

**“Vigor inicial de cuatro variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.)
y su incidencia en la habilidad competitiva de ryegrass perenne
(*Lolium perenne* L.) resistente a glifosato”**

**Tesis presentada para optar al Título de Magister Scientiae de la
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.**

Universidad Nacional de La Plata.

Marcelo Sánchez



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Director: Dr. (M.Sci) Horacio Acciaresi

Co-Director: Dr. Marcos Yannicari

Evaluadores:

Dr. Ing. Agr. Eduardo Puricelli

Dra. Ing. Agr. Betina Kruk

Ing.Agr. MSc.Mario Vigna

6 de Julio de 2020

Agradecimientos

Agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) por haberme brindado la formación que me otorgó el título de grado. Al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) por el soporte económico para la realización de este trabajo. A la Chacra Experimental de Barrow (MAI BA-INTA) por facilitar sus instalaciones para la realización de los experimentos.

Deseo agradecer especialmente a las siguientes personas que considero han sido muy importantes durante el transcurso de este trabajo:

- A mi director, Dr. Horacio Acciaresi, por sus aportes constantes de conocimientos y apoyarme desde el primer momento.
- A mi codirector, Dr. Marcos Yannicari quien me brindó sus conocimientos y ayuda, agradeciendo muy profundamente su acompañamiento durante toda esta etapa.
- A la Ing. Agr. Silvia Passalacqua por su impulso para presentar y finalizar el presente trabajo.
- A los evaluadores, quienes me aportaron sus conocimientos y enriquecieron el contenido de la tesis.
- A mis colegas del SENASA por sus aportes y brindarme su compañerismo diario.
- A mi familia, mi mujer Patricia e hijos Lautaro y Juan Martín por su incondicional apoyo y en especial por su paciencia para la presentación de esta tesis.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
<i>De especies cultivadas a maleza.....</i>	3
<i>Descripción y ciclo de vida de Lolium perenne.....</i>	4
<i>Resistencia a herbicidas del género Lolium spp.....</i>	6
<i>Interferencia con el cultivo de trigo.....</i>	7
<i>Competencia y alelopatía.....</i>	8
<i>Del control químico al manejo integrado.....</i>	9
<i>Manejo Integrado de Malezas.....</i>	10
<i>Habilidad competitiva y Manejo Integrado de Maleza.....</i>	11
<i>El mejoramiento genético de la habilidad competitiva de los cultivos.....</i>	12
<i>Habilidad competitiva y la densidad de siembra.....</i>	14
<i>La capacidad competitiva del cultivo.....</i>	15
<i>Objetivos generales y específicos.....</i>	19
<i>Hipótesis.....</i>	19
GENOTIPOS Y MÉTODOS.....	20

<i>Descripción del sitio de estudio.</i>	20
<i>Descripción del experimento.</i>	20
<i>Parámetros evaluados.</i>	23
<i>Materia seca aérea del cultivo.</i>	23
<i>Altura de plantas.</i>	23
<i>Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).</i>	24
<i>Intercepción de radiación por el canopeo.</i>	24
<i>Producción en grano de trigo.</i>	24
<i>Capacidad reproductiva.</i>	25
<i>Número de macollos.</i>	25
<i>Caracterización climática de los dos años de ensayo.</i>	25
<i>Rendimiento relativo total.</i>	25
<i>Habilidad competitiva.</i>	26
<i>Análisis estadístico.</i>	26

<i>Aspectos climáticos de las campañas 2017/18 y 2018/19</i>	27
RESULTADOS.....	28
DISCUSIÓN.....	43
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	61

INDICE DE TABLAS

-Tabla 1: Detalle de los tratamientos: cultivares empleados, densidades de siembra y control de la maleza ó interferencia con <i>Lolium perenne</i>	22
-Tabla 2: Número promedio de macollos de cada cultivar de trigo en las tres densidades de siembra evaluadas a diferentes días desde la siembra (DDS) bajo interferencia con <i>Lolium perenne</i> y con control de la maleza.	29
-Tabla 3: Biomasa aérea (gramos de materia seca por planta) de cada cultivar de trigo en las tres densidades de siembra evaluadas a diferentes días desde la siembra bajo interferencia con <i>Lolium perenne</i> y con control de la maleza.	31
-Tabla 4: Rendimiento relativo total (RYT) estimado para cada cultivar para el conjunto de densidades de siembra.	39
-Tabla 5: Agresividad de los cultivares de trigo.	39
-Tabla 6: Agresividad de tres densidades de siembra de trigo frente a la maleza estimada para el conjunto de cultivares sembrados a 125, 250 y 500 plantas m ⁻²	40

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Evolución del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) del cultivo de trigo sembrado a las diferentes densidades en interacción con *Lolium perenne*. 32
- Figura 2: Intercepción de radiación fotosintéticamente activa (%) de cada cultivar de trigo sembrado a una densidad de 125, 250 y 500 pl m⁻² con control de *Lolium perenne* 34
- Figura 3: Altura final de los cultivares evaluados. 35
- Figura 4: Producción en grano (variable) de cuatro variedades de trigo (ACA315, Klein Serpiente, Baguette10 y Baguette31) en monocultura y enmalezado. 37
- Figura 5: Rendimiento de trigo bajo la densidad de siembra de: 125, 250 y 500 plantas m⁻² para el conjunto de las variedades evaluadas, con y sin control de *L. perenne*. 38
- Figura 6: Semillas de *L. perenne* producidas en interacción con el cultivo de trigo para el conjunto de variedades, sembrado a razón de 125, 250 y 500 plantas m⁻². 41
- Figura 7: Semillas de *Lolium perenne* producidas en interacción con cada cultivar de trigo evaluado para el conjunto de densidades de siembra. 42

INDICE DE FOTOS

- Foto 1. Control pre-emergente de *L. perenne* en tratamientos libre de la maleza (centro) y tratamientos de trigo en interacción con *L. perenne*. 23
- Foto 2. Parcelas de cultivar ACA 315 a las tres densidades de siembra evaluadas en interacción con *L. perenne* a 50 días desde la siembra. 44
- Foto 3. Cultivares de trigo al momento de cosecha, evaluados en interacción con *L. perenne*: sembrados a 250 pl m⁻²(arriba) y 500 pl m⁻²(abajo). 47
- Foto 4. Efecto del incremento de la densidad de siembra en la formación del canopeo del cultivo de trigo y la supresión de *L. perenne* a 130 días desde la siembra. 51

RESUMEN

La presencia de ryegrass (*Lolium perenne* L.) resistente al herbicida glifosato es una problemática creciente en el sur de la provincia de Buenos Aires, principalmente en los cultivos de invierno, trigo y cebada. Dado el contexto actual donde la utilización de herbicidas como herramienta predominante para el control de malezas en los cultivos, ha complejizado la problemática por la aparición creciente de poblaciones de ryegrass con resistencia múltiple, se deberían implementar diferentes estrategias como una herramienta útil en el marco del manejo integrado de malezas. En este sentido, se propuso entre los objetivos del presente trabajo, i) establecer la incidencia del vigor inicial de cuatro variedades de trigo en la habilidad competitiva con *L. perenne* resistente a glifosato y ii) analizar el efecto de la densidad de siembra del cultivo sobre la interferencia de la maleza *L. perenne*. El experimento consistió en evaluar durante dos años consecutivos el comportamiento de cuatro cultivares de trigo sembrados a tres densidades distintas (125, 250 y 500 plantasm⁻²) frente a la competencia con *L. perenne*. Las variedades de trigo evaluadas mostraron diferencias entre sí cuando se cultivaron en ausencia de la maleza y a la densidad de siembra recomendada de 250 pl.m⁻². Baguette 10 y Baguette 31 mostraron mayor producción de macollos frente a ACA 315 y Klein Serpiente. Éstas últimas presentaron una intercepción de radiación 25% superior a los otros dos genotipos y la maleza en competencia con esos cultivares presentó una disminución de la capacidad reproductiva. El incremento de la densidad de siembra fue el factor de mayor impacto en la interacción trigo – *L. perenne*. Al duplicar la densidad de siembra a 500 plantas.m⁻² se favoreció la habilidad competitiva, en relación de tolerancia a la competencia de las variedades experimentadas, lo que implicó interceptar una mayor proporción de la radiación, una menor reducción de la materia seca aérea y de la producción de granos. En tal sentido es importante destacar esta herramienta de manejo y su potencialidad para ser incluida en una estrategia de manejo integrado de malezas.

Palabras clave: estrategias de manejo, vigor inicial, densidad de siembra del cultivo, capacidad reproductiva de la maleza, Rendimiento relativo total.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, Argentina ha incrementado sus niveles de producción de granos asociado a un proceso de intensificación agrícola. Esto se ha basado en la expansión de la superficie destinada a la producción de cultivo de grano en detrimento de la ganadería, especialmente motivado por incrementos en la productividad de los cultivos debido a la incorporación de avances científico-tecnológicos. Entre ellos, se destacan el mejoramiento genético y las prácticas de manejo de cultivos (fertilización, riego, la siembra directa y los plaguicidas (Satorre y Slafer, 1999; Grau, 2005; Magrin et al., 2009; Bedmar, 2015).

Gran parte de ese avance de la producción agrícola se ha asociado al incremento del área destinada al cultivo de soja (Giancola et al., 2009). El elevado sinergismo entre la siembra directa, los avances en la maquinaria agrícola nacional, los genotipos de soja transgénicos (OGM) resistentes al herbicida glifosato (RR) y el costo de dicho herbicida contribuyó marcadamente a la expansión de la soja (Satorre, 2005). En ese sentido, el glifosato permitió simplificar el manejo de malezas en ese cultivo (Tuesca, 2007).

Considerando el control químico de malezas, éste ha crecido en forma exponencial, asociado a diversos factores entre ellos, la aparición de nuevos grupos de herbicidas de alta eficacia y cada vez más económicos (Vitta et al., 1999). Si se analiza la incidencia de la utilización de herbicidas en el sector agrícola argentino, se aprecia que dentro del mercado de productos fitosanitarios, éstos lideran el volumen de ventas (mayor 72%) mientras que los insecticidas y fungicidas representan un 14 y un 8% respectivamente.(CASAFE, 2014).

Entre las causas más destacadas que propiciaron el elevado uso de herbicidas en los sistemas extensivos de producción, pueden citarse, la adopción de la siembra directa, la utilización masiva de cultivares resistentes a herbicidas, la maximización de los rendimientos por unidad de superficie junto con el aumento de la superficie de siembra, la inmediatez en la búsqueda de resultados y el incremento sustancial de la forma de explotación mediante arrendamiento y la poca, sino escasa, dedicación al monitoreo de las malezas de los campos bajo agricultura, (Puricelli y Tuesca, 2005; Bedmar, 2015). Conjuntamente con lo anterior, también debe considerarse que la rapidez de acción de los herbicidas, así como el carácter extensivo de su efectividad y

las múltiples opciones disponibles, han posibilitado que el método químico se haya convertido en la herramienta preferida para el manejo de las malezas (Puricelli y Tuesca, 2005). A raíz de tal situación, se ha producido una sobre simplificación de los métodos de control de malezas utilizados actualmente en nuestro país desconociéndose la complejidad de los sistemas agrícolas. (Bedmar, 2015).

En este contexto, los problemas de enmalezamiento pueden ser abordados desde dos enfoques. El primero de ellos, a partir del control de malezas que está fundado en la eficacia de distintas alternativas químicas y mecánicas para reducir los niveles de infestación. En tanto el segundo, el manejo de malezas, que se basa en el conocimiento de la ecología de tales especies espontáneas y, en particular, de aquellas estrategias de las poblaciones que las hacen exitosas en un agroecosistema (Ghersa et al., 2000).

Ghersa et al. (1995) sostienen que el éxito de los programas de manejo de malezas depende en gran medida de la capacidad de predecir diferentes aspectos ecológicos del cultivo y de la maleza, e.g. la emergencia de plántulas y vástagos o el crecimiento y desarrollo comparativo de cada una de las especies y su efecto sobre la competencia. No obstante y pese a ser cuestionado desde un punto de vista ambiental, económico y ético (Radosevich y Ghersa, 1992), el control, especialmente mediante herbicidas, es el paradigma actual en el cual se basa la reducción de las poblaciones de malezas en campos de producción (Mortensen et al. 2000).

La consolidación del modelo productivo basado en la ausencia de labranzas, el empleo de glifosato como principal herbicida aplicado tanto en barbechos como en cultivos y las escasas o nulas rotaciones, siendo la soja RR el cultivo dominante, condujo a una disminución en la diversidad productiva y una reducción sustancial en la abundancia de numerosas especies de malezas (Puricelli y Tuesca, 2005; de la Fuente et al., 2006; Tuesca et al., 2007). Se ha demostrado que la intensa adopción de determinada alternativa de manejo, a menudo resulta en cambios en las especies que componen la comunidad de malezas (Culpepper, 2006; Mas et al., 2010). Estos cambios suelen modificar la dominancia de especies susceptibles a especies tolerantes o resistentes a tal práctica, siendo observable tanto bajo la acción del control químico como de otras alternativas de manejo (Aldrich y Kremer, 1997).

Desde hace décadas, *Lolium multiflorum* L. y *L. perenne* L. (ryegrass anual y perenne, respectivamente), se encuentran formando parte de las comunidades de malezas del sur de la provincia de Buenos Aires (Cabrera, 1970). Ambas especies han resultado ser importantes malezas presentes en los barbechos y cereales de invierno como trigo y cebada. A partir de la intensificación en el uso de herbicidas, ciertas poblaciones del sur bonaerense han mostrado resistencia a tanto a glifosato como a graminicidas, resultando una malezas de difícil control (Vigna et al., 2008; Yanniccari et al., 2012; Gigón y Yanniccari, 2018).

