del siguiente tipo:

$$R \text{ (rendimiento en kg ha}^{-1}\text{)} = a - bx \text{ (\%)},$$

donde b (pendiente de la recta de regresión) es el Coeficiente de Daño, x es el porcentaje de severidad de la enfermedad causada por el patógeno, y a (ordenada al origen) es el rendimiento potencial del cultivo (Carmona et al., 1999).

Los datos de biomasa, rendimiento y sus componentes y severidad de las enfermedades foliares, se analizaron a través de Análisis de Varianza para parcelas divididas. La comparación de medias se realizó por medio del test de LSD ( $P < 0,05$ ). Se efectuó un análisis de regresión lineal para cada cultivar entre la severidad media para los estadios fenológicos evaluados y el rendimiento. Todos los análisis se realizaron con el software GenStat (GenStat, 2008). Debido a la interacción con el año se realizaron los análisis correspondientes a cada campaña en forma independiente.

## RESULTADOS

### Condiciones climáticas durante los ensayos

En cuanto a las condiciones climáticas, el ensayo estuvo afectado por una cierta variabilidad de las mismas a lo largo de las dos campañas. En el año 2011, el invierno y la primavera se caracterizaron por presentar condiciones favorables para

el crecimiento y desarrollo de los cultivos de invierno (Fig. 1). Se presentaron algunos problemas en el establecimiento de los cultivos relacionados con las altas precipitaciones de junio y julio, que produjeron encostramiento y anegamiento temporal pero no afectaron el stand de plantas logradas. A pesar de los bajos registros pluviométricos que se tomaron en octubre, mes en que el cultivo se encontraba en su período crítico (período que media entre unos 20 días previos a la floración hasta unos 10 días posteriores a la misma), se obtuvieron elevados rendimientos, que demuestran que los cultivos no fueron afectados por tales condiciones.

Caracterizando el patrón de lluvias y relacionándolo con el fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO), el año en cuestión fue Niña, comenzando con anomalías en la precipitación en septiembre-octubre en el norte de la región pampeana, extendiéndose rápidamente y en noviembre-diciembre y en marzo abril, la mayor parte del área registró precipitaciones inferiores a las normales.

En el año 2012, si bien durante mayo las precipitaciones fueron las normales para el mes, durante junio y julio resultaron muy inferiores, provocando una situación para el establecimiento de los cultivos totalmente opuesta a la campaña anterior. A partir de agosto las condiciones climáticas se revirtieron, comenzando un año Niño, con excesivas precipitaciones, que resultaron altamente predisponentes para el desarrollo de enfermedades, especialmente durante los meses de octubre y diciembre, donde los cultivos estaban en plena etapa de antesis y llenado de grano, respectivamente (Fig. 1).

### Severidad de las enfermedades provocadas por patógenos foliares

En 2011 los patógenos foliares predominantes en nuestros ensayos fueron: en trigo, mancha amarilla y mancha de la hoja; en cebada, mancha en red, y en avena, roya de la hoja. En 2012, además de los patógenos citados para 2011, hubo roya de la hoja y fusarium en trigo, y mancha marrón o borrosa en cebada.

Para ambos años, en el análisis de la varianza, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la severidad de las enfermedades provocadas por patógenos foliares en GS60 y GS82 entre cultivos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas por los tratamientos de fertilización, ni interacciones (Tabla 1).

Para los valores medios, en el año 2011 la avena presentó los valores más bajos de severidad de enfermedades foliares (Tabla 2), diferenciándose significativamente del trigo y la cebada en la evaluación GS60. Para la evaluación en GS82, los

