

**Trabajo Final**  
**Carrera Ingeniería Agronómica**

**INTERFERENCIA TRIGO-*Lolium perenne*: EVALUACION DE  
ESTRATEGIAS DE FERTILIZACION NITROGENADA COMO  
PRÁCTICA DE MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS.**

**Alumno: Patrouilleau, Santiago**

**Legajo: N° 24731/2**

**DNI: 30.987.622**

**Teléfono: 0221-15-6190473**

**Correo electrónico: [santiagopatru@gmail.com](mailto:santiagopatru@gmail.com)**

**Director: Ing. Agr. Dr. Marcos Yannicari**

**Co-Directora: Lic. MSc. Alejandra Carbone**

**Noviembre 2018**

## INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) constituye el segundo cultivo en importancia a nivel mundial y en Argentina es el segundo cultivo de mayor superficie, totalizando 6,32 millones de hectáreas sembradas en la campaña 17/18. Solamente superado por el cultivo de soja, con una producción estimada en 19 millones de toneladas (BCR, 2018).

En unidades productivas, generalmente el principal objetivo de llevar adelante un cultivo es obtener el mayor rendimiento posible con una calidad determinada. El rendimiento del cultivo es el producto entre dos componentes fundamentales: el número de granos por unidad de superficie y el peso de los granos (o peso de mil granos (PMG)) (Abatte *et al.*, 2017). El número de granos por unidad de superficie es la variable que mayormente explica el rendimiento del trigo, y es el resultado de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor de floración, momento en el cual ocurre el crecimiento de las espigas, definido como el período crítico del cultivo para la determinación de rendimiento (Fischer, 1985). Para que dicha tasa sea máxima, se requiere que las hojas intercepten un 90-95% de la radiación y que la conviertan en biomasa con la mayor eficiencia posible. EL PMG, por su parte, se define durante el llenado de los granos y está sujeto a las condiciones y tasa de crecimiento del cultivo y duración de ese período.

Para que estos objetivos puedan ser alcanzados se requiere de una adecuada disponibilidad de nutrientes. La competencia por recursos en general y nutrientes en particular, es considerada una de las limitantes de la producción en situaciones de interferencia trigo-maleza (Acciaresi *et al.*, 2014). El cultivo de trigo ha mostrado pérdidas de alrededor del 50% en rendimiento en grano por efecto de competencia por N y una reducción similar en la producción de biomasa aérea total, producto de la interferencia con malezas (Iqbal y Wright, 1997).

Entre las principales malezas del cultivo de trigo, el complejo ryegrass (*Lolium perenne* y *Lolium multiflorum*) se ha encontrado interfiriendo con el cultivo en más de la mitad de los lotes del sur bonaerense, así como en otras

partes del mundo (Zimdahl, 1996; Istilart y Yanniccari, 2012). El *Lolium spp.* tiene su origen en el continente europeo, norte de África y Asia occidental, desde donde las distintas especies del género se han distribuido a áreas templadas de todo el planeta (Inda Aramendía, 2005).

Por su adaptabilidad y calidad forrajera, esta dispersión ha permitido hacer uso de *Lolium multiflorum* Lam. (ryegrass anual) como verdeo de invierno para la alimentación del ganado vacuno en diversos países. Del mismo modo puede entenderse al *Lolium perenne* L. (ryegrass perenne) como una especie participante de pasturas consociadas. Dicha adaptabilidad permitió, en Argentina, que ambas fueran reconocidas como especies espontáneas en la provincia de Buenos Aires (Cabrera y Zardini, 1978).

Sin embargo, paralelamente en los sistemas agrícolas del sur de la provincia de Buenos Aires, el ryegrass se ha transformado en una importante maleza y, como se citó previamente, ha sido relevado con elevada frecuencia en cultivos invernales, especialmente en trigo (Satorre y Slaffer, 1999). En tales sistemas, el proceso de enmalezamiento de ryegrass comienza con las primeras emergencias al final de la estación estival y con las primeras lluvias del otoño. Se extiende durante toda la estación fría hasta finalizado el invierno, cuando los cereales de invierno se encuentran en implantación (Yanniccari y Acciaresi, 2013).

Esto ha generado un incremento de la dependencia del glifosato para controlar tal maleza durante el barbecho y pre-emergencia del cultivo (Vigna *et al.*, 2008). La presión de selección generada por el uso continuo de glifosato llevó a la aparición de poblaciones de *Lolium spp.* resistentes a ese herbicida en el sur de la provincia de Buenos Aires (Vigna *et al.*, 2008; Yanniccari *et al.*, 2012). Según la Sociedad Americana de Malezas (WSSA) se define la resistencia a herbicidas como la capacidad de una planta de sobrevivir y reproducirse exitosamente luego de exponerla a una dosis de herbicida normalmente letal.

Ante la dispersión de los problemas de ryegrass resistente a glifosato en la mencionada zona, el uso de graminicidas (e. g. inhibidores de la enzima acetil-CoA carboxilasa (ACCase) y de acetolactato sintetasa (ALS)), se ha

incrementado y con ello los riesgos de aparición de nuevos casos de resistencia a estos grupos de herbicidas (Diez de Ulzurrun y Leaden, 2012; Gigón y Yannicari, 2018). La evolución de resistencia o adaptación a estrategias específicas de control de malezas, sin importar el mecanismo o tipo, parece inevitable; especialmente cuando existen poblaciones con alta variabilidad genética y son constantemente sometidas a selección (Neve y Powles, 2005).

Ante este complejo escenario, el Manejo Integrado de Malezas (MIM) busca alternativas que articulen al control químico sumando otras prácticas agronómicas que lleven a reducir el impacto de las malezas en el rendimiento de los cultivos, reducir costos y favorecer al cultivo en la interacción con las malezas (Chauhan y Gill, 2014). En este sentido, la rotación de cultivos, aplicación de herbicidas de distintos modos de acción, siembra de cultivares competitivos, variación de fecha y densidad de siembra, entre otras; se han difundido en diferentes combinaciones y con resultados variados tanto a nivel mundial como en experiencias locales (Chauhan y Gill, 2014; Cena y Acciaresi, 2018; Istilart *et al.*, 2018a; Istilart *et al.*, 2018b; Yannicari *et al.*, 2018).

En el marco del MIM, se han propuesto diferentes prácticas que aportan al manejo de malezas problema. Entre ellas la orientación este-oeste de las líneas de siembra de trigo logró reducir la producción de semilla de ryegrass a ciertas latitudes (Borger *et al.*, 2015). Las malezas de cultivos anuales normalmente no toleran el sombreado por el cultivo (Goemmers *et al.*, 2013) y su crecimiento y desarrollo es restringido bajo condiciones de baja luminosidad (Zerner *et al.*, 2008).