De especies cultivadas a malezas

Según Jenkin (1951, 1959), las variedades de *L. perennese* originaron en la región Mediterránea o en el oeste de Asia y luego las distintas variantes se han diferenciado por acumulación de mutaciones. Desde su zona de origen se ha dispersado por regiones templadas de todo el mundo (Balfourier et al., 2000). Las especies de ryegrass más importantes agrónomicamente han sido *L. perenne* y *L. multiflorum*, tanto por sus características forrajeras (i.e. rápida implantación, extendido período de crecimiento vegetativo y elevada producción de biomasa de alta calidad) (Polok, 2007), como por ser componentes de céspedes. En particular en la región pampeana argentina estas especies han sido ampliamente cultivadas en sistemas ganaderos o agrícolas-ganaderos, llegando a naturalizarse en amplias zonas (Cabrera, 1970). Sin embargo, esas mismas especies son malezas trascendentes cuando están presentes en áreas productivas con objetivos diferentes a los descritos anteriormente (Polok, 2007).

Desde el año 1985, en el sur de la provincia de Buenos Aires la superficie asignada a cultivos de cosecha se ha incrementado un 30 %, mientras que la ganadería ha sido desplazada a suelos menos productivos (Duhalde et al., 2012). En este escenario, las especies de *Lolium* spp. resultan ser importantes malezas en los sistemas agrícolas (Catullo, 1982; Istilart, 1991; Istilart y Yanniccari, 2011). Analizando censos florísticos de la mencionada zona, se encontró que el género *Lolium* spp., mantuvo su nivel de constancia por encima del 50 % en áreas cultivadas durante el período 1981-2008 (Istilart y Yanniccari, 2012).

Descripción y ciclo de vida de *Lolium perenne*

Lolium perenne es una gramínea anual C3, hábito cespitoso, con alta producción radical, aérea y semillas comparado a otras especies perennes de importancia forrajera. El ryegrass presenta un ciclo otoño-invierno primaveral. Como en otros procesos de enmalezamiento, el ciclo puede ser dividido en dos fases: i) establecimiento y ii) regeneración (Gigon et al. 2017). En el sur de la provincia de Buenos Aires, la fase de establecimiento se inicia cuando la maleza germina y emerge con las primeras lluvias otoñales, pero previamente las semillas requieren haber perdido la dormición condicionada por el tiempo térmico postmaduración (Steadman et al., 2003)

El individuo adulto alcanza una altura de hasta 80 cm, sus hojas de prefoliación conduplicada (plegada en dos a lo largo de la nervadura) presentan láminas de 20 y 30 cm de largo y hasta 6 mm de ancho. Forma rizomas cortos a partir del enraizamiento de nudos basales. Las inflorescencias, normalmente, no presentan ramificaciones, alcanzando hasta 20 cm de largo. En ellas portan entre veinte y treinta espiguillas de hasta diez flores cada una, cuyas lemmas no tienen aristas. El largo de las espiguillas sobrepasa en un tercio al largo de la gluma. Durante la etapa reproductiva, la planta sigue produciendo macollos que rodean a los culmos florecidos (Cabrera y Zardini, 1978; Jung et al., 1996; Inda Aramendía, 2005).

Es una especie alógama con abundante producción de semillas, de excelente resiembra natural y con una ocurrencia de flujos sucesivos de emergencias que van desde principios de otoño hasta la primavera. Presenta características morfo-fisiológicas similares al trigo siendo esto típico de una maleza mimética, y un ciclo que muestra el mismo desarrollo que presenta el trigo pero con una producción de biomasa concentrada hacia el final de invierno principios de la primavera (Cousens, 1996).

Potencialmente, la producción de semillas de un individuo podría llegar hasta las 12 mil semillas (Pop et al., 2010) mientras que en condiciones de campo, en la región pampeana se han registrado producciones de 1500 a 7500 semillas por planta dependiendo de la sensibilidad a glifosato y de las condiciones hídricas y nutricionales del lote (Yanniccari et al., 2016). En este sentido, Scursioni et al. (2012) demostraron que la fertilización nitrogenada destinada a incrementar la producción de trigo, estimula la fecundidad individual de plantas de ryegrass.

Desde fines de la primavera y durante el verano, las semillas de *L. perenne* se incorporan en el banco de propágulos del suelo. En la temporada estival, las tasas de crecimiento de *L. perenne* disminuyen y la senescencia avanza en los órganos aéreos, en tanto los órganos subterráneos se mantienen en latencia (Yanniccari y Acciaresi, 2013). Hacia la nueva estación de crecimiento, con las primeras lluvias, esas plantas rebrotan vigorosamente y, a su vez, nuevas semillas germinan para iniciar el ciclo (Yanniccari y Acciaresi, 2013)

Una proporción del banco de semillas del suelo permanece sin germinar, aún después de las primeras lluvias (Lodovichi y Yanniccari, 2018). Estas características hacen que la maleza presente un banco de semillas de tipo transitorio, donde la mayor proporción de los propágulos no permanecen viables en el campo por más de dos años. Al comenzar la fase de establecimiento, la tasa de crecimiento de las plántulas es inicialmente baja, pero cuando la planta expande su cuarta hoja, se inicia el período de macollaje y la tasa se incrementa (Yanniccari y Acciaresi, 2013).

Al finalizar el verano y durante el otoño, las condiciones ambientales de temperatura y humedad del suelo, son adecuadas para un rápido crecimiento de la maleza en barbechos ó en lotes de cultivos estivales en cosecha (Lodovichi y Yanniccari, 2018). Durante el invierno, la tasa de crecimiento es baja y las plantas ya establecidas permanecen en macollaje durante la primera mitad de la estación fría, resultando ser una importante maleza al momento de la siembra de cereales de invierno (Lodovichi y Yanniccari, 2018).

En el período de macollaje, *L. perenne* presenta requerimientos de vernalización a diferencia de *L. multiflorum*, pero ambas especies responden a fotoperiodos de días largos para el desarrollo de la inflorescencia (Mac Millan et al., 2005). Posteriormente, comienza la encañazón desde el mes de agosto en adelante. En tal período, las condiciones climáticas propician el incremento de la tasa de crecimiento y con ello la agresividad frente a los cereales de invierno en cuanto a la competencia por recursos edáficos: agua y nutrientes (Lodovichi y Yanniccari, 2018).

Resistencia a herbicidas del género *Lolium* spp.

Existen tres especies alógamas dentro del género *Lolium* spp.: *L. multiflorum*, *L. rigidum* y *L. perenne* (Aramendía, 2005) y son estas especies las que presentan los casos más problemáticos de resistencia a herbicidas a nivel mundial (Preston et al., 2009). Hasta la fecha, entre las poblaciones resistentes informadas se ha demostrado baja sensibilidad a herbicidas de más de diez sitios de acción distintos (Heap, 2019). Como en todos los casos, las malezas resistentes ponen en riesgo la eficacia de tecnologías de control de considerable importancia en el manejo (Powles y Yu, 2010).

En el sur de la Provincia de Buenos Aires las poblaciones de *Lolium* spp. resistentes a glifosato son un problema frecuente en los lotes de producción de trigo y cebada. En 2008, Vigna et al., (2008) comunicaron la resistencia a glifosato de poblaciones espontáneas de *L. multiflorum*. En la misma región y dentro de ese género, la resistencia a glifosato en una población de *L. perenne*, fue comunicada al año siguiente (Yanniccari et al., 2009; 2012). Actualmente, varias poblaciones de ryegrass presentan individuos resistentes a más de un herbicida de diferente modo de acción (inhibidores de acetohidroxiácidosintasa (AHAS/ALS) y de acetyl-CoAcarboxilasa (ACCase), además de glifosato (Diez de Ulzurum y Leaden, 2011; Gigón y Yanniccari, 2018).

Estudiando una veintena de poblaciones problemáticas de *Lolium* spp. de lotes en producción del centro sur de la provincia de Buenos Aires, se encontró que seis modos de acción evaluados, ningún tratamiento pre-emergente ni post-emergente sería suficiente para alcanzar un control superior al 75% en todas las poblaciones. La mayoría de ellas mostraban insensibilidad a herbicidas post-emergentes selectivos en trigo y cebada y la mitad de las poblaciones presentaron resistencia a glifosato (Gigón y Yanniccari, 2018). En los últimos cinco años, el problema de ryegrass resistente a herbicidas se ha incrementado alcanzando una amplia dispersión en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, y Entre Ríos, así como en Uruguay (Aapresid, 2019.)

Interferencia con el cultivo de trigo

El cultivo de trigo se siembra en una amplia región del país, en una superficie estimada de 6,2 millones de hectáreas en la campaña 2018/19 (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2018). Los últimos datos indican que se ha alcanzado una producción nacional de 19 millones de toneladas (Bolsa de Cereales de Buenos Aires, 2019).

La producción lograda es la resultante de la producción potencial, asociada a las características genéticas de los cultivares, menos la reducciones provocadas por adversidades abióticas (edafo-climáticas, principalmente) y las pérdidas asociadas a adversidades bióticas, entre ellas las malezas (Van Ittersum y Rabbinge, 1997). Para el caso de interferencia con *Lolium spp.*, las pérdidas de rendimiento de trigo pueden llegar a ser de hasta el 50% (Lemerle et al., 1996; Acciaresi et al., 2003).

Según Keddy y Weiher (1999) y Tilman (1982), la interacción entre los organismos constituye el proceso clave tanto en la estructura como en la organización de las comunidades vegetales. El término “interacción” involucra efectos positivos (facilitación), neutros, o negativos (interferencia) en la capacidad reproductiva neta de los individuos (Bazzaz, 1996; Roels, 2001). La interferencia entre especies vegetales (i.e. efectos perjudiciales de una planta hacia otra) puede generarse por competencia por recursos aéreos y/o subterráneos o por alelopatía, ambos responsables de la disminución de rendimientos (Appleby et al., 1976; Duke et al., 2001).

Uno de los principales objetivos de los estudios de la interferencia entre el trigo y las malezas ha sido la determinación del resultado que se obtiene de la misma en términos de rendimiento de los cultivos y de producción de materia seca y/o semilla de la maleza. Existen numerosas investigaciones sobre la interferencia que determinan pérdidas de rendimiento importantes por parte del cultivo como consecuencia de la presencia del ryegrass. Experimentos realizados en los estados de Oregon y Washington (Appleby et al., 1976) obtuvieron pérdidas que oscilaron entre un 5% y hasta un 60% dependiendo del cultivar y la densidad de la maleza. También en la misma región (Hashem et al., 1998) estableció pérdidas de hasta un 92% en rendimiento por la misma razón.

Competencia y alelopatía

La competencia es el mecanismo a través del cual las plantas comparten recursos (agua, nutrientes y radiación solar) que están provistos en cantidades insuficientes para satisfacer sus requerimientos combinados, causando la reducción de la supervivencia, del crecimiento o de la capacidad reproductiva de los organismos involucrados (Satorre, 1988). Por otra parte, la alelopatía es definida como un fenómeno de interferencia donde cierta especie libera compuestos bioactivos que provocan un efecto perjudicial sobre otras plantas (Nawaz et al., 2014). Tales aleloquímicos excretados al ambiente, pueden ser directamente liberados por la planta ó generados luego de la metabolización microbiana (Wu et al. 1999).

La interferencia de *Lolium spp.* con trigo ha sido abordada estudiando principalmente el comportamiento de *L. rigidum* y *L. multiflorum* (Appleby et al., 1976; Lemerle et al., 1996; Acciaresi et al., 2003; Amini et al., 2009; Scursioni et al., 2012) y ha relacionado con el proceso de competencia y alelopatía. En el caso de interacciones entre *L. multiflorum* y trigo se ha discriminado la competencia radical y aérea que genera la maleza sobre el cultivo (Acciaresi et al., 2003). La competencia ejercida a nivel subterráneo ha sido asociada a mayores pérdidas en la producción de trigo comparado a la competencia aérea (Acciaresi et al., 2003). A su vez, Scursioni et al., (2012) han demostrado que la fertilización nitrogenada estimula la competitividad de *L. multiflorum* sobre trigo.

Otros estudios han evidenciado efectos alelopáticos en la interacción *L. multiflorum* – trigo, donde exudados radicales afectan el crecimiento de raíces y biomasa aérea del cultivo (Amini et al., 2009). Pese a que la alelopatía es un fenómeno aparentemente común, a menudo está asociado a la competencia y es difícil discriminar los efectos de cada proceso. La purificación e identificación del aleloquímico permite conocer más de tal proceso, sin embargo es un proceso complejo (Leicach, 2006). En el caso de *L. multiflorum* ha sido identificado el ácido bencenopropanoico como uno de los aleloquímicos liberados por la maleza (Guoxi et al., 2008).

A las pérdidas de rendimiento provocadas por la maleza, se le añaden los costos asociados al manejo de la población resistente ya que es necesario emplear métodos como la labranza e incluir mezclas de herbicidas, utilizar principios activos alternativos y medidas culturales (Norsworthy et al., 2012). No menos importante, es el hecho de que el valor de los campos con gran infestación de malezas resistentes suele reducirse significativamente (Norsworthy et al., 2012) y los contratos por arrendamiento se realizan por montos considerablemente menores a otros libres de malezas resistentes. Finalmente, todos estos aspectos repercuten directa o indirectamente en la producción nacional de trigo y cebada (Rubione y Ward, 2016).

Del control químico al manejo integrado

Los sistemas de manejo integrado de plagas tienen su origen en el control de insectos perjudiciales. El uso abusivo de los insecticidas a partir de la segunda guerra mundial creó preocupación por sus efectos sobre el ambiente y la salud humana, motivando el desarrollo de estrategias de manejo que combinen diferentes prácticas de intervención articuladas con el conocimiento de la biología de la plaga y el cultivo (Fernández, 1982).