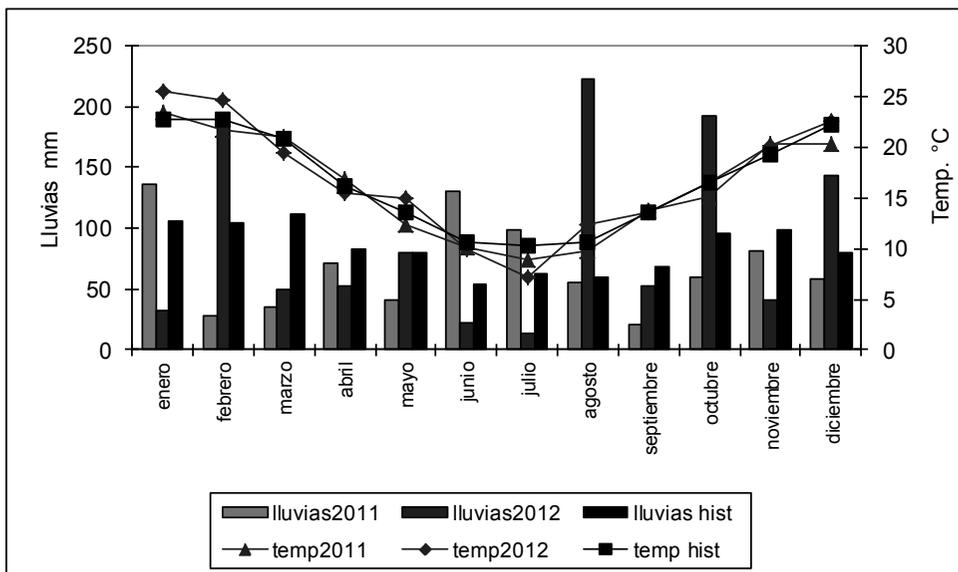


Fig. 1. Precipitaciones y temperaturas medias mensuales e históricas (temp. serie: 1969-2009; lluvias serie: 1964-2009) durante el período de ensayo (enero 2011 – diciembre 2012) en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Fig. 1. Monthly precipitation and average and historical temperatures (temp. Series: 1969-2009; rains Series: 1964-2009) during the test period (January 2011 - December 2012) in La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Fuente: Estación Meteorológica de la Estación Experimental J. Hirschhorn, Los Hornos, Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Tabla 1. Cuadrados medios de la severidad de las enfermedades provocadas por patógenos foliares en dos estados fenológicos (GS60; GS82) para dos años, tres cultivos (avena, cebada y trigo) y dos niveles de fertilización nitrogenada en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Table 1. Mean squares of diseases severity caused by foliar pathogens in two phenological phases (GS60, GS82) for two years, three crops (oat, barley and wheat) and two levels of nitrogen fertilization, in La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Fuente de variación	GL	2011		2012	
		GS60	GS82	GS60	GS82
Cultivos	2	3455,1**	776,04*	2414,50**	982,96**
Error A	6	15,7	116,22	51,87	19,94
Fertilización	1	13,4	82,75	4,28	60,89
Cultivos × Fertilización	2	127,5	6,16	246,34	15,97
Error B	9	65,4	75,03	48,44	26,95
Total	47				

Distribución F: \*0,05; \*\* 0,01; \*\*\*0,001, respectivamente.

valores más bajos de severidad correspondieron a la avena y el trigo. En el año 2012 hubo diferencias significativas entre los tres cultivos para ambas evaluaciones, en la evaluación GS60 la menor severidad correspondió al trigo y la mayor a la cebada, mostrando la avena un comportamiento intermedio, y en GS82 la menor severidad correspondió a la avena y la mayor al trigo, pre-

sentando la cebada valores intermedios. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización para ninguno de los dos estados fenológicos en ninguno de los dos años (Tabla 2). Los valores de severidad de las enfermedades foliares, tanto en la evaluación GS60 como GS82 fueron mayores en el año 2012 que en 2011.

En el año 2012 se observó un alto porcentaje de

**Tabla 2. Valores medios de severidad de las enfermedades provocadas por patógenos foliares en dos estados fenológicos (GS60; GS82) para dos años, tres cultivos (avena, cebada y trigo) y dos niveles de fertilización nitrogenada, en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 2. Average values of diseases severity caused by foliar pathogens in two phenological phases (GS60, GS82) for two years, three crops (oat, barley and wheat) and two levels of nitrogen fertilization, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

Fuente de variación	2011		2012	
	Severidad GS60	Severidad GS82	Severidad GS60	Severidad GS82
	----- % -----			
Cultivos (C)				
Avena	26,5 c	71,4 b	65,4 b	77,3 c
Cebada	52,9 a	87,3 a	79,8 a	92,5 b
Trigo	45,2 b	69,3 b	50,9 c	98,9 a
Fertilización (F)				
50 kg N ha <sup>-1</sup>	42,9 a	77,9 a	63,0 a	91,1 a
70 kg N ha <sup>-1</sup>	44,0 a	74,2 a	63,9 a	88,0 a
Interacción C × F	Ns	Ns	Ns	Ns

Letras distintas en la columna indica diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ , LSD test).

severidad en las espigas de trigo, provocada por *Fusarium graminearum*. El porcentaje de severidad fue de 25% y no resultó modificado por la fertilización. No se manifestó dicha enfermedad en los otros dos cultivos.