También, la densidad del cultivo ha sido una variante para mejorar la habilidad competitiva de los mismos frente a las malezas, al aumentar el número de plantas por unidad de superficie es posible interceptar una mayor proporción de la radiación evitando los procesos de enmalezamiento (Champion *et al.*, 1998).

Una práctica común en la agricultura es la fertilización, que busca aumentar los rendimientos de los cultivos y reponer, al menos en parte, los nutrientes extraídos. En general, el cultivo puede tolerar deficiencias

nutricionales tempranas sin que se resienta el rendimiento, siempre que éstas sean revertidas antes del período crítico (Divito *et al.*, 2017).

El nitrógeno es un macronutriente que, junto al fósforo y al azufre, es constituyente esencial de moléculas orgánicas. Mientras que hasta antes de la anthesis acumula el 40-45% de su biomasa aérea total, la acumulación de N a floración representa el 70-75% del total a madurez fisiológica (Divito *et al.*, 2017). Los requerimientos de N son mayores desde la finalización del macollaje, por lo que el nutriente debería estar disponible para ser absorbido por el cultivo en ese momento (García, 2007). Sin embargo, los resultados de evaluaciones realizadas en distintos momentos de aplicación difieren según condiciones climáticas del año, la zona y los niveles de producción (García, 2007). En inviernos de bajas precipitaciones, frecuentes en gran parte de la región triguera argentina, las aplicaciones a la siembra o tempranas han resultado en una eficiencia de uso igual o mayor al de las aplicaciones efectuadas al macollaje (Días Zorita, 2000). En el sudeste de Buenos Aires, se determinaron eficiencias de uso del N similares para siembra y macollaje (García *et al.*, 1998), mientras que en otros estudios se observó que si las precipitaciones son abundantes al macollaje la recuperación del N es mayor que aplicado a la siembra (Echeverría *et al.*, 2004). Las aplicaciones divididas constituyen un caso particular y son más frecuentes cuando se utilizan dosis elevadas de N. Cuando el objetivo es incrementar el rendimiento, en siembras tempranas es posible fraccionar la dosis entre siembra y fin de macollaje (Divito *et al.*, 2017).

Sin embargo, hay divergencia en cuanto al resultado de fertilizar cultivos en competencia con malezas. Ciertos estudios muestran que los fertilizantes beneficiarían más a las malezas que a los cultivos (Jeangros y Nosberger 1990; Liebman y Robichaux 1990; Ampong-Nyarko y De Datta 1993;). En casos de baja densidad de malezas, incrementos en la disponibilidad de N (nutriente por el que principalmente se genera competencia), muestran aumentos en el rendimiento del cultivo; pero en situaciones de alta densidad, una mayor disponibilidad de nutrientes parece favorecer a la maleza, agregando poco beneficio para el rendimiento del cultivo (Alkamper, 1976; Moody, 1981).

En estudios realizados sobre trigo en interacción con *Avena fatua* L. se observó que el agregado de N produjo incrementos en el número de panojas por m<sup>2</sup> de la maleza y disminución en el rendimiento de trigo (Carlson y Hill, 1986). En otros casos, cuando la cantidad de N disponible se duplicó, el rendimiento en trigo no mostró aumentos significativos, pero *Setaria spp.* incrementó su biomasa entre un 41 y 75% (Peterson y Nalewaja, 1992).

Acciaresi *et al.* (2003) realizaron ensayos tendientes a cuantificar la competencia por recursos aéreos y subterráneos entre distintas variedades de trigo y ryegrass anual, y observaron una mayor competencia a nivel radical. Esto indicaría que la competencia por recursos de suelo comienza antes y es mayor que por recursos aéreos repercutiendo sobre la producción del cultivo en materia seca total, absorción de N, altura, espigas por m<sup>2</sup>, cantidad de granos por espiga y rendimiento (Acciaresi *et al.*, 2003).

Di Tomasso (1995) propuso que modificando las estrategias actuales de fertilización es posible reducir el efecto perjudicial de las malezas en el crecimiento y rendimiento de los cultivos y maximizar la habilidad competitiva de los mismos. En cuanto al momento de fertilización, la literatura muestra que en ensayos de competencia entre trigo y *Lolium rigidum* realizados en Australia, la demanda de N en trigo es elevada previo a la generación de la tercera hoja, *i. e.* a inicios del macollaje. Luego, la absorción de ese nutriente es menos eficiente por parte del cultivo y estaría en ventaja la maleza. El ryegrass produce macollos de manera continua, por lo que sería estimulado por aplicaciones tardías de N (Davidson, 1984). Se desprende que aplicaciones tempranas reducirían el efecto competitivo del ryegrass en el rendimiento del trigo.

En Brasil la problemática de la competencia de ryegrass sobre trigo también está presente y se han realizado ensayos para determinar la interferencia mutua frente a aplicaciones de N, empleando distintas combinaciones de densidades del cultivo y la maleza. En tal trabajo, Agostinetto y otros (2017) encontraron que bajo niveles superiores a 120 kg de N por ha, tanto trigo como ryegrass fueron menos productivos en consociación que en monocultivo. Asimismo, el trigo requirió dosis menores de N para

producir más materia seca que el ryegrass, por lo que se infiere que tiene una mayor eficiencia, probablemente por una demanda más temprana al macollaje.

En resumen, la problemática de ryegrass resistente a herbicidas (tanto a glifosato como graminicidas post-emergentes de cereales de invierno) presenta un desafío para el desarrollo de prácticas de MIM que busquen favorecer al cultivo de trigo en detrimento de la maleza. En tal sentido, el ajuste de la fertilización nitrogenada es un importante factor a manejar bajo una estrategia de propiciar al trigo e inhibir el crecimiento de la maleza modulando el momento de fertilización (Blackshaw *et al.*, 2004). Bajo los antecedentes expuestos, se plantea el presente proyecto.

### **Hipótesis**

El momento de fertilización nitrogenada modula la interacción trigo-*Lolium perenne* repercutiendo en el rendimiento del cultivo.

### **Objetivo general**

Determinar el efecto del momento de fertilización nitrogenada sobre la interacción trigo-*Lolium perenne*, en pos de favorecer al cultivo en detrimento de la maleza como estrategia dentro de MIM.

### **Objetivos específicos**

- Estudiar el efecto del momento de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del trigo en competencia con *Lolium perenne* resistente a herbicidas inhibidores de la ACCasa y ALS.
- Analizar el impacto del momento de fertilización sobre parámetros de calidad de grano de trigo cuando el cultivo se encuentra bajo interferencia con *Lolium perenne*.
- Determinar el efecto del ajuste del momento de fertilización nitrogenada en combinación con el incremento de la densidad de siembra de trigo como prácticas de un MIM.
- Analizar el efecto de los tratamientos sobre las emergencias de *L. perenne* al siguiente año.