En el mismo sentido, en el transcurso de pocos años los sistemas agropecuarios de todo el mundo han dependido más del uso de los herbicidas como estrategia casi exclusiva para resolver el problema que representan las malezas. El enfoque del manejo de las malezas como un sistema, en el marco integrado de plagas, puede contribuir al desarrollo de un modelo que permita más de una estrategia para reducir su densidad (Fernández, 1982).

El aumento de los casos de resistencia a herbicidas de distintas malezas, aspectos de seguridad ambiental y la necesidad de reducir costos operativos, han resultado en un creciente interés de reducir el nivel de empleo de agroquímicos destinados al control de adversidades (Bongiovanni et al., 2006; Norsworthy et al., 2012).

Manejo Integrado de Malezas

Ante las desventajas descritas anteriormente de aplicar sólo herbicidas como método de control, es imprescindible pensar en términos de mantenimiento de la sustentabilidad del agroecosistema y de las herramientas de manejo disponibles para reducir la presencia de malezas en los sistemas de producción. Por lo tanto, es necesario realizar una acción planificada y complementaria de los conocimientos y tecnologías disponibles que permitan manejar las comunidades de malezas adecuadamente y en forma sostenida (Bedmar, 2015; Guglielmini et al, 2015). Tal forma de combinación de tecnologías de insumos y procesos se conoce como “manejo integrado de malezas” (MIM). El MIM es entendido como una metodología que permite combinar diferentes tácticas de manejo, donde el uso de herbicidas es una más y no la principal herramienta de acción (Fernández, 1982; Norris et al. 2003).

Entre los pilares del MIM se encuentra la aplicación de conocimientos básicos respecto de las malezas, aspectos del ciclo biológico, la interacción con el cultivo y su dinámica poblacional, a fin de identificar cuáles son los aspectos endebles o débiles de su funcionamiento en los agroecosistemas para establecer estrategias de manejo exitosas y perdurables (Fernández, 1982; Labrada y Parker, 1994). Entre las estrategias que resultan claves para implementar un manejo eficiente a campo, especialmente para malezas resistentes, se destaca: 1) el relevamiento permanente, 2) el manejo competitivo de cultivos, 3) evitar la producción de semillas de la maleza, 4) la rotación de cultivos, y 5) el control químico planificado entre otros (Novelli y Cámpora, 2015).

En este contexto, se requiere el diseño de una estrategia de manejo que considere el proceso de enmalezamiento a partir del conocimiento de la ecofisiología de *L. perenne* y en pos de aumentar la competencia del cultivo hacia la maleza. Este incremento en la capacidad competitiva puede alcanzarse, por un lado, por medio del mejoramiento genético ó la selección de genotipos comerciales competitivos que permita obtener genotipos con mayor habilidad competitiva hacia las malezas (Lemerle et al., 2001) y por otro lado, sin ser excluyente, a través de técnicas de manejo que favorezcan a los cultivos en el proceso competitivo (Acciaresi et al., 2016).

Habilidad competitiva y Manejo Integrado de Malezas

La habilidad competitiva de una especie, genotipo o población es la capacidad para obtener recursos escasos cuando crece en competencia (Satorre, 1988). Puede ser analizada de dos maneras diferentes: la habilidad para tolerar la competencia por las malezas manteniendo su nivel productivo y/o habilidad para suprimir el crecimiento de las mismas. La competencia ejercida por un cultivo puede ser usada como una alternativa para reducir el crecimiento de la maleza, incrementando la mortalidad de la misma, disminuyendo las pérdidas en rendimiento del cultivo y la producción de semilla de la maleza (Cousens y Mokhtari, 1998).

Al incrementar la interferencia del cultivo hacia la maleza será posible reducir la dosis de herbicida a emplear, manejando el nivel de malezas y manteniendo el nivel productivo del sistema. Las interacciones entre organismos han sido consideradas uno de los factores más importantes en la estructura y organización de las comunidades naturales. Así, las interacciones entre plantas involucran tanto los efectos positivos (facilitación) como los neutrales o negativos (competencia) sobre la productividad de plantas vecinas (Bazzaz 1996; Roels 2001).

Booth et al. (2003) establecieron que una especie cultivo que presente mayor habilidad competitiva que la maleza, alcanzará un mayor grado de ajuste al ambiente. De este modo, por ejemplo, si una especie trasloca asimilados a estructuras que favorecen la competencia y por otro, hacia la producción de semillas, verá incrementado su ajuste ambiental respecto de aquella que priorice uno de los dos procesos (Booth et al., 2003). Dado que la mayoría de los individuos requieren los mismos recursos para crecer, evitar la competencia durante el ciclo de vida de las especies puede no ser posible, excepto que los recursos no sean limitantes. Así, los individuos son seleccionados frecuentemente por características que les permiten lograr una mayor capacidad competitiva.

Asimismo, la mayor capacidad competitiva o habilidad competitiva de una especie puede implicar una mayor captación de los recursos compartidos por las especies en competencia o una mayor tolerancia a una carencia de recursos ante un competidor que realiza una mayor captación de recursos (Goldberg y Landa, 1991). De este modo, la habilidad competitiva de una especie puede ser medida bajo dos aspectos diferentes: i) la habilidad para suprimir el crecimiento de otra especie (capacidad supresiva) y ii) la

capacidad para evitar ser suprimido (tolerancia a la competencia o respuesta competitiva) (Goldberg 1990; Cousens y Mohktari, 1998; Jannink et al., 2001).

Acciaresi y Guiamet (2012) determinaron diferencias en la tolerancia a la competencia y la capacidad supresora en una asociación maíz-sorgo de Alepo que crecieron con distintos niveles de competencia por agua edáfica. Estos autores determinaron que cuando las condiciones de humedad se tornaron restrictivas, la capacidad supresora del híbrido de maíz fue inferior a la registrada por las siete poblaciones de *Sorghum halepense* estudiadas. Así, para las diferentes poblaciones de *S. halepense* esta asociación positiva entre tolerancia a la competencia y la habilidad supresiva se manifestó en condiciones de competencia edáfica por agua.

El aumento de la habilidad competitiva relativa del cultivo respecto a la maleza puede ser alcanzado por medio del mejoramiento genético (genotipos de mayor habilidad competitiva), de un manejo nutricional eficiente del cultivo o una adecuada densidad de siembra y/o por los cambios en el arreglo espacial de los planteos de siembra que permitan desplazar el equilibrio competitivo a favor del cultivo (Anderson, 2011; de Abelleira, 2008).

Se han mencionado distintos atributos vegetales capaces de modificar la habilidad competitiva de un cultivo frente a la competencia por recursos subterráneos o aéreos. Así, la densidad y longitud radical, la tasa de captación de agua y la superficie radical suelen ser citados como atributos ligados a una mayor habilidad competitiva por recursos subterráneos. En tanto, el vigor de plántula, la altura del cultivo, la altura del canopeo donde se alcanza el área foliar máximo, el área foliar y la orientación foliar aparecen como atributos vinculados a una mayor habilidad competitiva por radiación solar (O'Donovan y McAndrew, 2000).

Carson et al. (1999) encontraron que el raigrás luego de estar expuesto a un período corto de estrés hídrico incrementa su habilidad competitiva frente al trigo una vez que se mejoran las condiciones hídricas. Esto podría explicarse por una mayor superficie radicular del ryegrass. Es importante destacar que la variación en la habilidad competitiva existe entre especies, entre cultivares de un mismo cultivo o entre poblaciones de una misma especie de maleza. La habilidad competitiva de un genotipo

puede modificarse ya sea por medio del manejo del cultivo (modificación del arreglo espacial o densidad de siembra) o por medio del mejoramiento genético.

El mejoramiento genético de la habilidad competitiva de los cultivos

La selección de variedades competitivas ofrece una opción potencial de bajo costo para incluir dentro de las estrategias del MIM. Si bien hay experiencias donde los cultivares con alto potencial competitivo se han identificado (Lemerle et al., 2001), la competitividad no se ha considerado tradicionalmente como una prioridad para la selección de genotipos en programas de mejoramiento como tampoco por los agricultores al momento de la elección del cultivar a sembrar (Andrew et al., 2015). En Bordenave se evaluó la habilidad competitiva de cultivares de distintos verdeos de invierno sobre ryegrass medido como índice de agresividad, con el fin de identificar aquellos genotipos promisorios para su empleo en cultivos de cobertura y con cortes (Carretto y Vigna, 2016).

Los cultivares más competitivos son una opción para el manejo de malezas, ya que no incurren en ningún costo adicional. Dichos cultivares suelen presentar mayor capacidad de interferir con una maleza mediante la competencia por recursos limitados ó fenómenos alelopáticos (Christensen, 1995; Wu et al., 1999).

Se ha encontrado que los efectos competitivos de *L. multiflorum* sobre trigo varían según las características morfo-fisiológicas del cultivar (vigor inicial, capacidad de macollaje, tamaño y disposición de las hojas, altura en espigazón) y la densidad de la maleza (Acciaresi et. al., 2001). En tanto existen antecedentes que demuestran que la selección de variedades competitivas permitiría una reducción del 50% en los herbicidas empleados en el cultivo de trigo (Travlos, 2012).

Al momento de comparar genotipos, se pueden definir dos aspectos de la competitividad de los cultivares. El primero, es la capacidad del cultivo para reducir la capacidad reproductiva neta de un competidor, y el segundo es la capacidad del cultivo para tolerar el impacto competitivo de la maleza y evitar la pérdida de rendimiento (Goldberg, 1990; Grace, 1990). Como se destacó antes, existen numerosas relaciones entre la capacidad competitiva de un cultivo y ciertos rasgos morfo-fisiológicos como la altura de la planta, la tasa de desarrollo y crecimiento, la arquitectura del canopeo y la partición de recursos (Acciaresi et. al., 2001). Sin embargo, existe divergencia sobre la relación entre la capacidad de supresión y la tolerancia a la competencia. Cousens y Mokhtari (1998)

argumentan que la capacidad de tolerar la competencia y la de suprimir al competidor pueden no estar necesariamente presentes en el mismo cultivar, y varían entre años y sitios.

La importancia de los rasgos de crecimiento vigoroso temprano condicionaría la capacidad competitiva por radiación solar al ser entendida en el contexto de la competencia asimétrica por tamaño. Así, las plantas más grandes tienen mayor capacidad para interceptar radiación solar que un vecino más pequeño cuando compiten por un recurso uniformemente distribuido (Weiner y Thomas, 1986). Esto también se ha demostrado teóricamente a partir de un análisis de sensibilidad de un modelo ecofisiológico de competencia cultivo/maleza que demostró que la elevada tasa de crecimiento inicial, antes de que comience la competencia por los recursos aéreos, es el parámetro más importante para determinar el resultado de la interferencia (Kropff et al., 1992).

En consistencia a esto, otros estudios han encontrado que los cultivares de trigo menos precoces (asociados a una espigazón tardía) resultarían menos tolerantes a la competencia de las malezas, aparejando una mayor pérdida de rendimiento (Huel y Hucl, 1996; Mason et al., 2008) cuando compiten por radiación solar. Los productores a menudo no están dispuestos a retrasar la siembra debido al riesgo de su impacto en el rendimiento, pero estas penalizaciones de rendimiento no serán las mismas en todos los cultivares. El conocimiento de aquellos cultivares capaces de mantener un alto rendimiento cuando se siembran tardíamente hará que esta opción sea más viable, especialmente en combinación con la capacidad de supresión. Los cultivares precoces pueden tener un papel importante para mitigar la pérdida de rendimiento por procesos de enmalezamiento (Andrew et al. 2015).

Habilidad competitiva y la densidad de siembra

El aumento de la competitividad de los cultivos utilizando densidad de siembra más alta es una técnica posible para el manejo de malezas en sistemas de bajos insumos y agricultura orgánica o cuando se desarrolla resistencia a los herbicidas en las malezas (Lemerle et. al 2004; de Abelleira, 2008). Estos autores demostraron en diferentes ambientes del sur de Australia que al duplicar la densidad de siembra normalmente recomendada se suprimió el crecimiento de malezas y por tanto redujo pérdidas en la producción de grano en distintas variedades de trigo. Las diferencias entre cultivares en la pérdida de rendimiento de la competencia con malezas fueron pequeñas, en comparación con las diferencias debidas a la

densidad del cultivo. La adopción de alta densidad de siembra de trigo como parte del manejo integrado de malezas ahora se promueve entre los agricultores de aquel país.

Según Hashem et al. (1998) y Borger et al. (2015), en otras experiencias, reflejan que el aumento de la densidad de trigo no sólo limitó la producción de materia seca aérea de *L. multiflorum* y *L. rigidum*, respectivamente, sino que también redujo la cantidad de semilla producida por tales malezas.

También, la densidad del cultivo ha sido una variante para mejorar la habilidad competitiva de los mismos frente a las malezas, dado que 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).

Otras maneras de incrementar la competitividad de cultivos fueron propuestas, por ejemplo, la colocación de fertilizantes dentro de las hileras de cultivos puede ser eficaz para favorecer el cultivo en lugar del crecimiento de malezas (Di Tomaso, 1995). Este autor sostiene que la adición de inhibidores de la nitrificación o el aumento de la proporción de nitrógeno como amonio o urea en las mezclas de fertilizantes puede restringir el crecimiento de malezas sensibles a amonio o urea. La sincronización de las aplicaciones de fertilizantes puede aprovechar las tasas máximas de absorción de nutrientes en las raíces de los cultivos en etapas específicas de desarrollo. Además, la eficiencia en el uso de nutrientes puede mejorarse al elegir los cultivares apropiados, manteniendo prácticas efectivas de control de malezas o alterar el espacio entre hileras o la densidad de siembra para aumentar la acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en los cultivos.