#### Producción de biomasa, rendimiento y sus componentes.

En el análisis de la varianza, para el año 2011 se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la biomasa, rendimiento y espigas m<sup>2</sup> entre cultivos, y diferencias estadísticamente

significativas para la biomasa, rendimiento, espigas m<sup>2</sup> y granos m<sup>2</sup> para los niveles de fertilización. Para el PMG se encontró interacción Cultivos × Fertilización (Tabla 3).

Para los valores medios, la avena presentó la menor biomasa y rendimiento. No hubo diferencias entre cultivos para número de granos m<sup>2</sup> (Tabla 4).

Respecto a la fertilización se obtuvo respuesta a las diferentes dosis en la biomasa, el rendimiento, el número de espigas m<sup>2</sup> y granos m<sup>2</sup>, aumentando con el incremento de la dosis de N

**Tabla 3. Cuadrados medios del valor de la biomasa y del rendimiento y sus componentes en año 2011, para tres cultivos (avena, cebada y trigo) y dos niveles de fertilización nitrogenada en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 3. Mean square values of biomass, yield and yield components in 2011, for three crops (oat, barley and wheat) and two levels of nitrogen fertilization, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

Fuente de variación	GL	Biomasa	Rendim.	Espigas m <sup>2</sup>	Granos m <sup>2</sup>	PMG
Cultivos	2	372789.*	133865*	244289***	26394591	634.487***
Error A	6	45300.	21313.	9548.	20536132	2.354
Fertilización	1	454064***	88195**	18242.*	23659660*	18.387*
Cultivos × Fertilización	2	29943	5265	130.	3063812	13.898*
Error B	9	15462	7475	4052.	6010705	2.733
Total	47					

Distribución F; \*0,05; \*\* 0,01; \*\*\*0,001, respectivamente.

**Tabla 4. Valores medios de biomasa y del rendimiento y sus componentes en el año 2011, para tres cultivos (avena, cebada y trigo) y dos niveles de fertilización nitrogenada, en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 4. Mean values of biomass, yield and yield components in 2011, for three crops (oat, barley and wheat) and two levels of nitrogen fertilization, in La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

Fuente de variación	Biomasa g m <sup>-2</sup>	Rendimiento g m <sup>-2</sup>	Espigas m <sup>-2</sup>	Granos m <sup>-2</sup>	PMG g
Cultivos (C)					
Avena	1453 b	656 b	587 b	23303 a	28,07
Cebada	1701 a	903 a	832 a	20413 a	44,37
Trigo	1882 a	846 a	494 b	19951 a	42,45
Fertilización (F)					
50 kg N ha <sup>-1</sup>	1541 b	741 b	610 b	20230 b	37,42
70 kg N ha <sup>-1</sup>	1816 a	862 a	665 a	22215 a	39,17
Interacción C × F	Ns	Ns	Ns	Ns	*

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ , LSD test).

**Tabla 5. Interacción Cultivo x Fertilización para el peso de mil granos (PMG), para tres cultivos y dos niveles de fertilización, en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 5. Crop x Fertilization interaction for the thousand kernel weight (TKG), for three crops and two levels of fertilization, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

PMG	50 kg N ha <sup>-1</sup>	70 kg N ha <sup>-1</sup>
Avena	25,75 b	30,39 a
Cebada	44,62 a	44,11 a
Trigo	41,89 a	43,01 a

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ , LSD test).

aplicada. Para el PMG, hubo interacción Cultivos × Fertilización, siendo la avena el único cultivo que presentó respuesta frente a la aplicación de distintas dosis de N (Tabla 5).

Para el año 2012, el análisis de la varianza presentó diferencias estadísticamente significativas entre cultivos para la biomasa, el rendimiento y todos sus componentes. No hubo respuesta a la fertilización, ni interacciones significativas (Tabla 6).