## Materiales y Métodos

Se realizó un ensayo a campo en la Chacra Experimental Integrada Barrow (MAI BA-INTA), en el partido de Tres Arroyos (Pcia. de Buenos Aires), en un lote de suelo Argiudol petrocálcico, durante la campaña 2016-2017. Allí se encuentra naturalizada una población de *Lolium perenne* resistente a herbicidas inhibidores de ACCasa y ALS. A partir de datos demográficos, se conoce que a partir del banco de semillas de *L. perenne*, en el sitio se llegan a establecer entre 300 y 400 plantas de la maleza por  $m^{-2}$  (Yanniccari, com. pers.)

El experimento consistió en evaluar el efecto conjunto de las siguientes variables:

- Momento de fertilización nitrogenada (en Z12; Z26 y repartida entre ambos momentos),
- El tratamiento con ó sin graminicidas post-emergentes (pinoxaden, iodosulfuron-mesosulfuron), y
- La combinación de la fertilización dividida con otra estrategia de manejo de malezas como es el incremento de la densidad de siembra del cultivo (de 250 (densidad normal) a 500 pl  $m^{-2}$  (densidad elevada)).

### Tratamientos

- 1- **Testigo enmalezado:** Sin fertilización nitrogenada, sin aplicación de graminicidas y densidad de trigo de 250 plantas  $m^{-2}$ .
- 2- **Testigo con graminicidas:** Sin fertilización nitrogenada, con aplicación de pinoxaden y iodosulfuron-mesosulfuron y densidad de trigo de 250 plantas  $m^{-2}$ .
- 3- **Fertilización temprana sin graminicidas:** aplicación de urea (100 kg  $ha^{-1}$ ) en Z12, sin aplicación de graminicidas y densidad de trigo de 250 plantas  $m^{-2}$ .
- 4- **Fertilización temprana con graminicidas:** aplicación de urea (100 kg  $ha^{-1}$ ) en Z12, con aplicación de pinoxaden y iodosulfuron-mesosulfuron y densidad de trigo de 250 plantas  $m^{-2}$ .



- 5- **Fertilización en macollaje sin graminicidas:** aplicación de urea ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en Z26, sin aplicación de graminicidas y densidad de trigo de  $250 \text{ plantas m}^{-2}$ .
- 6- **Fertilización en macollaje con graminicidas:** aplicación de urea ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en Z26, con aplicación de pinoxaden y iodosulfuron-mesosulfuron y densidad de trigo de  $250 \text{ plantas m}^{-2}$ .
- 7- **Fertilización dividida sin graminicidas:** aplicación de urea en Z12 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Z26 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sin aplicación de graminicidas y densidad de trigo de  $250 \text{ plantas m}^{-2}$ .
- 8- **Fertilización dividida con graminicidas:** aplicación de urea en Z12 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Z26 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), con aplicación de pinoxaden y iodosulfuron-mesosulfuron y densidad de trigo de  $250 \text{ plantas m}^{-2}$ .
- 9- **Fertilización dividida sin graminicidas y alta densidad de siembra:** aplicación de urea en Z12 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Z26 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), sin aplicación de graminicida y con densidad de trigo de  $500 \text{ plantas m}^{-2}$ .
- 10- **Fertilización dividida con graminicidas y alta densidad de siembra:** aplicación de urea en Z12 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y Z26 ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ), con aplicación de pinoxaden y iodosulfuron-mesosulfuron y con densidad de trigo de  $500 \text{ plantas m}^{-2}$ .

#### *Descripción de la metodología*

Cuarenta y cinco días antes de la siembra se realizó un barbecho químico con la aplicación de glifosato ( $1000 \text{ g ea ha}^{-1}$ ) en mezcla con cletodim ( $192 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) para controlar principalmente las plantas de *L. perenne* que emergieron e iniciar el cultivo libre de malezas. La siembra se realizó a fines del mes de junio empleando un cultivar de ciclo intermedio (ACA 315).

A tal fin se utilizó una sembradora experimental de siembra directa, de siete surcos distanciados a 20 cm. Se sembraron parcelas de  $1,4 \text{ m} \times 6 \text{ m}$  (unidad experimental) a la densidad correspondiente según el tratamiento. Con la siembra se realizó una fertilización fosforada simultánea en línea empleando superfosfato simple a razón de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ .

En las parcelas correspondientes a la fertilización nitrogenada, se aplicó urea granulada (46:0:0) al voleo respetando cada tratamiento (momento y dosis indicados previamente).

Considerando que la población de *L. perenne* presentaba resistencia a múltiples herbicidas y alta densidad de plantas, los tratamientos graminicidas para el control post-emergente se realizaron utilizando pinoxaden (Axial®) (herbicida inhibidor de la ACCasa, recomendado para el control de *Lolium spp.* y *Avena fatua* en post-emergencia de trigo y cebada) a una dosis de 40 g i.a. ha<sup>-1</sup> y iodosulfuron-mesosulfuron (Hussar plus®) (herbicidas inhibidores de la ALS, recomendado para el control de *Lolium spp.* y ciertas malezas dicotiledóneas en post-emergencia de trigo y cebada) a dosis de 12 y 1,9 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Se aplicaron en forma secuencial durante el macollaje del cultivo y con plantas de ryegrass de dos hojas expandidas hasta 2-3 macollos.

El control de malezas latifoliadas se realizó en todo el experimento mediante una aplicación de dicamba (75 g i.a. ha<sup>-1</sup>) en mezcla con 2,4-D (230 g ea ha<sup>-1</sup>) y metsulfurón (4 g i.a. ha<sup>-1</sup>) en macollaje del cultivo. Además, se aplicó azoxistrobina-cyproconazole (12 y 4,8 g i.a. ha<sup>-1</sup>) para prevenir la incidencia de enfermedades. En todos los tratamientos fitosanitarios se empleó un pulverizador experimental de precisión, de presión constante mediante CO<sub>2</sub> comprimido, provisto de pastillas tipo abanico plano (Teejet 11002) y calibrado para erogar un volumen de aplicación de 150 l ha<sup>-1</sup>.

Finalizado el ciclo del cultivo se cosecharon cinco surcos completos de cada parcela empleando una cosechadora experimental (Wintersteiger®). Esto se realizó una vez alcanzada la madurez de cosecha y cuando la humedad del grano fue inferior a 14%.

#### *Diseño experimental*

Se empleó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones.