La capacidad competitiva del cultivo

Existen dos aspectos que integran esta capacidad competitiva que se pueden definir como la habilidad del cultivo para tolerar la competencia por parte de la maleza, y la habilidad para suprimir a la maleza. La habilidad para tolerar se define como la capacidad del cultivo para resistir la pérdida de productividad debido a la competencia por malezas, mientras que la habilidad para suprimir ha sido considerada como la capacidad de los cultivos de afectar la productividad de las malezas (Watson et al., 2006).

La habilidad competitiva medida por el índice de agresividad (McGilchrist y Trenbath, 1971), modificado por Satorre (1988), se expresa mediante la relación entre la producción de biomasa del cultivo y la maleza creciendo en monocultura y en competencia. Es relativa, variando entre especies, cultivares (Lemerle et al. 1996), años y sitios (Cousens et al., 1998).

En el cultivo de cebada la tolerancia a la competencia se ha correlacionado significativamente con la habilidad para competir (Watson et al., 2006). Olesen et al. (2004), por su parte, obtuvieron resultados similares al caracterizar cultivares de trigo mediante índices de tolerancia e índices de supresión. A pesar de la correlación observada, estos autores concluyeron que la capacidad para suprimir fue una medida más consistente entre años y lugares que la habilidad para tolerar competencia (Olesen et al., 2004).

La habilidad para suprimir malezas puede ser cuantificada a través de la biomasa de las malezas creciendo en conjunto con el cultivo y la habilidad para tolerar la competencia puede ser medida a través la habilidad para mantener el rendimiento en condiciones de enmalezamiento (Lemerle et al., 1996).

El cultivo de trigo presenta un período crítico de competencia, i. e. lapso en el cual el cultivo debería permanecer libre de malezas para no sufrir pérdidas significativas de rendimiento, que va desde tres a cinco hojas hasta final de macollaje (Guglielmini et al., 2003). Por tanto, el trigo es más sensible a la competencia durante los primeros estadios hasta que comienza la elongación del tallo (Leguizamón y Puricelli, 2014).

El trigo presentaría la mayor capacidad competitiva frente a *L. perenne* durante el período de macollaje, debido a que sus hojas dominan en el estrato superior del canopeo (Hashem et al., 1998). Este aspecto resulta de sumo interés al momento de diseñar estrategias de manejo de malezas donde la integración de diferentes prácticas agronómicas se dirige a favorecer al cultivo en detrimento de la maleza (Acciaresi et. al., 2001).

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 m², cantidad de granos por espiga y rendimiento (Acciaresi et al., 2003).

Potenciar al cultivo de trigo durante la etapa vegetativa hasta que comienza la elongación de tallos, podría ser una estrategia promisoriosa para contribuir al manejo de ryegrass tratando de interferir en el establecimiento de la maleza. Por ello, considerar el vigor inicial del cultivo sería un factor clave en la interacción trigo-ryegrass. El vigor inicial es definido como un rápido crecimiento de biomasa aérea en las primeras etapas de desarrollo (Clarke et al., 1984; Maydup et al., 2012). En tal sentido, incrementar el vigor inicial del cultivo podría lograrse por dos vías: *a*) elección de cultivares de trigo de alto vigor inicial ó *b*) incremento de la densidad de siembra. A través de ambas vías se propiciaría la producción de materia seca aérea en los primeros estadios del cultivo.

En cuanto a la primera vía, con genotipos con germoplasma nacional y extranjero se ha encontrado variabilidad en cuanto al vigor inicial, reflejado en la producción de mayor área foliar (Maydup et al., 2012). Recientemente, la exigencia de vernalización se ha asociado a un menor vigor inicial (Granberry, 2016). Harris (2015) ha encontrado mayores tasas de crecimiento inicial en genotipos de trigo primaverales respecto a invernales, tales diferencias llegaron a ser del 15% (considerando Z11 hasta Z21) al 45% (de Z11 a Z33). En tal trabajo se concluye que aquellos genotipos que responden a la vernalización acumulan biomasa más lentamente que aquellos genotipos insensibles, asociado a efectos pleiotrópicos de los genes de vernalización (*VRNI*) (Harris, 2015).

En relación con la segunda vía, como se estableció anteriormente, el aumento de la densidad de siembra de los cultivos puede ser utilizado también como herramienta útil para la supresión de malezas (Doll et al., 1995; Watson et al., 2002). La densidad de siembra de trigo para la región del sur bonaerense normalmente debe ajustarse con el fin de obtener entre 200 y 300 plantas m⁻², dependiendo de la fecha de siembra (Cantamutto et al., 2016), sin embargo la plasticidad del cultivo permitiría incrementar la densidad sin implicar variaciones en el rendimiento (Kruk y Satorre, 2003).

El vigor inicial en los cereales de invierno ha sido relacionado a una serie de respuestas frente a la disponibilidad de recursos aéreos y/o subterráneos. Así, un alto vigor inicial se ha asociado con una mayor eficiencia en la utilización del agua (Richards et al., 2001). En segundo lugar, la mayor producción de área foliar puede mejorar la habilidad del

cultivo para competir frente a las malezas, contribuyendo a una posible reducción en el uso de herbicidas (Coleman et al., 2001). Asimismo, se ha relacionado al vigor inicial con una alta capacidad de consumo de nitrógeno (N), pudiendo ser empleado como una característica relevante para incluir en los programas de mejoramiento del trigo (Liao et al., 2004).

Las estrategias planteadas para incrementar el vigor inicial del cultivo (i.e. elección del cultivar y ajuste de la densidad de siembra) resultan de particular interés porque son ambientalmente amigables y de bajo costo relativo comparadas a otras medidas de control de malezas (Borger et al., 2015). Al respecto, los herbicidas post-emergentes inhibidores de la ACCasa ó AHAS/ALS están recomendados para el control de ryegrass durante la implantación del cultivo de trigo y permiten favorecer la habilidad competitiva del cultivo frente a la maleza (Vigna et al., 2014). Sin embargo, su eficacia se encuentra condicionada al estado fenológico del ryegrass y a la sensibilidad de cada población como se describió antes.

Bertholdsson (2004) estudiando el efecto combinado de la alelopatía y el vigor inicial de las plantas encontró que estos dos parámetros serían los únicos que contribuyen de manera significativa a la competitividad del cultivo, explicando en trigo entre un 27 y un 37% de la variación genotípica observada de ese carácter. Al considerar la interferencia por luz, el mismo autor sostiene que características del cultivo como la inclinación de la hoja, el vigor inicial, la altura de la planta, la capacidad de macollaje, el tamaño de la semilla, el brote inicial y las tasas de crecimiento de las raíces entre otras estarían afectando la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y por lo tanto afectando la cantidad y calidad de radiación que llega a la maleza (Merotto et al., 2009).

No obstante, frente a la interferencia subterránea, el rasgo morfológico más importante sería la tasa de crecimiento inicial de la raíz (Bertholdsson et al., 2004). La contribución de la tasa de crecimiento de la raíz a la capacidad supresora de malezas podría ser atribuida a la competencia por los nutrientes, el agua y el espacio, así como la alelopatía.

En tal contexto resulta trascendente conocer cómo la modificación de la estructura del cultivo de trigo incide en la interferencia con ryegrass perenne resistente a glifosato, de

cara a obtener una alternativa tecnológica para el manejo de la maleza en el sur bonaerense.

De acuerdo con lo anterior el **objetivo general** del presente trabajo de tesis fue: Establecer la incidencia del vigor inicial de cuatro variedades de trigo en la habilidad competitiva con *Lolium perenne* resistente, como base para el diseño de un manejo integrado de la maleza.

Los **objetivos específicos** del trabajo fueron:

- Establecer el efecto del vigor inicial de cuatro variedades de trigo y su relación con la habilidad competitiva con *L. perenne*.
- Evaluar el efecto modulador de la densidad de siembra del cultivo sobre la habilidad competitiva del trigo con *L. perenne*.

Hipótesis:

- Los genotipos de trigo de mayor vigor inicial presentan mayor habilidad competitiva que *Lolium perenne*.
- La mayor densidad de siembra del cultivo favorece la habilidad competitiva, en términos de tolerancia a la competencia de las variedades experimentadas, lo que implica una menor reducción de la materia seca aérea y de la producción de granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio

Los experimentos llevados a cabo para atender al objetivo planteado se realizaron en la Chacra Experimental de Barrow (MAI BA-INTA) en el partido de Tres Arroyos, provincia de Buenos Aires, en un lote de suelo Paleudol petrocalcico (serie Tres Arroyos) donde se halló una población espontánea de *Lolium perenne* resistente a glifosato. Año a año, a partir del banco de semillas, en ese sitio se llegan a establecer 300 plantasm⁻² de la maleza.

Descripción del experimento

El experimento consistió en evaluar el comportamiento de cuatro cultivares de trigo que presentan distinto vigor inicial (considerado a partir del porcentaje de cobertura de suelo logrado por el cultivo en función del tiempo desde la siembra a encañazón), sembrados a tres densidades distintas (125, 250 y 500 plantas m⁻²) frente a la competencia con *L. perenne*.

Se emplearon cuatro cultivares de trigo de ciclo intermedio: Baguette 10 (Nidera) y Baguette 31 (Nidera), caracterizados por presentar requerimientos de vernalización, mientras que ACA 315 y Klein Serpiente son genotipos primaverales (sin requerimientos de vernalización). Los tratamientos realizados se sintetizan en la Tabla 1.

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental fue una parcela de 1,4 m x 6 m. El mismo experimento se repitió en el mismo lote en dos campañas: 2017/2018 y 2018/2019.

Para la instalación de los experimentos se utilizó una sembradora experimental de siete surcos distanciados a 20 cm, se sembraron parcelas de 1,4 m x 6 m empleando tres densidades de trigo: 125, 250 y 500 plantas m⁻².

Desde la cosecha del cultivo antecesor (trigo) hasta el momento de la siembra, el suelo se mantuvo en barbecho por medio de un desmalezado mecánico (entre febrero-abril)

y una aplicación de glifosato (1120 g equivalente ácido ha⁻¹) más 2,4-D (500 g equivalente ácido ha⁻¹) en otoño. Alrededor de 45 días antes de la siembra, se aplicó glifosato (1120 g equivalente ácido ha⁻¹) en mezcla con cletodim (150 g ingrediente activo ha⁻¹) para controlar aquellas plantas de *L. perenne* que habrían emergido previo a la siembra e iniciar un cultivo libre de malezas. La siembra de cada experimento se realizó el 30 de junio de 2017 y el 12 de julio de 2018. Luego del control de presiembra de las plantas de *L. perenne* establecidas, el inicio de la emergencia de *L. perenne* y trigo ocurrió simultáneamente, es decir que la interacción comenzó desde el inicio de la emergencia de ambos componentes.

La fertilización consistió en la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico al momento de la siembra y 100 kg ha⁻¹ de urea al voleo en pleno macollaje. En tanto, el control de malezas latifoliadas en todo el experimento se realizó mediante la aplicación de bromoxinil (272 g ingrediente activo ha⁻¹)/diflufenican (50%) (90 g ingrediente activo ha⁻¹) y en las parcelas que correspondía realizar el control de *L. perenne*, se aplicó pinoxaden (40 g ingrediente activo ha⁻¹) en post-emergencia temprana en el experimento realizado en 2017/18 y pyroxasulfone (102 g ingrediente activo ha⁻¹) en pre-emergencia del cultivo en 2018/19 (Foto 1). En los dos años de experimentos se realizó una aplicación de azoxistrobina-cyproconazole (12 y 4,8 g ingrediente activo ha⁻¹, respectivamente) a fines del mes de octubre para prevenir la incidencia de enfermedades.

Tabla 1. Detalle de los tratamientos: cultivares de trigo empleados, densidades de siembra y control de la maleza ó interferencia con *Lolium perenne* (300 pl m⁻²). Chacra Experimental de Barrow (MAI BA-INTA). 2017/18, 2018/19.

Tratamiento	Cultivar	Densidad (plantas m⁻²)	Control de <i>L. perenne</i>
1	ACA 315	125	Sí
2	ACA 315	250	Sí
3	ACA 315	500	Sí
4	ACA 315	125	No
5	ACA 315	250	No
6	ACA 315	500	No
7	Klein Serpiente	125	Sí
8	Klein Serpiente	250	Sí
9	Klein Serpiente	500	Sí
10	Klein Serpiente	125	No
11	Klein Serpiente	250	No
12	Klein Serpiente	500	No
13	Baguette 10	125	Sí
14	Baguette 10	250	Sí
15	Baguette 10	500	Sí
16	Baguette 10	125	No
17	Baguette 10	250	No
18	Baguette 10	500	No
19	Baguette 31	125	Sí
20	Baguette 31	250	Sí
21	Baguette 31	500	Sí
22	Baguette 31	125	No
23	Baguette 31	250	No
24	Baguette 31	500	No
25	<i>L. perenne</i>	300	No



Foto 1. Control pre-emergente de *L. perenne* en tratamientos libre de la maleza (centro) y tratamientos de trigo en interacción con *L. perenne* (izquierda y derecha).

Parámetros evaluados

A continuación se describen las evaluaciones realizadas sobre diferentes parámetros de crecimiento del cultivo en interacción o no con *L.perenne*.