En el análisis de los valores medios la avena resultó el cultivo de menor producción (Tabla 7), tanto en biomasa como en rendimiento y espigas m<sup>-2</sup>, granos m<sup>-2</sup> y PMG. La cebada presentó valores intermedios de biomasa y rendimiento, éste último a través de un mayor número de espigas m<sup>-2</sup> y PMG que la avena. El trigo obtuvo la mayor biomasa y rendimiento, con mayor número de granos m<sup>-2</sup>, pero menos espigas m<sup>-2</sup> y menor PMG que la cebada. Los valores de rendimiento y

biomasa obtenidos en 2012 fueron marcadamente menores de los alcanzados en 2011.

#### **Coefficientes de daño de la enfermedad**

En los tres cultivos evaluados el rendimiento se asoció negativamente, en forma significativa con la severidad. Los coeficientes de correlación ( $r$ ) fueron elevados indicando una fuerte relación entre las variables analizadas (Tabla 8).

Las ecuaciones indican el daño causado al cultivo (kg ha<sup>-1</sup>) en función de los niveles de severidad promedio de los dos estadios fenológicos evaluados.

Los coeficientes de daño (Cd) variaron entre 0,0859 el más bajo hasta 0,239 el más elevado, lo que implica una pérdida de rendimiento entre 0,71 y 1,12 % por cada 1% de aumento de la severidad.

**Tabla 6. Cuadrados medios del valor de la biomasa y del rendimiento y sus componentes en año 2012, para tres cultivos (avena, cebada y trigo) y dos niveles de fertilización nitrogenada en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 6. Mean squares value of biomass, yield and yield components in 2012, for three crops (oat, barley and wheat) and two levels of nitrogen fertilization, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

Fuente de variación	GL	Biomasa	Rendimiento	Esp. m <sup>2</sup>	Granos m <sup>2</sup>	PMG
Cultivos	2	684549***	17131***	110282.**	124133631**	330,62***
Error A	6	5899	2549	3308.	4009400	5,191
Fertilización	1	15857	2411	6	8814056	9,844
Cultivos × Fertilización	2	39082	4410	1995	3048440	2,730
Error B	9	8431	3685	5011	5528106	2,591
Total	47					

Distribución F; \*0,05; \*\* 0,01; \*\*\*0,001 respectivamente.

**Tabla 7. Valores medios biomasa y del rendimiento y sus componentes en el año 2012, para tres cultivos y dos niveles de fertilización, en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 7. Mean values of biomass, yield and yield components in 2012, for three crops and two levels of fertilization, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

Fuente de variación	Biomasa g m <sup>-2</sup>	Rendimiento g m <sup>-2</sup>	Espigas m <sup>2</sup>	Granos m <sup>-2</sup>	PMG g
Cultivos (C)					
Avena	905 c	315 c	398 c	13756 b	22,91 c
Cebada	1244 b	475 b	633 a	13353 b	35,75 a
Trigo	1488 a	608 a	519 b	20368 a	29,83 b
Fertilización (F)					
50 kg N ha <sup>-1</sup>	1187 a	456 a	516 a	15220 a	30,14 a
70 kg N ha <sup>-1</sup>	1238.a	476 a	517 a	16432 a	28,86 a
Interacción C × F	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas (P < 0,05, LSD test).

## DISCUSIÓN

Los niveles de producción alcanzados por los cultivos fueron excepcionalmente altos en el año 2011. Los rendimientos medios del último quinquenio en la Provincia de Buenos Aires son de 2142 kg ha<sup>-1</sup> para avena, 3526 kg ha<sup>-1</sup> para cebada y 3520 kg ha<sup>-1</sup> para trigo (SIIA, 2014), prácticamente un tercio de los alcanzados en el ensayo. La disponibilidad adecuada de agua en los momentos en que los cultivos lo requirieron, la buena fertilidad edáfica del lote asociada al descanso previo a la instalación de los ensayos, un buen manejo de los cultivos en relación al control de las malezas presentes, y la incidencia nula de plagas habrían sido determinantes de este resultado. En

el año 2012, la producción de granos de los tres cultivos fue menor, pero aún así marcadamente superior a los valores promedios obtenidos en la provincia. Estos resultados indican la viabilidad de la avena y la cebada como alternativos al trigo en esta zona de producción desde el punto de vista productivo.