### *Determinaciones*

A partir de las muestras obtenidas se determinó el **rendimiento** de grano en  $\text{kg ha}^{-1}$  ajustado a 13,5% de humedad. Además, se analizaron parámetros de calidad, tales como: **peso hectolítrico** mediante balanza Schopper (bajo Norma IRAM 15.853), **peso de mil granos** empleando un contador de granos (Pfeuffer®) y balanza analítica, y **porcentaje de proteína** en grano (13,5% de humedad) utilizando el equipo NIRS Infratec 1226. Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Calidad de Granos de la Chacra Experimental Integrada Barrow.

Una vez cosechada cada parcela del ensayo, se cuantificaron las semillas de *Lolium perenne* obtenidas en cada muestra a fin de determinar la **producción de simiente de la maleza** en  $\text{g m}^{-2}$ .

### *Análisis estadístico*

Los datos fueron analizados mediante ANOVA factorial y se realizó la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (5%) para el contraste de medias en los casos correspondientes.

## **Resultados y discusión**

### *Aspectos climáticos de la campaña*

Según los datos de la Estación Meteorológica de la Chacra Experimental Integrada Barrow, durante el barbecho en el mes de junio, las lluvias superiores al promedio histórico (79 mm mensuales vs. 42 mm histórico para el mes de junio (1938-2016)), permitieron la recarga del perfil de suelo. Durante la implantación del cultivo, el aporte hídrico fue mayor a la media histórica; registrando 130 mm de precipitaciones durante julio y agosto, mientras que el promedio (1938-2016) ha sido de 83 mm. Esto ha favorecido la exitosa implantación del cultivo como también un ambiente propicio para el proceso de enmalezamiento de *Lolium perenne*.

Durante los meses de septiembre a noviembre, las lluvias mensuales fueron similares ó levemente inferiores a los promedios históricos mensuales, totalizando 164 mm acumulados en los tres meses. En tanto, el promedio histórico para septiembre-noviembre ha sido de 203 mm.

Durante el período de floración no se registraron restricciones hídricas e incluso las temperaturas (mínima, media y máxima) fueron similares al promedio histórico. Tampoco se registraron heladas agronómicas que puedan haber condicionado la producción del cultivo.

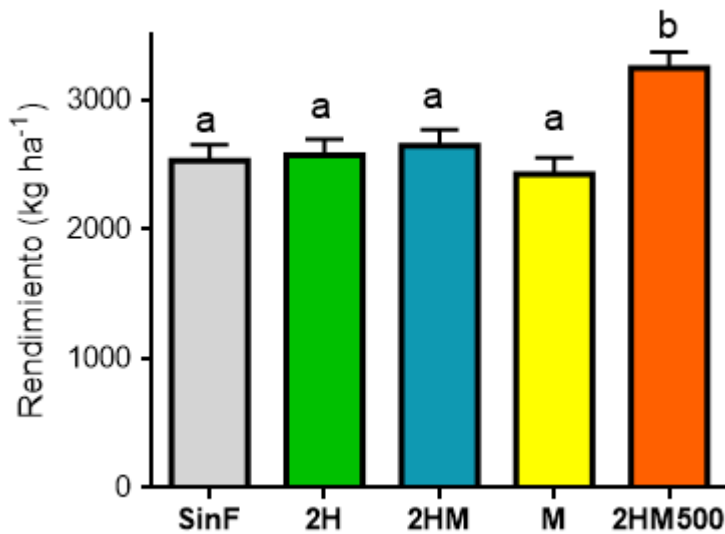
En conclusión, desde el punto de vista de las principales variables agroclimáticas, el cultivo se desarrolló bajo óptimas condiciones para el promedio regional. Satisfechos los requerimientos hídricos, tal ambiente habría resultado adecuado para evidenciar los efectos de los tratamientos de fertilización nitrogenada.

#### *Rendimiento en grano*

Debido a la resistencia a herbicidas inhibidores de la ACCasa y ALS, la población de *Lolium perenne* no fue lo suficientemente suprimida con los tratamientos graminicidas. Esto se reflejó en que el factor *graminicida* (con o sin graminicidas) no mostró efectos significativos sobre el rendimiento del cultivo, ni como factor principal ni en interacción ( $p < 0,05$ ). Por tal motivo, el análisis factorial agrupó aquellos datos con ó sin graminicidas.

En tanto, se encontró que el factor *tratamiento* afectó el rendimiento en grano, donde la alta densidad del cultivo en combinación con la fertilización repartida entre dos hojas y pleno macollaje, llevó a un incremento de rendimiento de  $714 \text{ kg ha}^{-1}$ , respecto al testigo sin fertilizar (Figura 1).

Los demás tratamientos de fertilización no se diferenciaron del testigo sin fertilizar e incluso se observa cierta tendencia de caída en el rinde producto de una fertilización tardía (en macollaje) (Figura 1). En tal caso, se haría evidente el efecto de la disponibilidad de N sobre la agresividad de ryegrass cuando la fertilización ocurre en pleno macollaje, coincidiendo con lo informado por Scursoni *et al.*, 2012.

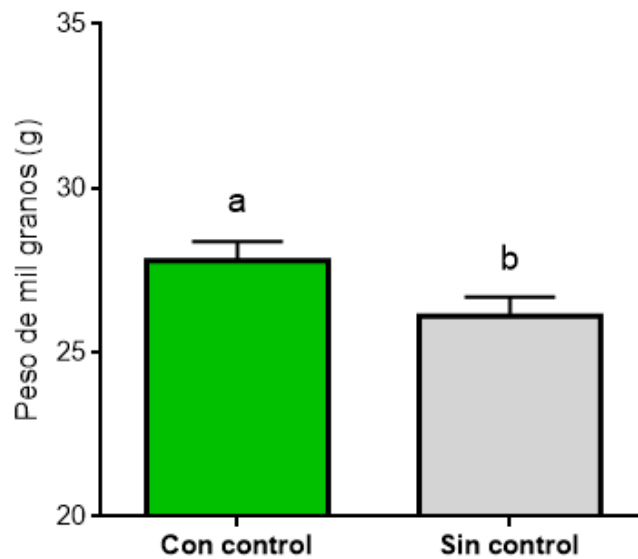


**Figura 1.** Rendimiento de trigo (kg ha<sup>-1</sup>). Tratamientos: SinF=testigo sin fertilizar; 2H=fertilización temprana (en Z12); 2HM=fertilización dividida (Z12 y Z26); M=fertilización al macollaje (Z26); 2HM500=fertilización dividida y alta densidad. Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