- **Materia seca aérea del cultivo:** desde que las plantas tenían al menos una hoja expandida (50 días desde la siembra) hasta espigazón, cada 20 días sobre cada unidad experimental se tomaron muestras al azar. A tal fin, se cortaron al ras del suelo todas plantas presentes en 50 cm lineales de surco. Las muestras se secaron en estufa a 80°C hasta peso constante y luego se pesaron obteniéndose la materia seca aérea (MSA) en g.m^{-2} .
- **Numero de macollos:** Se determinó el número promedio de macollos m^{-2} de cada cultivar de trigo en las tres densidades de siembra evaluadas a diferentes días desde la siembra, bajo interferencia con *Lolium perenne* y con control de la maleza.
- **Altura de plantas (cm):** Luego de la floración se determinó la altura (cm) de las plantas de trigo utilizando una cinta métrica a fin de determinar la distancia desde el cuello de la planta hasta el extremo apical de las espigas. El valor asignado a

cada unidad experimental fue el promedio de tres mediciones realizadas sobre el surco central de cada parcela.

- **Indice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI):** Desde los 30 días desde la siembra y hasta floración, cada 15 días se realizaron mediciones de NDVI empleando el espectro-radiómetro portátil GreenSeeker®. Para ello, se recorrió cada parcela en sentido longitudinal registrando valores en forma continua a una distancia de 50cm sobre el canopeo para finalmente obtener un valor promedio de NDVI por unidad experimental.

El NDVI es determinado por el equipo a partir de la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{(NIR - VISr)}{(NIR + VISr)}$$

Donde *NIR* y *VISr* son las reflectancias en el rango de longitud de onda de 700-1300 nm y 550-700 nm, respectivamente. Las propiedades ópticas de las hojas son condicionadas por la estructura celular y por las interfaces aire-pared celular-protoplasma-cloroplasto (Kumar y Silva, 1973). El rango de valores de NDVI comprende desde -1 (valor asociado al agua) a +1, valor asociado a vegetación en máximo crecimiento (Sultana et al., 2014).

- **Intercepción de radiación fotosintéticamente activa por el canopeo (%):** Desde los 30 días desde la siembra y hasta floración, cada 15 días se determinó el porcentaje de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo libre de maleza utilizando una barra integradora (Licor® 191SA). Para ello, sobre el centro de cada una de parcelas, se realizó una medición arriba del canopeo para determinar la radiación incidente e inmediatamente se colocó la barra integradora en un entresurco sobre el suelo con la finalidad de medir la radiación no interceptada. Finalmente, el porcentaje de radiación interceptada se calculó:

- **Radiación interceptada** = $\frac{\text{radiación incidente} - \text{radiación no interceptada}}{\text{radiación incidente}} \times 100$

- **Producción en grano de trigo:** En madurez de cosecha, se cosecharon seis surcos completos de cada parcela (9,6 m²) empleando una cosechadora experimental (Wintersteiger®). Cada muestra obtenida fue pesada y se determinó el porcentaje de humedad empleando un higrómetro de granos (Tesma®), para luego estimar la producción en grano (g.m⁻²) con base de humedad 13,5 %.
- **Capacidad reproductiva de la maleza:** Cuando la maleza llegó a madurez, se cosecharon manualmente todas las espigas de *Lolium perenne* de 0,25 m² de cada parcela. Para ello se empleó un marco de tales dimensiones y se dispuso al azar sobre cada unidad experimental. Las muestras se trillaron manualmente empleando una trilladora estática y se secaron en estufa a 80°C hasta peso constante. Finalmente, se pesaron las muestras y se ajustó la humedad a 13,5% para determinar finalmente la productividad de semillas (g m⁻²).

Caracterización climática de los dos años de experimentos

Los aspectos climáticos que caracterizaron las campañas 2017/2018 y 2018/2019 respecto a las temperaturas y precipitaciones incidentes, fueron interpretados a partir de los datos registrados por la Estación Agrometeorológica de la CEI Barrow durante el ciclo del cultivo. Los valores de cada campaña se contrastaron respecto al promedio histórico (1938-2016).

- **Producción relativa total:** A partir de mediciones de producción de materia seca aérea total al final del ciclo, se determinó el grado en que el cultivo y la maleza comparten recursos en los diferentes tratamientos (complementariedad de recursos, Satorre y Snaydon, 1992; Radosevich et al., 1997). Se cortaron al ras del suelo todas plantas presentes en 0,25m², según el tratamiento, se separaron los componentes (cultivo ó maleza) y se secaron en estufa a 80°C hasta peso constante y luego se pesaron. A partir de estos datos, se estimó la producción relativa total (RYT) para cada cultivar con los ajustes de cada densidad de siembra:

$$RYT = (Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb})$$

Donde Y_{ab} e Y_{ba} representan la materia seca aérea del trigo y del ryegrass cuando crecen consociados, mientras que Y_{aa} e Y_{bb} son la MSA de las monoculturas de las variedades creciendo en ausencia de *L.perenne* y de *L.perenne* creciendo en ausencia de cultivo, respectivamente.

- **Habilidad competitiva:** Considerando los datos de MSA al final del ciclo, se estimó el índice de agresividad (AGR) (Mc Gilchrist and Trenbath, 1971):

$$AGR = 0,5 * [((Y_{ab}/Y_{aa})/P_a) - ((Y_{ba}/Y_{bb})/P_b)] * RYT^{-1}$$

Donde Y_{ab} y Y_{ba} son las producciones de materia seca aérea del trigo (a) y del ryegrass (b) por unidad de área cuando crecen en mezcla, en tanto Y_{aa} e Y_{bb} son las producciones de materia seca aérea del trigo (a) y del ryegrass (b) por unidad de área cuando crecen en monocultura. P_a y P_b son las proporciones de las especies (a) y (b) cuando crecen consociadas. RYT es la producción relativa total.

Análisis estadístico

A partir de los datos obtenidos al evaluar cada uno de los parámetros medidos, se realizaron análisis de la varianza donde se determinaron los efectos de los cultivares (ACA 315, Klein Serpiente, Baguette 10 y Baguette 31), la densidad de siembra (125, 250 y 500 plantas m^{-2}), la competencia con *Lolium perenne* (sin y con control de la maleza) y las interacciones dobles, triples y cuádruples correspondientes a un análisis factorial.

De ser correspondiente, se realizaron las pruebas de diferencias mínimas significativas de Fisher ($p < 0,05$) y se contrastaron las medias a fin de detectar efectos significativos de la fuente de variación. Se comprobó el cumplimiento de los supuestos de los análisis mediante el estudio de los residuales. Se utilizó el programa estadístico InfoStat®, versión 2008.

Aspectos climáticos de las campañas 2017/18 y 2018/19

De acuerdo con los registros de la Estación Agrometeorológica de la CEI Barrow, entre los meses de julio y diciembre de 2017, se registró una menor pluviometría respecto al promedio histórico. En ese período se acumularon 332 mm, cuando el promedio histórico (1938-2016) es de 407 mm. En cuanto a la distribución de las lluvias, durante los meses de octubre y noviembre (de pleno macollaje a inicio de llenado de granos), se detectó un déficit hídrico del 23 % respecto a la media histórica.

A lo largo del mes de noviembre, mes en el cual se desarrolló la floración, no se registraron heladas. La temperatura máxima promedio en el período de llenado de granos fue coincidente con el promedio histórico (23°C). Por lo descripto, en el primer año de estudio del ensayo, el déficit hídrico (respecto al promedio histórico) habría sido el principal factor climático condicionante del rendimiento del cultivo.

En el segundo año de estudio (2018), las precipitaciones entre julio y diciembre acumularon 396 mm. Estos valores se aproximaron estrechamente al promedio histórico de 407 mm. En cuanto a la distribución de las lluvias respecto al ciclo del cultivo, entre los meses de octubre y noviembre, se acumularon 179 mm, alrededor de un 20% más respecto a la media histórica.

Los registros de temperaturas indicaron que en noviembre de 2018, sólo se registró un día en el cual la temperatura mínima fue inferior a 0°C. Tal evento ocurrió el día 7/11, previo a la floración del trigo. La temperatura máxima diaria en el período de llenado no superó los 30°C.

Comparando las principales variables climáticas que condicionan el rendimiento del trigo en la zona, se advierte que la campaña 2018/19 registró una mayor pluviometría que habría favorecido la producción de trigo.

RESULTADOS

Evolución del número de macollos del cultivo

Al evaluar la producción de macollos del cultivo de trigo, no se detectaron diferencias significativas entre los dos años de ensayo ($P=0,32$). Por lo tanto, los datos de ambas repeticiones fueron agrupados para su análisis.

Se observó que en los tratamientos en los que el cultivo se encontró en interacción con *Lolium perenne*, la producción de macollos de trigo respecto a los tratamientos libre de la maleza, fue menor en los cuatro cultivares evaluados (Tabla 2). La menor producción de macollos del cultivo bajo interferencia con *L. perenne*, se redujo cuando la densidad de siembra se incrementó de 125 a 250 y 500 pl m⁻² (Tabla 2).

Alrededor de los 90 días desde la siembra se evidenció el mayor número de macollos de trigo y luego decae hacia el final del ciclo (Tabla 2). En ese momento, los cuatro cultivares mostraron una menor producción de macollos respecto a los testigos, a excepción de Klein Serpiente a densidad de 125 pl m⁻² que no mostró diferencias entre los tratamientos con y sin interacción con *L. perenne* hasta los 130 días desde la siembra (Tabla 2). A esa densidad de siembra, las tres variedades restantes mostraron una inhibición de 29-35% en el número de macollos producidos por efecto de la interferencia con la maleza (Tabla 2).

Tabla 2. Número promedio de macollos de cada cultivar de trigo en las tres densidades de siembra evaluadas a diferentes días desde la siembra (DDS) bajo interferencia con *Lolium perenne* (CLp) y con control de la maleza (SLp). Asteriscos indican diferencias entre los tratamientos con maleza y con control para cada cultivar y momento de evaluación (DMS: diferencias mínimas significativas de Fischer ($p < 0,05$)).

Número de macollos m ⁻²											
Densidad	DDS	ACA315		Klein Serpiente		Baguette 10		Baguette 31		DMS	
		CLp	SLp	CLp	SLp	CLp	SLp	CLp	SLp		
125 pl m ⁻²	50	121	130	116	110	128	121	132	130	10	
	70	157	219	258	281	205	244	201 *	305	70	
	90	197 *	300	215	265	206 *	294	190 *	295	84	
	110	237 *	379	183	250	166 *	345	172 *	300	90	
	130	228 *	386	188 *	242	165 *	342	163 *	294	96	
250 pl m ⁻²	50	264	253	235	244	247	245	259 *	240	10	
	70	352	423	311	370	415 *	521	280 *	535	70	
	90	313 *	410	290	365	280 *	492	220 *	483	84	
	110	262 *	400	271	350	162 *	462	158 *	433	90	
	130	254 *	401	281	332	163 *	457	159 *	429	96	
500 pl m ⁻²	50	505	510	495	520	480	504	500	510	10	
	70	455 *	559	497 *	580	514	581	514 *	674	70	
	90	405 *	504	376 *	520	405 *	550	455 *	545	84	
	110	351 *	450	255 *	458	295 *	529	262 *	444	90	
	130	339 *	445	263 *	453	289 *	555	262 *	426	96	

A la densidad de 250 pl m⁻² y a los 90 días desde la siembra, ACA 315 presentó 23 menos macollos.m⁻² cuando creció en interacción con *L. perenne* respecto a sus controles sin maleza y Klein Serpiente no mostró efecto en la inhibición del macollaje por efecto de la maleza. En contraste, las variedades consideradas de menor vigor inicial mostraron una inhibición en el macollaje de 43 y 54 % (Baguette 10 y Baguette 31, respectivamente) producto de la interferencia con la maleza (Tabla 2).

Cuando la densidad de siembra fue de 500 pl m⁻², el efecto de la maleza sobre la inhibición del macollaje se minimizó y en las cuatro variedades la reducción del número de macollos, respecto a los testigos libres de maleza, rondó entre 16 y 27% (Tabla 2).

Materia seca aérea del cultivo

La producción de materia seca aérea por planta de trigo no mostró diferencias significativas entre los dos años de ensayo ($P=0,12$). Siguiendo el análisis factorial, los datos de ambos años fueron agrupados.

A lo largo del ciclo, los genotipos evaluados no mostraron diferencias en la acumulación de materia seca área cuando crecieron libres de la maleza ($P>0,05$). Por lo tanto, no se hallaron evidencias que indiquen diferencias de vigor reflejadas en la producción de materia aérea (Tabla 3).

En el primer año de experimento la emergencia se registró a los 19 días desde la siembra en simultaneo para todas las variedades, en ese momento ya se registraban plántulas de *Lolium perenne* recientemente emergidas. En el segundo año de experimento, la emergencia del cultivo fue a los 12 días desde la siembra sin hallar diferencias entre variedades, por su parte, la emergencia de la maleza fue detectada en el mismo momento.

A la densidad normalmente recomendada (250 pl m^{-2}), el efecto del enmalezamiento con *L. perenne* se reflejó en una menor producción de biomasa aérea por planta en Baguette 10 y Baguette 31 desde los 90 días de la siembra (Tabla 3). En tanto, ACA 315 y Klein Serpiente no mostraron una inhibición significativa en la producción de materia seca área por efecto de la maleza hasta los 130 días desde la siembra. Recién en ese momento, en ACA 315 se detectó un menor crecimiento por interferencia de la maleza (Tabla 3).

Cuando la densidad de siembra se incrementó a 500 pl m^{-2} , los genotipos Baguette 10 y Baguette 31 no mostraron diferencias en la materia seca aérea generada por planta bajo interacción con *L. perenne* ó libre de la maleza (Tabla 3). Sin embargo, en ACA 315 y Klein Serpiente la disminución en la producción de materia seca por planta por efecto de *L. perenne*, resultó ser significativa hacia los 130 días desde la siembra (Tabla 3).