Con relación a los cultivos, tanto en 2011 como en 2012, la avena fue el cultivo menos productivo. En 2011, la cebada y el trigo presentaron los mayores valores de biomasa y rendimiento, sin diferencias significativas entre ellos. En 2012, la cebada presentó valores intermedios de biomasa y rendimiento y el trigo los valores más elevados. La disminución del rendimiento en 2012, en avena y cebada estuvo asociada a un menor número de

**Tabla 8. Ecuaciones de daño en función de la severidad provocada por enfermedades foliares en tres cultivos, promedio de dos estados fenológicos (GS60, GS82) y de cuatro repeticiones, en ambas campañas, en La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina.**

**Table 8. Equations depending on the damage caused by foliar disease severity in three crops, average two phenological stages (GS60, GS82) and four replications in both years, in La Plata, Buenos Aires Province, Argentina.**

Cultivo	Función de daño	Coefficiente de correlación (r)	R <sup>2</sup>
Trigo 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 21493,8 – 239,9 S	-0,96	93,04
Trigo 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 14024 – 116,6 S	-0,78	61,94
Cebada 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 19087,4 – 176,22 S	-0,88	78,15
Cebada 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 22009,7 – 228,9 S	-0,98	96,58
Avena 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 15220 – 204,6 S	-0,88	78,6
Avena 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2011	R = 14811,8 – 222,5S	-0,67	45,54
Trigo 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 12707,8 – 90,25 S	-0,95	91,61
Trigo 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 11983,6 – 85,95 S	-0,90	81,27
Cebada 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 15099,9 – 126,3 S	-0,98	96,75
Cebada 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 1935,97 – 267,01S	-0,64	42,04
Avena 70 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 11596,8 – 120,9 S	-0,77	60,48
Avena 50 kg N ha <sup>-1</sup> 2012	R = 14900 – 158,7 S	-0,96	92,83

R = rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>; S = severidad (%)

granos m<sup>-2</sup> y en el trigo a un menor PMG. El índice de área foliar (IAF), determina luego de varios pasos la eficiencia de uso de la radiación (EUR), lo que se traduce en biomasa. Las enfermedades foliares disminuyen la EUR. Si esto ocurre en prefloración, se verá afectado el número de granos por metro cuadrado. En cambio si la baja en la EUR se produce en postfloración, el rendimiento se ve afectado en el peso de los granos (Serrago et al, 2009, Carretero et al, 2010). Esto coincide con nuestro ensayo del año 2012, donde el alto porcentaje de severidad de los patógenos afectó, en mayor medida, en el momento de determinación del número de granos en avena y cebada y durante el llenado de grano en trigo.

A pesar de las enfermedades, tanto en el año 2011 como en 2012, los tres cultivos alcanzaron rendimientos superiores a la media de la Provincia de Buenos Aires. La mayor severidad de las enfermedades foliares registrada en 2012 podría ser la causa de los menores valores de producción alcanzados ese año. Por otro lado, en 2011 se registró respuesta significativa a la aplicación de una mayor dosis de fertilizante nitrogenado, pero en 2012 no hubo respuesta a la fertilización. Esto podría estar asociado a un problema de lixiviación del fertilizante agregado, por las intensas lluvias ocurridas, pero también podría indicar que la limitante mayor para la obtención de elevados rendimientos ese año no fue la disponibilidad de nitrógeno, sino que probablemente la incidencia de enfermedades foliares.

La intensificación ocurrida en los últimos años en la agricultura de secano en la región ha estado acompañada de la utilización generalizada de una menor diversificación en la secuencias de los cultivos y cultivares y un incremento en el uso de agroquímicos. Estos factores han inducido cambios en la dinámica de las poblaciones de patógenos y sus problemáticas asociadas. Por un lado, patógenos dependientes del rastrojo (necro-hemibiotróficos) como los causales de manchas foliares y fusariosis de la espiga se ven favorecidos por la presencia de rastrojo infectado en la superficie del suelo y rotaciones cortas con alta frecuencia de trigo. Por otra parte, enfermedades debidas a hongos biotróficos, como la roya de la hoja y el oidio, se han visto favorecidos por una mayor cantidad de cultivares susceptibles y la mayor disponibilidad de fertilizantes nitrogenados (Carmona, 2006).