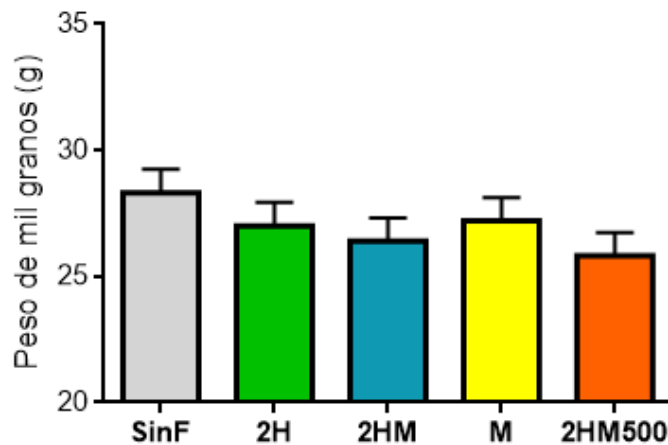
#### *Peso de mil granos (PMG)*

En cuanto al PMG, los tratamientos con graminicidas mostraron efectos significativos sobre esta variable ( $p < 0,05$ ). El PMG promedio con control y sin control con graminicida fue de 27,79 g y 26,11 g, respectivamente (Figura 2). Si bien el tratamiento de control de la maleza no llegó a repercutir en el rendimiento del cultivo, sí habría permitido que el llenado de granos se lleve a cabo bajo la supresión de la maleza (Figura 2).

Respecto al efecto de los tratamientos de fertilización sobre el PMG, no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ; Figura3).



**Figura 2.** Peso de mil granos de trigo (g). Comparación entre los tratamientos con control gramínica y sin control gramínica. Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3.** Peso de mil granos de trigo (g). Tratamientos: SinF=testigo sin fertilizar; 2H=fertilización temprana (en Z12); 2HM=fertilización dividida (Z12 y Z26); M=fertilización al macollaje (Z26); 2HM500=fertilización dividida y alta densidad. Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media.

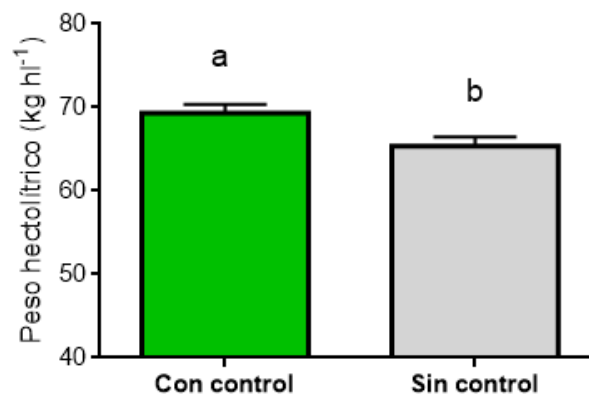
### *Peso hectolítrico*

Si bien como se indicó en la introducción, el rendimiento se define por el número de granos por unidad de superficie y por el peso de esos granos, el peso hectolítrico (PH) es una variable de interés comercial asociada a la calidad del grano de trigo.

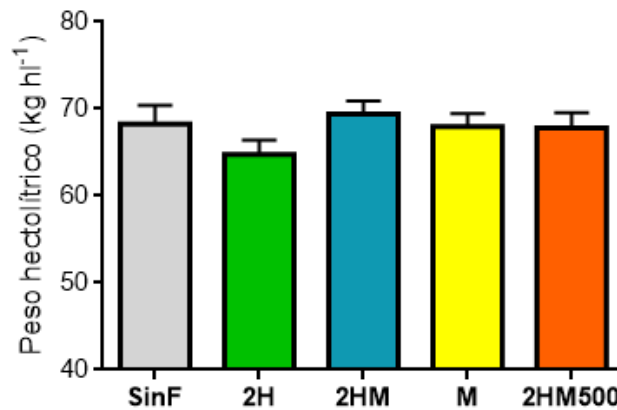
Se observó una diferencia significativa entre los tratamientos con control gramínica en comparación con aquellos que no recibieron aplicación de dichos herbicidas; tal efecto fue detectado en el ANOVA considerando a la fuente de variación *gramínica* como factor principal ( $p < 0,05$ ).

El PH con y sin gramínicas presentó valores medios de 69,32 y 65,37  $\text{kg hl}^{-1}$ , respectivamente (Figura 4). Esto evidencia que la interferencia con *Lolium spp.* afecta el PH del grano de trigo, resultando ser la primera evidencia hallada en la bibliografía.

En cuanto a los distintos tratamientos de fertilización, en consistencia a lo discutido respecto al PMG, no se detectaron efectos sobre el PH (Figura 5).



**Figura 4.** Peso hectolítrico de trigo ( $\text{kg hl}^{-1}$ ). Comparación entre los tratamientos con control gramínica y sin control gramínica. Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 5.** Peso hectolítrico de trigo (kg hl<sup>-1</sup>). Tratamientos: SinF=testigo sin fertilizar; 2H=fertilización temprana (en Z12); 2HM=fertilización dividida (Z12 y Z26); M=fertilización al macollaje (Z26); 2HM500=fertilización dividida y alta densidad. Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media.

#### *Proteína en grano*

Otro parámetro de calidad de grano y de interés comercial por el impacto sobre bonificaciones ó deducciones en el precio, es el contenido de proteína en grano. Al analizar tal variable, se observó una interacción doble entre el empleo de graminicidas y los tratamientos de fertilización ( $p < 0,05$ ).

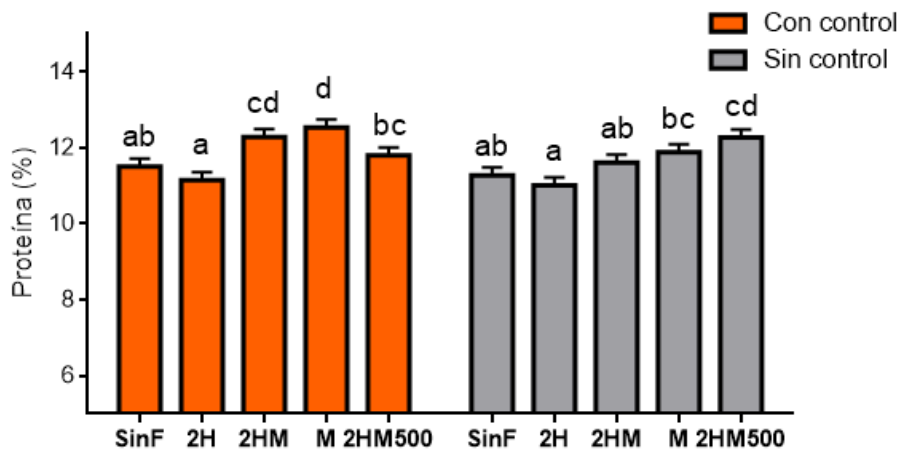
Los tratamientos de fertilización con valores más bajos fueron ambos con fertilización temprana, con y sin control graminicida (11,15 y 11,01%, respectivamente) (Figura 6). La disponibilidad temprana de N no habría llegado a impactar en la calidad del grano, proceso que ocurre hacia el tercio final del ciclo del cultivo (Slafer *et al.*, 2003).