A la densidad de 125 pl m^{-2} , Baguette 31 no mostró diferencias entre el tratamiento enmalezado ó sin *L. perenne* (Tabla 3). En cambio, Klein Serpiente y Baguette 10 mostraron un comportamiento contrastante a los 50-70 días desde siembra, presentando

diferencias significativas en la producción de materia seca, sin embargo, tales efectos no fueron detectados luego de ese periodo. ACA 315 mostró una disminución significativa en la producción de materia seca por planta por efecto de *L. perenne* a los 90 días desde la siembra.

Tabla 3. Materia seca aérea (gramos de materia seca por planta) de cada cultivar de trigo en las tres densidades de siembra evaluadas a diferentes días desde la siembra (DDS) bajo interferencia con *Lolium perenne* y con control de la maleza. Asteriscos indican diferencias entre los tratamientos con maleza y con control para cada cultivar y momento de evaluación (DMS: diferencias mínimas significativas).

Materia seca aérea por planta (g planta ⁻¹)										
Densidad	DDS	ACA315		Klein Serpiente		Baguette 10		Baguette 31		DMS
		CLp	SLp	CLp	SLp	CLp	SLp	CLp	SLp	
125 pl m ⁻²	50	0,3	0,3	0,2 *	0,4	0,2 *	0,4	0,4	0,3	0,15
	70	2,5	3,0	2,5 *	4,5	2,5	4,0	3,0	3,5	1,70
	90	3,6 *	8,4	3,9	6,9	6,8	9,1	4,5	5,6	3,80
	110	7,2 *	16,7	7,8	13,7	13,6	18,1	8,9	11,1	7,20
	130	7,6 *	18,4	8,1	15,0	14,3	19,7	9,2	12,0	7,50
250 pl m ⁻²	50	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,15
	70	2,5	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	3,5	3,0	1,70
	90	7,2	10,8	9,0	9,7	3,7 *	14,8	2,4 *	8,9	3,80
	110	14,5	21,5	18,1	19,4	7,5 *	29,5	4,7 *	17,7	7,20
	130	16,6 *	25,8	20,8	20,6	8,9 *	29,8	4,9 *	19,0	7,50
500 pl m ⁻²	50	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,15
	70	2,0	2,0	2,5	4,0	1,5	2,0	2,5	3,5	1,70
	90	6,2 *	13,3	7,5	11,1	8,4	9,3	4,6	7,7	3,80
	110	12,4 *	26,6	14,9	22,2	16,9	18,5	9,1	15,5	7,20
	130	12,4 *	31,1	16,1 *	22,7	16,9	20,2	10,4	17,0	7,50

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

En los experimentos llevados a cabo en el presente trabajo, la medida de NDVI no mostró diferencias significativas entre años ($P=0,11$) ni entre variedades ($P=0,58$), sin embargo sí se halló interacción entre el momento de evaluación (DDS), la densidad de siembra y el tratamiento de control de *L. perenne* ($P=0,03$).

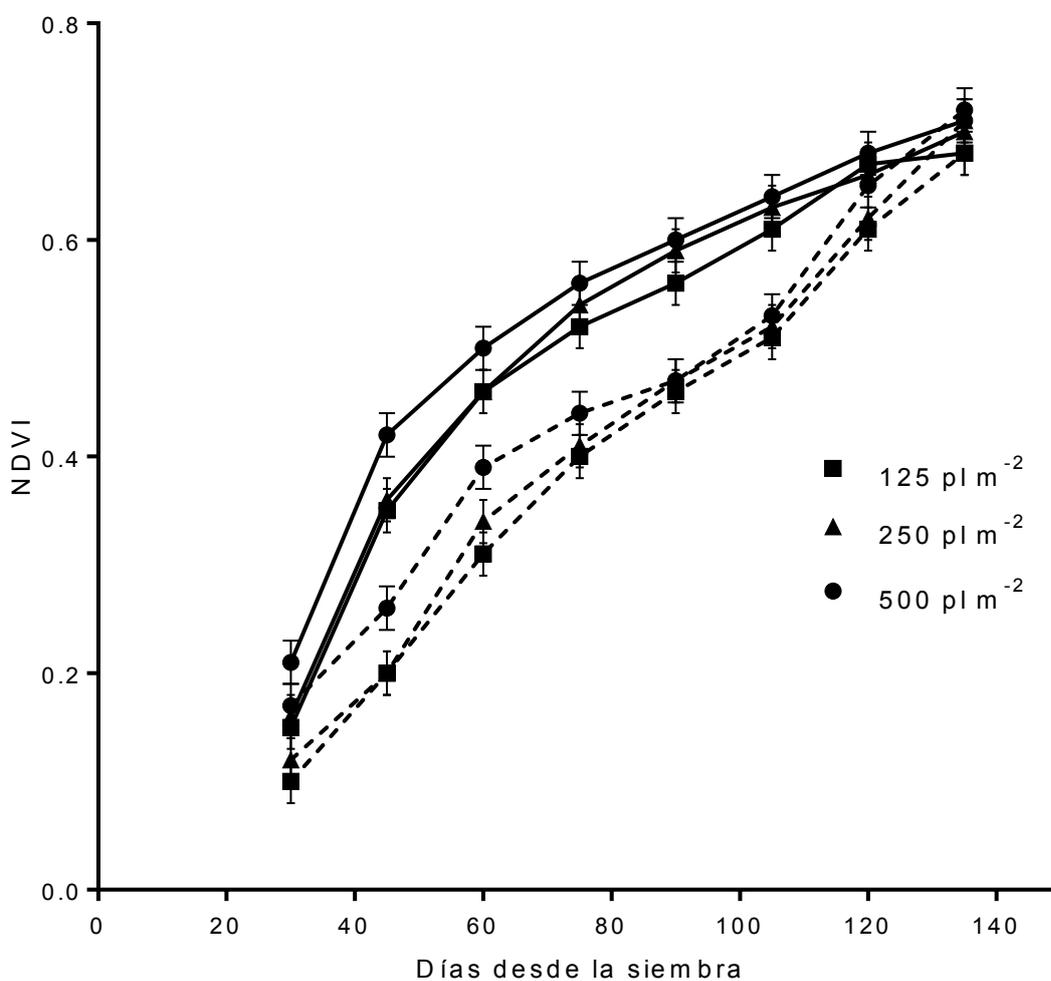


Figura 1. Evolución del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) del cultivo de trigo sembrado a las diferentes densidades en interacción con *Lolium perenne* (línea continua) y libre de la maleza (línea discontinua). Los símbolos representan los valores promedio (del conjunto de cultivares y ambos años de ensayo) y las barras verticales indican el error estándar de la media.

La interacción con la maleza conllevó un incremento en los valores de NDVI, excepto al inicio del ciclo del cultivo, cuando el proceso de enmalezamiento era incipiente, y al final cuando ambos componentes alcanzaron la senescencia (Figura 1). El incremento en la densidad de siembra a 500 pl m⁻² se reflejó en valores de NDVI mayores respecto a la densidad de 250 pl m⁻² de los 45 a 90 días desde la siembra, tanto en la situación de interacción con *L. perenne* como libre de la maleza (Figura 1).

Intercepción de radiación

En el presente trabajo, el año de ensayo considerado no condicionó la intercepción de radiación de los cultivares evaluada desde emergencia a inicio de floración (P=0,17). Como se destacó anteriormente, el déficit hídrico que caracterizó al año 2017/2018 se generó desde floración en adelante. Hasta ese momento, los dos años no presentaron restricciones hídricas.

La densidad de siembra mostró interacción con los cultivares evaluados condicionando la intercepción de radiación del canopeo. A 125 pl m⁻², entre los 60 y 75 días desde la siembra no se observaron diferencias significativas en la intercepción lograda por las variedades evaluadas. Sólo ACA 315 difirió de Baguette 31 mostrando una intercepción de radiación 15-30% mayor desde 90 a 120 días desde la siembra (Figura 2). Baguette 10, en tanto, interceptó un 22 % más de radiación que Baguette 31 a los 105 días desde la siembra. Éste último fue el material que mostró la menor intercepción a lo largo de las evaluaciones. En el caso de Klein Serpiente y Baguette 10 presentaron un comportamiento intermedio entre ACA 315 y Baguette 31, sin diferir de ambos a excepción del contraste destacado a los 105 días desde la siembra (Figura 2).

Cuando la densidad de siembra se ajustó a 250 pl m⁻², se encontró que ACA 315 y Klein Serpiente, mostraron una intercepción de alrededor del 25 % superior respecto a los genotipos Baguette 10 y 31 a 75 días desde la siembra (Figura 2). Sin embargo, a posteriori la diferencia se estrechó sin resultar significativa (Figura 2). A 500 pl m⁻², los valores de intercepción de todas las variedades fueron superiores a los alcanzados a bajas densidades (Figura 2).

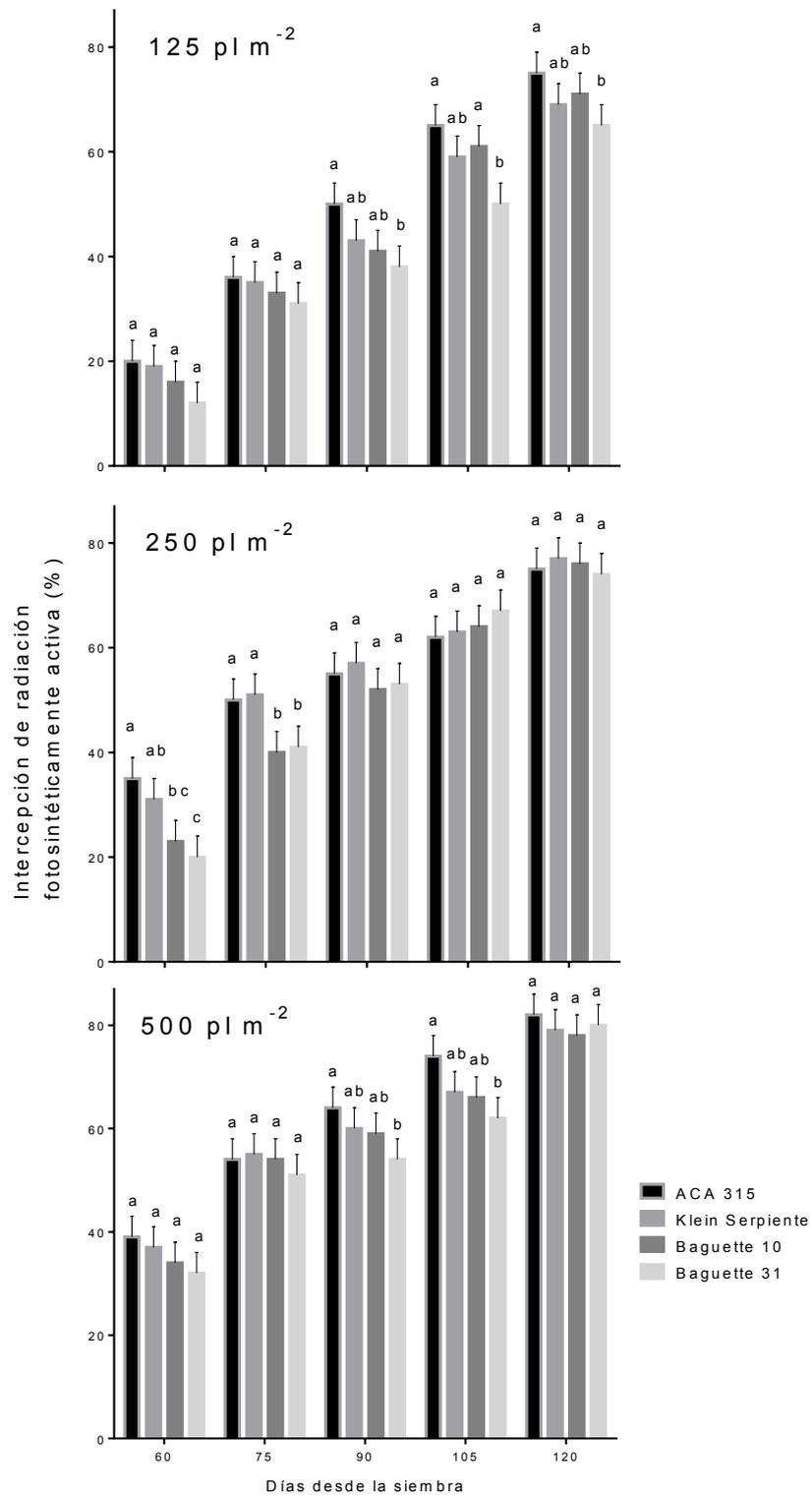


Figura 2. Intercepción de radiación fotosintéticamente activa (%) de cada cultivar de trigo sembrado a una densidad de 125, 250 y 500 pl m⁻² con control de *Lolium perenne*. Se representan los valores promedio (ambos años de ensayo) y las barras de dispersión indican el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre cultivares a un mismo momento de evaluación e igual densidad de siembra.

Altura final de las plantas de trigo

Los resultados del análisis de la varianza indicaron que no existió interacción entre año de ensayo y las demás fuentes de variación para la variable altura ($P>0,05$). Por lo tanto, los datos de ambos experimentos se agruparon para su análisis. Asimismo, los tratamientos de densidad y la interacción o no con la maleza, no afectaron significativamente la altura de las plantas ($P>0,05$). Sin embargo, se halló efecto del cultivar ($P<0,0001$), indicando que existieron diferencias de altura entre ACA 315, Klein Serpiente y Baguette 10 frente a Baguette 31.