Las enfermedades son, luego del estrés hídrico y las deficiencias minerales, los factores limitantes de mayor importancia para la expresión de los rendimientos y calidad del trigo (Annone, 2000). Se ha estimado que el volumen de pérdidas causado por efecto de las enfermedades de trigo en nuestro país fluctuaría entre el 5 y el 10% (Nisi, 1991; Carmona, 2001). En cebada, los controles de enfermedades foliares con fungicidas son muy efectivos y producen respuestas significativas en el rendimiento cuando se hacen tempranamente, superando los umbrales establecidos. En mancha en red no hay que superar una incidencia del 40%

a partir de encañazón y 30% en escaldadura. Para roya, se puede calcular el 2% de severidad en 2-3 nudos hasta espigazón (AACREA, 2007). Las pérdidas provocadas por la roya de la hoja en avena pueden llegar al 32% de la materia seca y a un 26% en producción de grano (Pérez Fernández y Corró Molas, 2000). La roya del tallo de la avena afecta significativamente la producción y calidad del grano, reduciendo el rendimiento en un 14-36% según la susceptibilidad de las variedades (Leyva et al., 2004). Los elevados niveles de infestación con *Avena fatua*, hospedante natural del hongo, y las condiciones climáticas favorables en otoño-invierno favorecen el desarrollo de la enfermedad.

El porcentaje de pérdida puede incrementarse sustancialmente en función del año, variedad utilizada, tipo de enfermedad y estrategia de control (Carmona y Reis, 2001). Esto coincide con los resultados de nuestros ensayos, donde se observó un aumento de la severidad de todas las enfermedades foliares en el año 2012, asociado a las condiciones climáticas presentes, lo que trajo aparejado una disminución de la biomasa, rendimiento y sus componentes en todos los cultivos, independientemente del tipo de patógeno. En el año 2011, la avena presentó los valores más bajos de severidad, diferenciándose significativamente del trigo y la cebada en la evaluación GS60. Para la evaluación en GS82, los valores más bajos de severidad correspondieron a la avena y al trigo. En el año 2012 hubo diferencias significativas entre los tres cultivos para ambas evaluaciones; en la evaluación GS60 la menor severidad correspondió al trigo, y la mayor a la cebada, mostrando la avena un comportamiento intermedio, y en GS82 la menor severidad correspondió a la avena y la mayor al trigo, presentado la cebada valores intermedios.

La fusariosis depende fundamentalmente de las condiciones ambientales imperantes durante el momento de la floración del cultivo, tales como temperaturas entre 20 a 30°C, lluvias, alta humedad relativa y períodos de mojado de 48 a 60 horas. Esta enfermedad produce reducciones en el rendimiento, a lo que se agrega la presencia de micotoxinas (Mazzilli et al., 2007), que afectan la salud humana y animal. Durante 1993 se estimaron reducciones del rendimiento de hasta el 30% en la zona sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires (Moschini et al. 2001). Dichas pérdidas están relacionadas con la esterilidad de las espiguillas y la formación de granos poco desarrollados, castigados en la comercialización por tener una constitución alterada y bajo peso hectolítrico. En nuestro ensayo el efecto principal de la fusariosis en trigo fue sobre el PMG más que sobre el número de granos. No se presentó en avena ni en ceba-

da, cultivos en los cuales tiene menor incidencia.

Los coeficientes de daño resultaron elevados si comparamos con los valores citados por Carmona (2006) para 40 ensayos realizados con diferentes cultivares de trigo, donde llegaron a determinar que, por ejemplo, en Baguette 10, por cada 1% de aumento de incidencia se tiene una pérdida de 0,46% en el rendimiento. Algunos autores afirman que existe una respuesta lineal y positiva de la roya al incrementar el contenido de nitrógeno (Simón et al. 2002; 2003). No obstante, los parásitos necrótrofos colonizan de mejor manera los tejidos poco vigorosos, débiles o deficitarios de nutrientes. En estos casos la fertilización puede cambiar el estado de la planta y la intensidad de la enfermedad puede detenerse o disminuir su severidad (Carmona y Sautua, 2011). En nuestro caso no se halló una respuesta diferencial en el porcentaje de severidad, para los tratamientos de fertilización realizados para ninguno de los dos años, probablemente asociado a la diversidad de patógenos presentes y a las condiciones climáticas en el segundo año.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista productivo, la cebada y la avena resultan buenas alternativas del trigo en la región de análisis, alcanzando valores superiores a la media de la provincia.