Por el contrario, el mayor nivel proteico en grano fue logrado con el tratamiento de fertilización al macollaje con control graminicida, alcanzado un contenido de 12,53% de proteína. Sin diferir significativamente de ese tratamiento, la fertilización dividida aplicada en dos hojas y pleno macollaje, mostró similares niveles de proteína siempre que se empleó graminicida (Figura 6).



Cuando la dosis de N fue dividida, pero el cultivo se sembró en doble densidad y con empleo de graminicidas, el impacto de la fertilización no repercutió en el porcentaje de proteína (comparado al tratamiento sin fertilizar, Figura 6). Vale destacar que tal tratamiento mostró un rendimiento significativamente mayor (Figura 1) y esto habría condicionado la calidad del grano. Es conocida la correlación negativa entre ambas variables: rendimiento vs. calidad (Slafer *et al.*, 2003).

Sin embargo, cuando no se empleó graminicidas, se encontró que los mayores niveles de proteína se lograron con el tratamiento de fertilización dividida y alta densidad de siembra (Figura 6). Esto demostraría el impacto de dos prácticas de manejo (ajuste de densidad de siembra y fertilización) para modular la interferencia del ryegrass frente al trigo.



**Figura 6.** Cantidad de proteína en grano de trigo (%). Tratamientos: SinF=testigo sin fertilizar; 2H=fertilización temprana (en Z12); 2HM=fertilización dividida (Z12 y Z26); M=fertilización al macollaje (Z26); 2HM500=fertilización dividida y alta densidad. Cada uno con control graminicida (barras en rojo) y sin control graminicida (barras en gris). Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

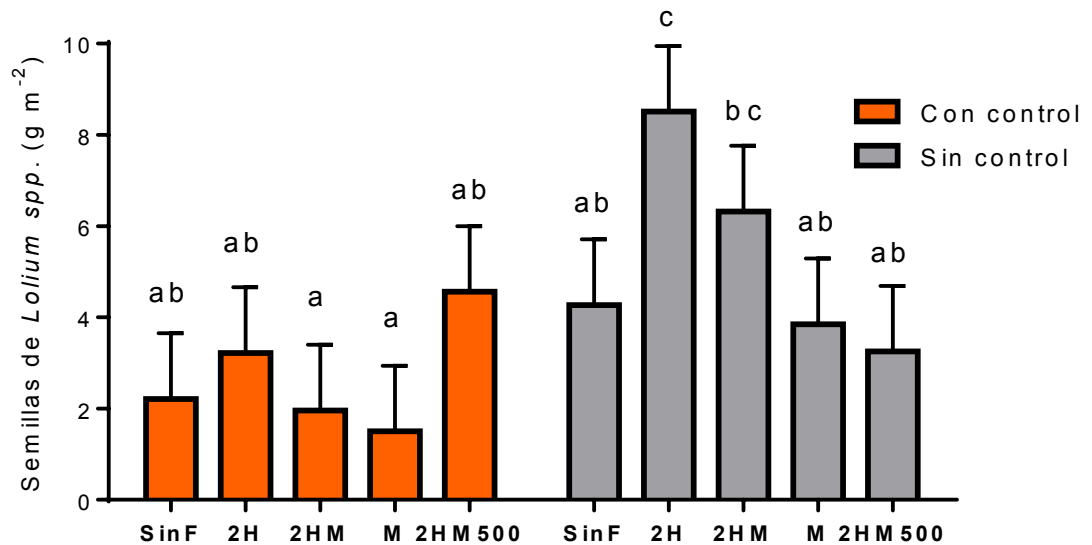
En resumen, podría indicarse que una aplicación tardía tiene altas probabilidades de brindar un buen nivel de proteína. No obstante, lo positivo de aplicar dosis divididas sería la posibilidad de mantener los niveles de proteína y rendimiento, y evitar que en la competencia con ryegrass, sea la maleza el componente más eficiente para captar el N. En aplicación tardía en macollaje, se observaron buenos niveles de proteína en grano, se mantuvo el rendimiento, pero el ryegrass habría resultado más agresivo frente al recurso limitante.

#### *Producción de semillas de Lolium perenne*

Al analizar la producción de semillas de ryegrass, ésta mostró interacción entre los distintos tratamientos de fertilización y el control con graminicidas ( $p < 0,05$ ). El menor valor de semillas se obtuvo en el tratamiento de fertilización al macollaje con control graminicida, produciendo  $1,50 \text{ g m}^{-2}$ . Sin embargo, ese valor no fue significativamente diferente de los demás tratamientos de fertilización siempre y cuando se hayan empleado graminicidas (Figura 7).

La mayor producción de semillas de *Lolium perenne* tuvo lugar cuando no se aplicaron graminicidas y la fertilización se realizó tempranamente, alcanzando  $8,51 \text{ g m}^{-2}$  (Figura 7). Sin diferenciarse significativamente de ese tratamiento, la fertilización dividida también impactó en la producción de semillas de ryegrass (Figura 7). Interesantemente, la fertilización temprana no sólo conlleva a un mayor número de granos de trigo por  $\text{m}^2$ , si no también tendría similar efecto en la generación de semillas de *Lolium perenne*. Esto se evidencia a partir de la menor producción relativa de semillas bajo el tratamiento sin fertilización y sin control con graminicidas (Figura 7).

Por último, sin empleo de graminicidas se advierte que, al incrementar la densidad de siembra de trigo, el cultivo resultaría más competitivo frente a la maleza. En tales condiciones la fertilización dividida no llegaría a estimular la producción de ryegrass, difiriendo significativamente del tratamiento de fertilización temprana (2HM vs 2H y 2HM500 vs 2H; Figura 7). En el mismo sentido, la alta densidad de siembra mostró estabilidad en la producción de semillas de ryegrass, más allá del empleo ó no de graminicidas (Figura 7).



**Figura 7.** Cantidad de semillas de *Lolium spp.* (g m<sup>-2</sup>). Tratamientos: SinF=testigo sin fertilizar; 2H=fertilización temprana (en Z12); 2HM=fertilización dividida (Z12 y Z26); M=fertilización al macollaje (Z26); 2HM500=fertilización dividida y alta densidad. Cada uno con control graminicida (barras en rojo) y sin control graminicida (barras en gris). Se muestran los valores promedio, las barras verticales representan el error estándar de la media. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

La fertilización nitrogenada impacta en la interacción cultivo-maleza y se ha señalado que la alta disponibilidad de N genera un ambiente propicio para la maleza y, en tales circunstancias, resulta ser más agresiva frente al cultivo (Di Tomasso, 1995). Scursioni *et al.* (2012) ha demostrado que la fertilización nitrogenada estimula procesos de enmalezamientos de *L. multiflorum*, pero no debido al incremento de la densidad de plantas de la maleza, si no por incrementar la producción de biomasa aérea y por ende su agresividad frente al trigo.