La variedad Baguette 31 mostró una altura significativamente menor a los otros tres cultivares (Figura 3). En comparación al material que expresó la mayor altura promedio, *i. e.* ACA 315, Baguette 31 presentó una altura de alrededor de 15 cm menor (Figura 3).

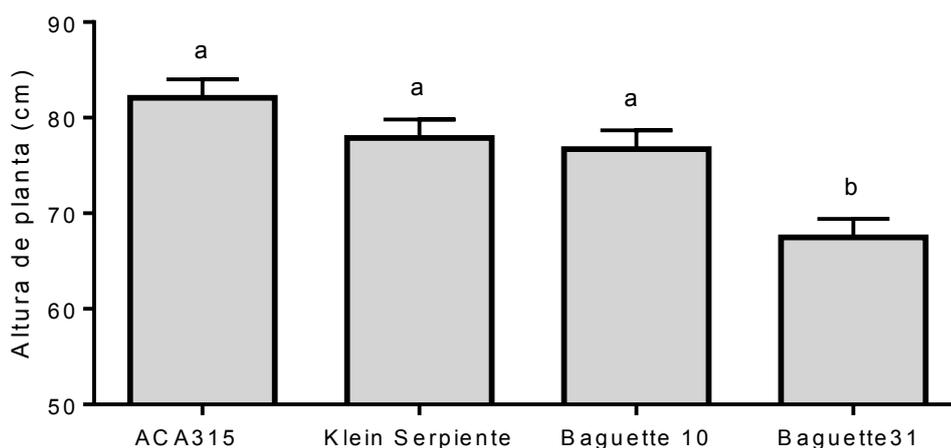


Figura 3. Altura de los cultivares de trigo. Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión muestran el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P>0,05$).

Producción de grano del cultivo

Del análisis de varianza se obtuvo que las interacciones *año de experimento x cultivar x maleza* y *densidad x maleza* mostraron un efecto significativo sobre la producción de grano de trigo alcanzado ($P=0,0089$ y $P=0,0032$, respectivamente). Para las restantes interacciones no se registraron efectos significativos sobre el rendimiento.

En el experimento llevado a cabo en el 2017 no hubo diferencias significativas entre el rendimiento de los cultivares cuando crecieron libres de la maleza (Figura 4a). Asimismo, en interferencia con *L. perenne* todos los cultivares mostraron rendimientos estadísticamente similares, resultando en pérdidas promedio del 54% por efecto de la maleza (Figura 4a).

En el año 2018, la interacción con la maleza también condujo a que los cultivares expresaran un nivel de rendimiento sin diferencias significativas entre ellos (Figura 4b). Sin embargo, entre variedades se hallaron rendimientos estadísticamente distintos cuando el cultivo creció libre de malezas (Figura 4b).

Los cultivares de mayor rendimiento ACA315 y Baguette10 superaron los 4000 kg ha⁻¹ cuando la maleza fue controlada, diferenciándose de Baguette31 y Klein Serpiente que presentaron niveles significativamente inferiores de rendimiento (Figura 4b).

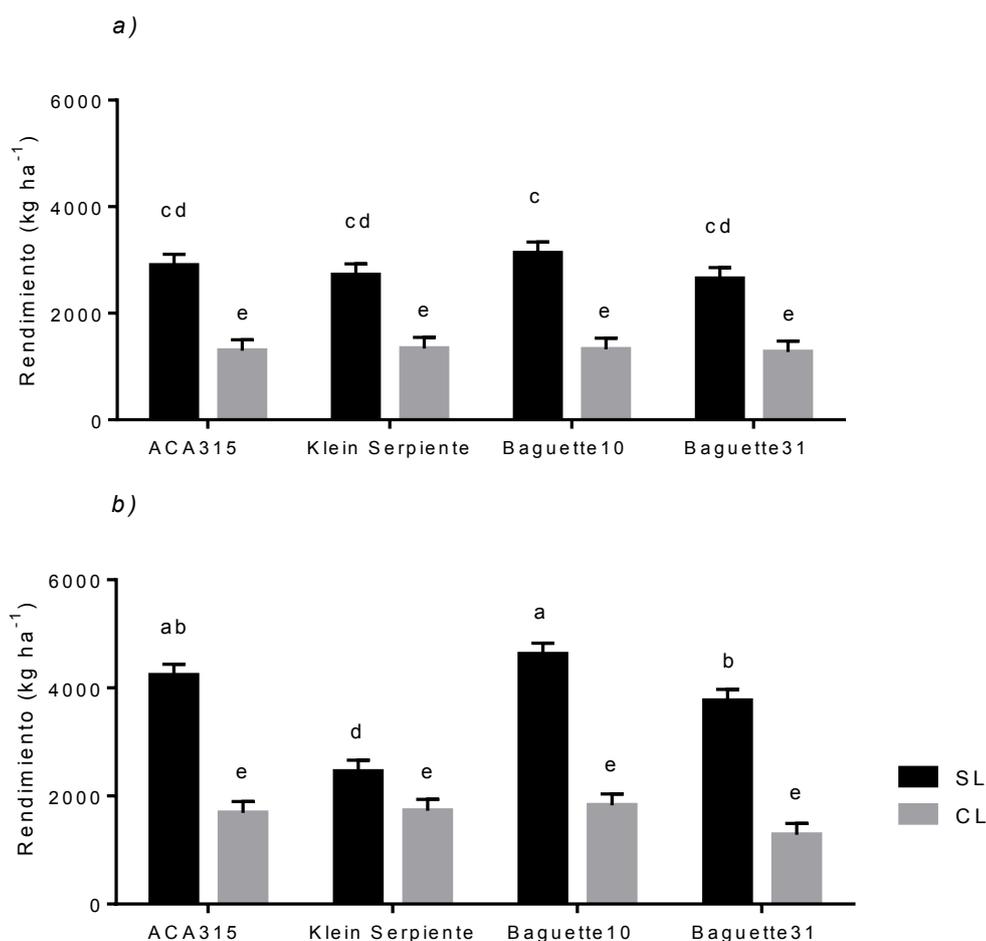


Figura 4. Rendimiento de cuatro variedades de trigo (ACA315, Klein Serpiente, Baguette10 y Baguette31) en monocultura y enmalezado en a): 2017 y b): 2018. Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión muestran el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos de ambas campañas ($P > 0,05$).

La interferencia con *L. perenne* afectó el rendimiento del trigo dependiendo de la densidad de siembra considerada. La merma en el rendimiento fue del 38% cuando el cultivo se sembró a alta densidad (500 plantas m⁻²), sin embargo a la menor densidad evaluada (125 plantas m⁻²) las pérdidas fueron del 67% y a la densidad normal (250 plantas m⁻²) el rendimiento disminuyó en un 62% (Figura 5).

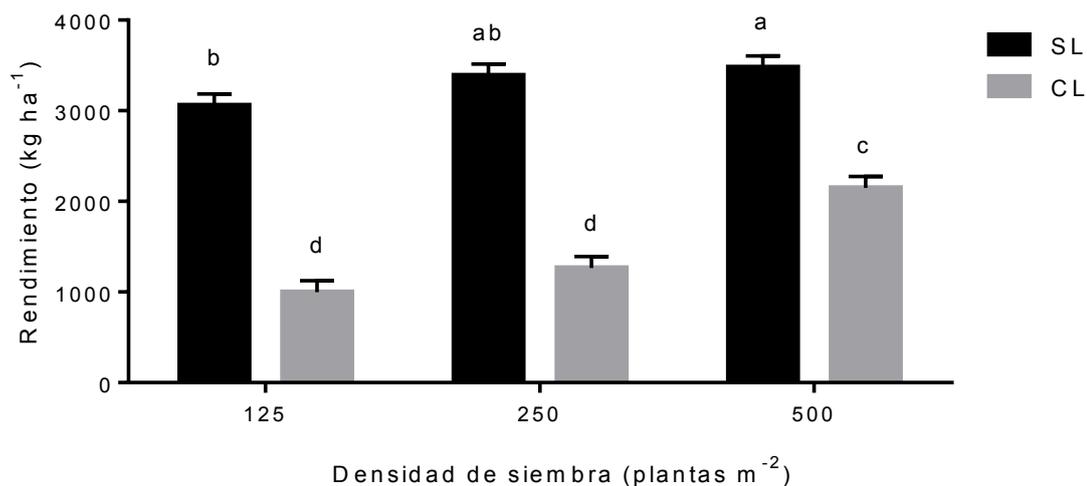


Figura 5. Rendimiento de trigo en función de la densidad de siembra (125, 250 y 500 plantas m⁻²) para el conjunto de las variedades evaluadas (interacción Densidad x Maleza x Cultivar p=0,74), con y sin control de *L. perenne*. Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión muestran el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos (P>0,05).

Complementariedad de recursos (RYT)

El rendimiento relativo total (RYT) calculado dependió significativamente del cultivar, pero las demás fuentes de variación (densidad y año) no mostraron efecto significativo sobre este índice, tanto como factores principales como en interacción (P>0,05).

Para el cultivar ACA315, el RYT tendió al valor de 1, esto demuestra la interacción de plena competencia dada entre este genotipo y la maleza. En los restantes cultivares el RYT resultó ser mayor a 1, indicando que además se habría generado una relación de complementariedad de recursos entre ambos componentes (Tabla 4).

Tabla 4. Rendimiento relativo total (RYT) estimado por cultivar y densidad de siembra (125, 250 y 500 pl m⁻²) (Cultivar x Densidad: P=0,44) y global para el conjunto de densidades de siembra de cada cultivar (Cultivar: P<0,05). Valores promedio seguidos de letras iguales indican diferencias no significativas entre sí (P>0,05). RYT calculado sobre la producción de materia seca aérea total en madurez de cosecha.

Cultivar	RYT			
	125	250	500	Global
ACA 315	1,19	0,98	1,09	1,09 a
Klein Serpiente	1,21	1,38	1,54	1,38 b
Baguette 10	1,31	1,17	1,36	1,28 ab
Baguette 31	1,42	1,40	1,41	1,41 b

DMS = 0,22

Habilidad competitiva

El índice de agresividad fue empleado para determinar la habilidad competitiva de cada cultivar en cada situación. No obstante, no se halló un efecto significativo ni del cultivar, ni del año sobre la agresividad del cultivo frente a *L. perenne* tanto como factores principales ni en interacción con otras fuentes de variación (P>0,05; Tabla 5). Sin embargo, la agresividad fue condicionada por la densidad de siembra como factor principal (P<0,01).

Tabla 5. Agresividad de los cultivares de trigo (Cultivar: P=0,24). Se presentan los valores promedio y el desvío estándar de la media. Valores calculados a partir de la producción de materia seca aérea total en madurez de cosecha.

Cultivar	Agresividad
ACA 315	-0,15 (±0,01)
Klein Serpiente	-0,11 (±0,01)
Baguette 10	-0,18 (±0,04)
Baguette 31	-0,17 (±0,04)

Para las densidades de 125 y 250 pl m⁻² la agresividad del cultivo mostró valores negativos, lo que indica que *L. perenne* fue más agresivo frente a las variedades estudiadas. Sin embargo, la habilidad competitiva se incrementó a la mayor densidad de siembra de cultivo (Tabla 6).

Tabla 6. Agresividad del cultivo de trigo en función de la densidad de siembra frente a la maleza estimada para el conjunto de cultivares (Cultivar x Densidad: P=0,99) sembrados a 125, 250 y 500 plantas m⁻². Valores promedio seguidos de letras iguales indican diferencias no significativas entre sí (P>0,05). Valores calculados sobre la producción de materia seca aérea total en madurez de cosecha.

Densidad (pl m ⁻²)	Agresividad
125	-0,27 A
250	-0,15 B
500	0,03 C
DMS = 0,03	

Capacidad reproductiva de *L. perenne* En relación con la capacidad reproductiva de la maleza, medida a través de la cantidad de semillas producidas por m⁻², en ausencia de cultivo, la producción de *L. perenne* fue de 85 (±9 error estándar) g m⁻² sin mostrar variaciones significativas entre ambos años de experimento (P=0,49). La interacción entre *cultivar* y *densidad* no afectó significativamente la producción de *L. perenne* (P=0,44), lo que condujo a analizar ambas fuentes de variación como factores principales.

Considerando que la densidad de siembra normalmente empleada es de 250 plm⁻², el efecto de disminuir a la mitad tal densidad, se reflejó en el incremento de un 92% en la producción de semillas de *L. perenne* (Figura 6). No obstante, al duplicar la densidad de

siembra del cultivo, la capacidad reproductiva de *L. perenne* se mantuvo estable sin diferir significativamente de la densidad normal (Figura 6). Bajo estas condiciones la maleza no mostró disminución en su capacidad reproductiva.

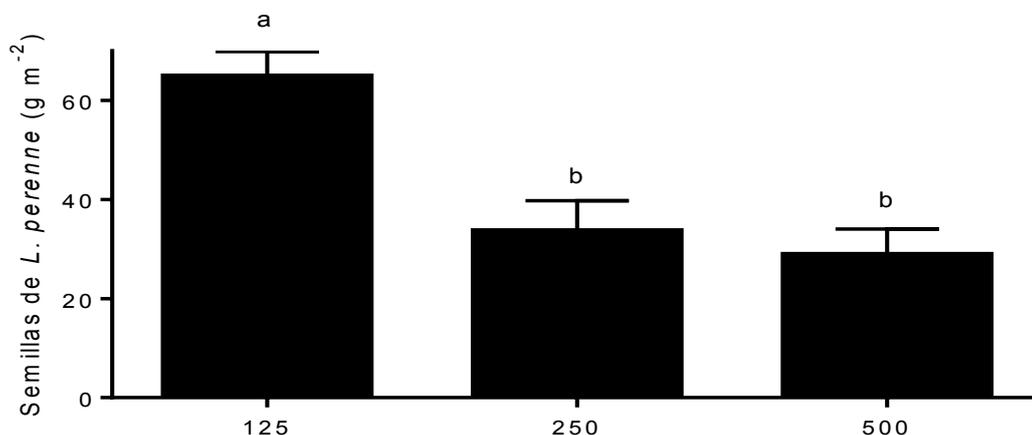


Figura 6. Semillas de *L. perenne* producidas en interacción con el cultivo de trigo para el conjunto de variedades (Cultivar x Densidad: $P=0,44$), sembrado a razón de 125, 250 y 500 plantas m^{-2} . Se presentan los valores promedio y las barras de dispersión muestran el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P>0,05$).