El porcentaje de severidad de las enfermedades foliares resulta modificado por el cultivo y las condiciones ambientales y no por los tratamientos de fertilización del ensayo.

Los componentes del rendimiento afectados por las enfermedades presentes dependen del momento en que estas se presentan con mayor severidad.

## LITERATURA CITADA

- AACREA. 2007. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Disponible en <http://www.aacrea.org.ar> (Consulta 26 mayo 2013).
- AACREA. 2013. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Disponible en <http://www.aacrea.org.ar> (Consulta 26 mayo 2013).
- Álvarez, D., y S. Barberis. 2011. Incidencia de enfermedades de trigo y cebada en la presente campaña. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-agricultura/trigo/articulos/incidencia-enfermedades-trigo-cebada-t3893/998-p0.htm> (Consulta 5 diciembre 2013).
- Annone, J.G. 2000. Guía práctica resumida para la toma de decisiones en el uso de fungicidas

- en trigo. Información técnica de trigo Campaña 2000. Cap. N°8. 32 p. Publicación Miscelánea N° 92. INTA Rafaela, Rafaela, Santa Fe, Argentina.
- Annone, J.G., y R. Garcia. 2004. Las principales manchas foliares del trigo. Importancia, aspectos epidemiológicos y estrategias para reducir sus efectos sobre la producción. Revista IDIA 21(6):58-64.
- Butt, M.S., M. Tahir-Nadeem, M. Kashif Iqbal Khan, and R. Shabir. 2008. Oat: unique among the cereals. European Journal of Nutrition 47:68-79.
- Campos, P.E. 2011. Caracterización de aislamientos de roya de la hoja (*Puccinia coronata avenae*) y del tallo de avena (*Puccinia graminis avenae*) en el SO de Bs. As. En Congreso Nacional de Trigo. Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. Septiembre 3 del 2001. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Bordenave, Buenos Aires, Argentina.
- Carmona, M. 2001. Manual para el manejo integrado de enfermedades del trigo. 32 p. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Carmona, M. 2003. Aplicación de fungicidas basada en el Umbral de Daño Económico. p. 1-5. Información Técnica de Trigo. Publicación Miscelánea N° 99. INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina.
- Carmona, M.A. 2006. El manejo integrado de las enfermedades del cultivo de trigo, una asignatura pendiente. En Congreso A Todo Trigo. Conocimiento y Producción. 18 y 19 de mayo de 2006. Federación de Centros y Entidades Gremiales de Acopiadores de Cereales, Mar del Plata, Argentina.
- Carmona, M., y P. Cortese. 1999. Umbral de daño económico. Nuevos criterios para el control de enfermedades. Cuadernillo Agromercado 34:15-18.
- Carmona, M., y E. Reis. 2001. Sistema de puntuación para la evaluación del potencial de producción en el cultivo de trigo. Su utilidad para la aplicación racional y económica de fungicidas. 24 p. Ed. Carmona, Buenos Aires, Argentina.
- Carmona, M., E.M. Reis, y P. Cortese. 1999. Manchas foliares del trigo. Diagnóstico, epidemiología y nuevos criterios para el manejo. 32 p. Ed. Carmona, Buenos Aires, Argentina.
- Carmona, M., y F. Sautua. 2011. Impacto de la nutrición y de fosfitos en el manejo de enfermedades en cultivos extensivos de la región pampeana. Disponible en <http://www.agroconsultasonline.com.ar> (Consulta 11 noviembre 2011).
- Carretero, R., R.A. Serrago, M.O. Bancal, A.E. Perelló, and D.J. Miralles. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research 116:184-195.
- Castellarín, J.M., H. Pedrol, M. Gonzalez, M. Icremona, F. Salvagiotti, y O. Rosso. 2005. Control de enfermedades foliares en trigo: momento de aplicación y tipo de molécula fungicida. p. 95-97. En Para mejorar la producción 28. INTA EEA Oliveros, Santa Fe, Argentina.
- Cegiello, M. 2008. Pathogenicity of *Drechslera avenae* (Eidam) Scharif to selected oat genotypes (*Avena sativa* L.). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities 11. Issue 2. Available at <http://www.ejpau.media.pl/volume11/issue2/art-05.html>. (Accessed 18 March 2008).
- Ferraris, G.N. 2011. Rendimiento y eficiencia comparativa de uso de fósforo, nitrógeno y agua en trigo y cebada cervecera en la región centro y noroeste de Buenos Aires. Agroconsultas. Disponible en <http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Rendimiento> (Consulta 11 junio 2011).
- GenStat. 2008. GenStat Release 7.22 DE PC/Windows. Copyright 2008. VSN International, Hemel Hempstead, United Kingdom.
- Leyva, M.S.G., E.E. Rangel, M.H.E. Villaseñor, y J. H. Espino. 2004. Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Ericks. y Henn., causante de la roya del tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. Revista Mexicana de Fitopatología 22:166-171.
- MAGyP. 2013. Ministerio Agricultura, Ganadería y Pesca de la Republica Argentina. Disponible en [www.minagri.gov.ar](http://www.minagri.gov.ar) (Consulta 5 diciembre 2013).
- Mariscal-Amaro, A., J. Huerta-Espino, H.E. Villaseñor-Mir, S.G. Leyva-Mir, J.S. Sandoval-Islas, and I. Benítez-Riquelme. 2009. Genetics of resistance to stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*) in three genotypes of oat (*Avena sativa* L.). Agrociencia 43:869-879.
- Martinez, M.F., H.M. Arelovich, and L.N. Wehrhahne. 2010. Grain yield, nutrient content and lipid profile of oat genotypes grown in a semiarid environment. Field Crops Research 116:92-100.
- Mazzilli, S., C. Pérez, y O. Ernst. 2007. Fusariosis de la espiga en trigo: características de la enfermedad y posibilidades de uso de modelos de predicción para optimizar el control químico. Agrociencia 11:11-21.
- Melegari, A.L. 2001. Efectos del sistema de labranza