No obstante, modificando las estrategias de fertilización sería posible reducir el efecto perjudicial de ryegrass en el crecimiento y rendimiento de cereales de invierno, maximizando la habilidad competitiva de los cultivos.

Debido a que la captación de N en trigo es menos eficiente una vez iniciado el macollaje, estaría en desventaja frente a la maleza que produce macollos de manera continua, por lo que sería estimulada por aplicaciones tardías de N (Davidson, 1984).

Una estrategia de fertilización nitrogenada temprana (Z12) permitiría que el cultivo capte el nutriente estimulando su crecimiento cuando *L. perenne* recién se encontraría emergiendo. Sin embargo, limitar la fertilización a una única aplicación temprana, atentaría con la posibilidad de obtener un cultivo de trigo de alto rendimiento y adecuada calidad (Slafer *et al.*, 2003). Incluso, como se demostró en el presente trabajo, una única fertilización en Z12 estimuló la producción de semillas de la maleza. Por lo tanto, la fertilización dividida en dos aplicaciones en Z12 y Z26, sería una alternativa para regular la disponibilidad de N en función de los requerimientos del cultivo, minimizando la captación por parte del ryegrass. En tal sentido, los niveles de proteína en grano demuestran que la fertilización dividida permitió mantener la calidad del trigo y minimizar la producción de semillas de *L. perenne*.

Considerando que el MIM lleva a reducir el impacto de las malezas al favorecer al cultivo en la interacción, la combinación de una fertilización dividida con la duplicación de la densidad de siembra de trigo, se presenta como una alternativa que potenciaría la agresividad del cultivo frente a *L. perenne*. En el presente trabajo se demostró que los mayores rendimientos se lograron ajustando el momento de fertilización (dividida en Z12 y Z26) e incrementando la densidad del cultivo a 500 pl m<sup>-2</sup>.

El efecto de la elevada densidad de trigo sobre el ryegrass ha sido recientemente comunicado y se ha propuesto como una interesante alternativa de manejo en planteos de ajuste de densidad de siembra por ambientes (Yanniccari *et al.*, 2018). En tal caso, el ambiente donde duplicar la densidad de siembra estaría definido por aquellos sitios de alta densidad de ryegrass dentro de un mismo lote (comúnmente llamados “manchones” o “bancos”).

Por último, si bien el control químico resultó ser ineficaz como única herramienta para el manejo de *L. perenne* resistente a herbicidas, no se puede descartar dentro de un MIM. Se demostró que el uso de graminicidas favoreció

la calidad de trigo reflejada en mayor PMG, PH y porcentaje de proteína en grano y, a su vez, permitió reducir la producción de semillas de la maleza.

## CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos y analizados, la evidencia demuestra que el momento de la fertilización nitrogenada tiene impacto en la interacción trigo-*Lolium perenne*, aceptando la hipótesis planteada. Se pudo comprobar que los tratamientos con fertilización dividida tuvieron mejor desempeño en los niveles de rendimiento y calidad del trigo. Al mismo tiempo se asociaron con una menor producción de semillas de ryegrass, simiente que daría origen al proceso de enmalezamiento de la campaña siguiente.

Se determinó el impacto de *L. perenne* no sólo sobre el rendimiento del cultivo si no sobre diferentes parámetros de calidad de grano de trigo. Estos resultados resultan interesantes frente a la escasa información nacional e internacional al respecto.

El ajuste del momento de fertilización nitrogenada mostró un efecto aditivo con el incremento de la densidad de siembra de trigo, es decir, ambas prácticas se pueden combinar para suprimir al ryegrass sin evidenciar efectos pleiotrópicos negativos (asociados a la competencia intraespecífica) sobre el rendimiento y calidad de trigo.

Los resultados del presente trabajo se plantean como estrategias de manejo agronómico dentro del MIM, donde en conjunto con otros métodos de control como el empleo de herbicidas, permitirían favorecer al cultivo en detrimento de la maleza.

## BIBLIOGRAFIA

**Abbate, P.E. 2017.** Bases ecofisiológicas del manejo del cultivo de trigo en la región pampeana. En: Manual del Cultivo de Trigo. Editores: Divito, G.A. y García, F.O. IPNI. Buenos Aires; pp. 22-52.

**Acciaresi, H.; Chichidimo, H. y Sarandón, S. 2003.** Shoot and root competition in a *Lolium multiflorum*-wheat association. *Biological Agriculture and Horticulture* 21:15-33.

**Acciaresi, H.; Sobrero, M.T. y Leguizamón, E. 2014.** Interacción maleza-cultivo I. En *Malezas e invasoras de la Argentina*. Fernández, O.; Leguizamón, E.; Acciaresi, H. (Eds). Editorial de la UNS. 945pp.

**Agostinetto, D.; Tarouco, C.P.; Langaro, A.C.; Gomes, J. y Vargas, L. 2017.** Competition between wheat and ryegrass under different levels of nitrogen fertilization. *SBCPD. PD vol. 35*.

**Alkamper, J. 1976.** Influence of weed infestation on effect of fertilizer dressings. *Pflanzen-Nachr. Bayer* 29:191-235.

**Ampong-Nyarko, K. y De Datta, S.K. 1993.** Effects of nitrogen application on growth, nitrogen use efficiency and rice-weed interaction. *Weed Research* 33:269-276.

**Blackshaw, R.E.; Molnar, L.J. y Henry Janzen, H. 2004.** Nitrogen fertilizer timing and application method affect weed growth and competition with spring wheat. *Weed Sci.* 52: 614-622.

**Bolsa de Comercio de Rosario, 2018.** Informe especial mensual sobre cultivos. GEA. Año IX. N°105.

**Borger, C.P.D; Hashem, A. y Powles S.B. 2015.** Manipulating crop row orientation and crop density to suppress *Lolium rigidum*. *Weed Research* 56, 1:22-30.

**Cabrera, A. y Zardini, E. 1978.** Manual de la flora de alrededores de Buenos Aires. Segunda edición. Ed. ACME. Buenos Aires. 755pp.

**Carlson, H.L. y Hill, J.E. 1986.** Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: Effects of nitrogen fertilization. *Weed Sci.* 34:29-33.

**Cena, M.; Acciaresi, H. 2018.** Uso de variedades competitivas de trigo para el manejo de malezas en el noroeste bonaerense. II Congreso Argentino de Malezas: 259.

**Champion G.T.; Froud-Williams R.J. y Holland J.M.** 1998. Interactions between wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar, row spacing and density and the effect on weed suppression and crop yield. *ABB*. 133, 443-453.

**Chauhan, B.; Gill, G.** 2014. Ecologically based weed management strategies. En: Recent advances in weed management. Chauhan, B. y Mahajan, G. (Eds.). Springer. 411pp.

**Davidson, S.** 1984. Wheat and ryegrass competition for nitrogen. *Rural Res.* 122:4-6.

**Díaz Zorita, M.** 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS, Mar del Plata, Argentina.

**Diez de Ulzurrun, P y Leaden, M.** 2012. Análisis de la sensibilidad de biotipos de *Lolium multiflorum* a herbicidas inhibidores de la enzima ALS, ACCasa y glifosato. *Planta Dan.* 30: 667-673.

**Di Tomasso, J.M.** 1995. Approaches for Improving Crop Competitiveness through the Manipulation of Fertilization. *Weed Sci.* 43 No. 3:491-497.

**Divito, G.A.; Correndo, A.A. y García, F.O.** 2017. La nutrición del cultivo de trigo. En: Manual del Cultivo de Trigo. Editores: Divito, G.A. y García, F.O. IPNI. Buenos Aires; pp. 67-84.

**Echeverría, H.E.; Barbieri, P.A.; Sainz Rozas, H. y Covacevich, F.** 2004. Métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en trigo en el sudeste bonaerense. Congreso A Todo Trigo. FCEGAC. Pp 185-191p. Mar del Plata.

**Fischer, R.A.** 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci. Camb.* 105:447-461.

**García, F.O.** 2007. Requerimientos nutricionales del cultivo: respuestas a la fertilización. En: Producción de Trigo. Editor: Satorre, E. AACREA. Buenos Aires; pp. 37-44.

**García, F.O.; Fabrizio, K.P; Berardo, A. y Justel, F.** 1998. Fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba, Argentina.

**Gigón, R. y Yannicari, M.** 2018. Evaluación de sensibilidad a diferentes herbicidas en poblaciones de *Lolium spp.* del centro sur de la provincia de Buenos Aires. II Congreso Argentino de Malezas: 69.

**Goemmers, C.M.M.; Visser, E.J.W.; Onge, K.R.S.; Voeselek, L.A.C.J. y Pierik, R.** 2013. Shade tolerance: when growing tall is not an option. *Trends Plant Sci* 18:65-71.

**Iqbal, J. y Wright, D.** 1997. Effects of nitrogen supply on competition between wheat and three annual weed species. *Weed Research*, 37:391-400.

**Inda Armendía, L. A.** 2005. El género *Lolium*. Claves dicotómicas. *Revista Real Academia de Ciencias*. Zaragoza 60:143-155.

**Istilart, C.; Forján, H.; Yanniccari, M.; Manso, L.** 2018a. Dinámica de malezas en 18 años de rotaciones de cultivos en la región sur de la Provincia de Buenos Aires. II Congreso Argentino de Malezas: 280.

**Istilart, C.; Yanniccari, M.; Di Pane, F.** 2018b. Efecto combinado del sistema de labranza y la aplicación de imidazolinonas en el control de *Lolium perenne* resistente a glifosato y *Avena fatua* en trigo CL. II Congreso Argentino de Malezas: 284.

**Istilart, C y Yanniccari, M.** 2012. Análisis de la evolución de malezas en cereales de invierno durante 27 años en la zona sur de la pampa húmeda argentina. *Revista Técnica Especial: Malezas problema (Aapresid)*, 47-50.

**Jeangros, B. y Nosberger, J.** 1990. Effects of an established sward of *Lolium perenne* L. on the growth and development of *Rumex obtusifolius* L. seedlings. *Grass and Forage Sci.* 45:1-7.

**Liebman, M. y Robichaux, R.H.** 1990. Competition by barley and pea against mustard: Effects on resource acquisition, photosynthesis and yield. *Agric. Ecosystems Environ.* 31:155-172.

**Moody, K.** 1981. Weed-fertilizer interactions in rice. *International Rice Research Institute (IRRI), Int. Rice Paper Ser. No. 68*, 35p.

**Neve, P. y Powles, S.** 2005. High survival frequencies at low herbicide low rates in populations of *Lolium rigidum* result in rapid evolution of herbicide resistance. *Heredity* 95:1791-1799.

**Peterson, D.E. y Nalewaja, J.D.** 1992. Environment influences green foxtail (*Setaria viridis*) competition with wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Technol.* 6:607-610.

**Satorre, E.H. y Slafer, G.A.** 1999. Wheat production systems of the Pampas. *Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination*. FPP, pp. 333-343.

**Scursoni, J.A., Palmano, M; De Notta, A. y Delfino, D.** 2011. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) density and N fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. *Crop Protection* 32:36-40.



**Slafer, G.A.; Kantolic, A. y Miralles, D.J.** 2003. ¿Para qué estudiar las bases de la generación del rendimiento? En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Ed. FAUBA. Buenos Aires.

**Vigna, M.; López, R y Gigón, R.** 2008. Efecto de Glifosato sobre cultivares de Raigrás en el SO de Buenos Aires. XII Congreso latinoamericano malezas. Ouro Preto – Brasil.

**WSSA.** 1998. "Herbicide resistance" and "herbicide tolerance" defined. Weed Technology 12:789.

**Yanniccari, M. y Acciaresi, H.** 2013. Perennial weeds in Argentinean crop systems: biological and ecological characteristics and basis for a rational weed management. En Agricultural Research Updates Vol. 5. Gorawala, P. y Mandhatri, S. (Eds.). Nova Science Publishers, Inc. 176pp.

**Yanniccari, M.; Istilart, C.; Giménez, D. y Castro, A.M.** 2012. Glyphosate resistance in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) from Argentina. Crop Protection 32: 12-16.

**Yanniccari, M.; Sánchez, M.; Istilart, C.; Acciaresi, H.** 2018. Efecto de la densidad de siembra del cultivo en la interacción trigo-*Lolium perenne* resistente a herbicidas. II Congreso Argentino de Malezas: 328.

**Zerner, M.C.; Gill, G.S. y Vandeleur, R.K.** 2008. Effect of height on the competitive ability of wheat oats. Agron J100:1729-1734.

**Zimdahl, R. L.** 1996. Manejo de malezas en trigo y cebada. Extraído de: Manejo de malezas para países en desarrollo (Estudio FAO Producción y Protección Vegetal – 120). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Cap. 13.