- za y de la fertilización con N-Urea sobre tizón foliar (*Septoria tritici*) en el cultivar de trigo (*Triticum aestivum* L.) Pro INTA Oasis. En V Congreso Nacional de Trigo. III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño Invernal. 25 al 28 de septiembre. INTA y Universidad Nacional de Córdoba, Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Moschini, R., R. Pioli, M. Carmona, and O. Sacchi. 2001. Wheat head blight in the Northern Argentinean Pampas Region. *Crop Science (Crop ecology, Management & Quality)* 41:1541-1545.
- Nisi, J. 1991. Trigo: Mejoramiento, potencialidad productiva y limitantes de la producción. Potencialidad genética actual y avances previstos para los próximos años. p. 11-17. En Expectativas de Eficiencia Productiva de Cereales y Oleaginosas para el Mediano Plazo. INTA, Programa de Cereales y Oleaginosas, Rosario, Argentina.
- Pérez Fernández, J., y A. Corró Molas. 2000. Roya de la avena: control químico e incidencia sobre calidad forrajera en la región semiárida pampeana. 24 p. Boletín de Divulgación Técnica N° 69. INTA EEA Anguil, Anguil, Argentina.
- Pérez Fernández, J., y A. Corró Molas. 2003. Manejo de enfermedades en trigo. Cap 7. p 125. Boletín de divulgación técnica N° 76. INTA Anguil, Anguil, Argentina.
- Reis, E.M., R. Trezzi Casa, y C.L. Bevilacqua. 2008. Modelos de ponto crítico para estimar danos causados pela ferrugem da folha da aveia branca. *Summa Phytopathologica* 34:238-241.
- Serrago, R.A., R. Carretero, M.O. Bancal, and D.J. Miralles. 2009. Foliar diseases affect the eco-physiological attributes linked with yield and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Agronomy* 31:195-203.
- SIIA. 2014. Sistema integrado de información agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Disponible en <http://www.sii.gov.ar/series> (Consulta 25 abril 2014).
- Simón, M.R., A.E. Perelló, C.A. Cordo, y P.C. Struik. 2002. Influence of *Septoria tritici* on yield, yield components and test weight of wheat under two nitrogen fertilization conditions. *Crop Science* 42:1974-1981.
- Simón, M.R., C.A. Cordo, A.E. Perelló, y P. C. Struik. 2003. Influence of nitrogen supply on the susceptibility of wheat to *Septoria tritici*. *Journal of Phytopathology (Phytopathologische Zeitschrift)* 151:283-289.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang, and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14:415-421.