Sin embargo, la densidad de siembra no fue el único factor que afectó la producción de semillas de *L. perenne* ya que su capacidad reproductiva también dependió del cultivar evaluado ($p=0,031$). Baguette 10 y Baguette 31 interfirieron en menor medida con *L. perenne* comparado a Klein Serpiente. Este último fue el cultivar que inhibió en mayor medida la producción promedio de semillas de la maleza (Figura 7). ACA 315 no difirió significativamente de Klein Serpiente, observándose una reducción en la producción de semillas de *L. perenne* en un 42% más que Baguette 31 (Figura 7).

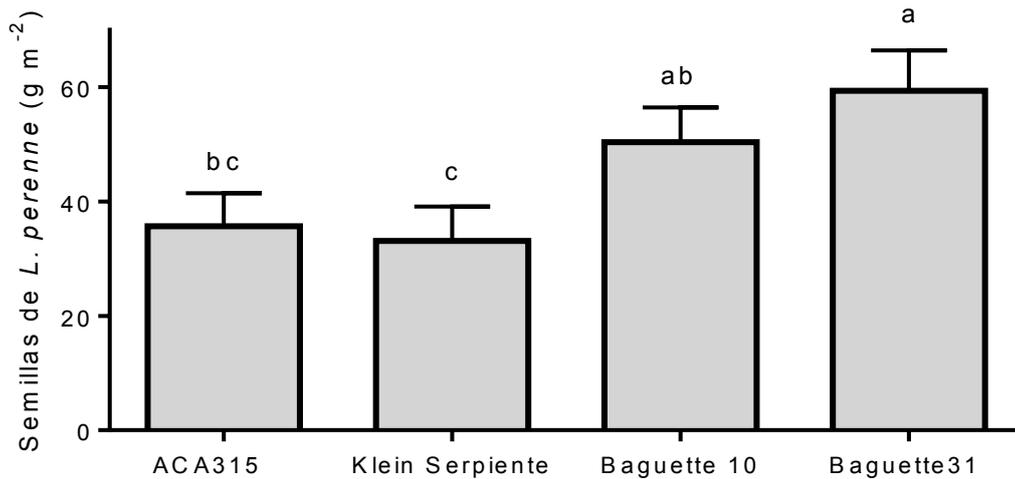


Figura 7. Semillas de *Lolium perenne* producidas bajo interacción con cada cultivar de trigo evaluado para el conjunto de densidades de siembra (Cultivar*Densidad: $P=0,44$). Se presentan los valores promedio (de ambos años de ensayos) y las barras de dispersión muestran el error estándar de la media. Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos ($P>0,05$).

DISCUSIÓN

El vigor inicial ha sido definido como un rápido crecimiento de biomasa aérea en las primeras etapas de desarrollo (Clarke et al., 1984; Maydup et al., 2012). Al inicio de este trabajo se ha planteado que un cultivo de trigo más vigoroso desde la emergencia hasta que comienza la elongación de tallos, podría interferir en mayor medida frente a ryegrass, respecto a otros cultivos de trigo de una producción de biomasa aérea más lenta. Bajo esta idea, incrementar el vigor inicial del cultivo podría lograrse por la elección de un cultivar de alto vigor inicial (*i.e.* rápido crecimiento en las primeras etapas de desarrollo) ó mediante el incremento de la densidad de siembra (*i.e.* se iniciaría el cultivo con mayor producción de biomasa en las primeras etapas de desarrollo). A continuación se discuten los efectos de ambas vías sobre las distintas variables asociadas al crecimiento y desarrollo del cultivo y su impacto sobre la maleza.

Evolución del número de macollos del cultivo

En aquellos tratamientos en los que el cultivo de trigo se encontró en interacción con *L. perenne*, la producción de macollos de las plantas de trigo fue menor en los cuatro cultivares evaluados respecto a los tratamientos no enmalezados (Tabla 2). El efecto de *L. perenne* reflejado en la menor producción de macollos del cultivo fue máximo a la densidad de siembra de 125 pl m⁻². Sin embargo, tal efecto de inhibición se redujo cuando la densidad de siembra se incrementó a 250 y 500 pl m⁻² (Tabla 2).

La interferencia de la maleza reflejada en la inhibición de la producción de macollos del cultivo, estaría asociada al cambio en la calidad de radiación percibida por fotoreceptores de las plantas de trigo en un ambiente de alta densidad de plantas generada por ambos componentes. El sombreado causado por la densidad no solo reduce la disponibilidad de radiación sino que también cambia la calidad de la radiación en su relación rojo / rojo lejano (R/FR) al llegar a los estratos más bajos del canopeo. Con el crecimiento de las plantas (cultivo y maleza), el sombreado mutuo se vuelve más intenso y la relación R/FR se reduce aún más, condicionando el macollaje (Ballaré et al., 2000).

Considerando las cuatro variedades sembradas a la densidad normal, en presencia de *L. perenne* el número de macollos fue cercano a 220 y 313 macollos m^{-2} , las diferencias en la inhibición del macollaje de las variedades se asociaron principalmente a la mayor producción de macollos de las variedades Baguette 10 y Baguette 31, respecto a ACA 315 y Klein Serpiente cuando crecieron libres de malezas (Tabla 2). Según los datos obtenidos, los dos genotipos Baguette, considerados de menor vigor inicial, expresaron mayor potencial de macollaje cuando se sembraron a densidad normal.

El incremento de la densidad de siembra habría favorecido al cultivo en la interacción con *L. perenne* y, por tanto, los efectos de la maleza sobre la producción de macollos por unidad de superficie se habría limitado (Tabla 2; Foto 2).

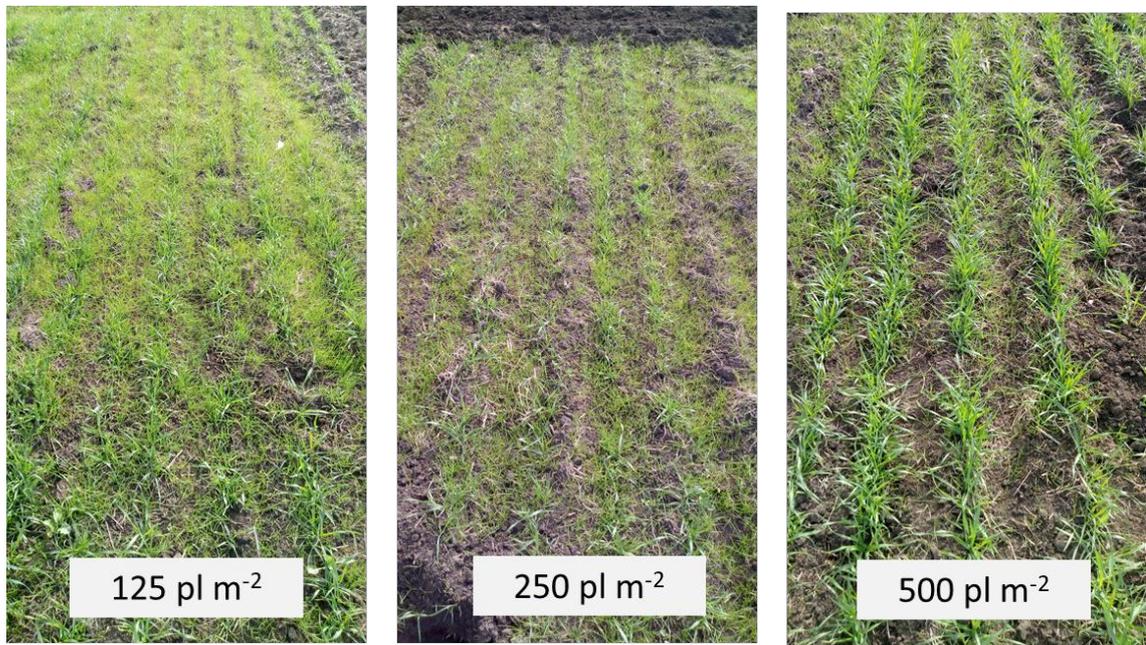


Foto 2. Parcelas de cultivar ACA 315 a las tres densidades de siembra evaluadas en interacción con *L. perenne* a 50 días desde la siembra.

Materia seca aérea del cultivo

Los cultivares de trigo contrastados no mostraron diferencias en la acumulación de materia seca aérea cuando crecieron sin interferencia de *L. perenne*, por tanto, no se hallaron evidencias que indiquen diferencias de vigor reflejadas en la producción de materia aérea (Tabla 3). Sin embargo, como se discutió antes, se detectó una mayor producción de macollos en Baguette 10 y Baguette 31 respecto a los otros genotipos; si tales diferencias no repercutieron en el peso seco por planta (Tabla 3), los contrastes entre Baguette 10 y Baguette 31 frente a ACA 315 y Klein Serpiente se podrían deber a diferencias en la arquitectura de la planta.

Se ha propuesto que los cultivares de trigo modernos semi-enanos son mucho menos competitivos contra las malezas que los genotipos precedentes (Wiks et al., 1994). Sin embargo, estudios posteriores indican que la altura de la planta *per se* no sería el carácter más importante, sino la presencia de un canopeo denso y homogéneo, que evite al máximo el paso de la radiación a los estratos inferiores, ya que puede darse el caso de una variedad de baja estatura que produzca abundante follaje y por tanto compita mejor que una variedad alta (Cosser et al., 1997). En tal caso, la producción de materia seca y su relación a la arquitectura del canopeo sería un carácter trascendente en la relación cultivo-maleza (Holt y Orcutt, 1991; Holt, 1995). Cudney et al. (1991) demostraron que debido a su mayor altura, las hojas superiores de *Avena fatua* dominan los estratos más altos del canopeo del cultivo de trigo, reduciendo el ingreso de la radiación solar e interfiriendo así en el crecimiento del cultivo. En el presente trabajo, a la densidad de 125 pl m⁻², Baguette 31 no mostró diferencias entre el tratamiento enmalezado y libre de *L. perenne* (Tabla 3). Este cultivar presentó un porte de planta de menor altura, generando menor materia seca aérea que el resto de los cultivares (Tabla 3). Considerando que este material disminuyó sensiblemente su producción de macollos bajo interferencia con *L. perenne*, la materia seca generada se habría destinado hacia un mayor crecimiento de aquellos órganos ya diferenciados y no hacia la generación de nuevos macollos, condicionando la arquitectura de la planta luego de la encañazón. Una respuesta similar ha sido evidenciada por Marwat et al. (2006) y Waheed et al.

. (2012), quienes encontraron que los efectos del enmalezamiento (*Phalaris minor*, *Avena fatua* y *Convolvulus arvensis*, entre otras especies) producen un incremento en la altura de plantas de trigo.

En las experiencias del presente trabajo, luego del control de presiembra de las plantas de *L. perenne* establecidas, el inicio del proceso de enmalezamiento de *L. perenne* y la emergencia del trigo ocurrió simultáneamente, sin hallar diferencias entre variedades. Por tanto, la interacción cultivo-maleza comenzó desde el inicio de la emergencia de ambos componentes, resultando un condicionante de la producción de macollos del cultivo, como se indicó antes, y de la producción de materia seca aérea total.

A esa baja densidad, Klein Serpiente y Baguette 10 mostraron un comportamiento contrastante a lo hallado en Baguette 31, sólo entre los 50-70 días desde siembra presentaron diferencias significativas en la producción de materia seca aérea por efecto de la maleza, sin embargo, mantuvieron su producción de macollos (Tabla 2) y posteriormente no se detectaron efectos de la maleza sobre la producción de biomasa aérea. Como una tercera respuesta a 125 pl m⁻², el cultivar ACA 315 mostró una disminución significativa en la producción de materia seca por planta por efecto de *L. perenne* acompañada de una menor producción de macollos. Bajo condiciones desfavorables para el cultivo frente a la maleza, impuestas por la disminución de la densidad de siembra, la interferencia se reflejó en diferentes respuestas de los cultivares.

A la densidad de siembra de 250 pl m⁻², la interacción con *L. perenne* provocó una menor producción de biomasa aérea por planta en Baguette 10 y Baguette 31 desde los 90 días desde la siembra en adelante (Tabla 3). Sin embargo, tal efecto se revirtió cuando la densidad de siembra se incrementó a 500 pl m⁻². En contraste, como se indicó, hasta los 130 días desde la siembra, los genotipos ACA 315 y Klein Serpiente no mostraron una caída en la producción de materia seca área por efecto de *L. perenne* (Tabla 3) y el aumento de la densidad de siembra no afectó tal comportamiento.

Los genotipos Baguette 10 y Baguette 31, comparado a los otros dos cultivares, resultaron ser más sensibles a la interferencia con *L. perenne* a la densidad de siembra de 250 pl m⁻². Sin embargo, al duplicar la densidad de siembra, el efecto de la interferencia, traducido en menor materia seca aérea por planta, se redujo sin diferenciarse del cultivo libre de la maleza (Foto 4).

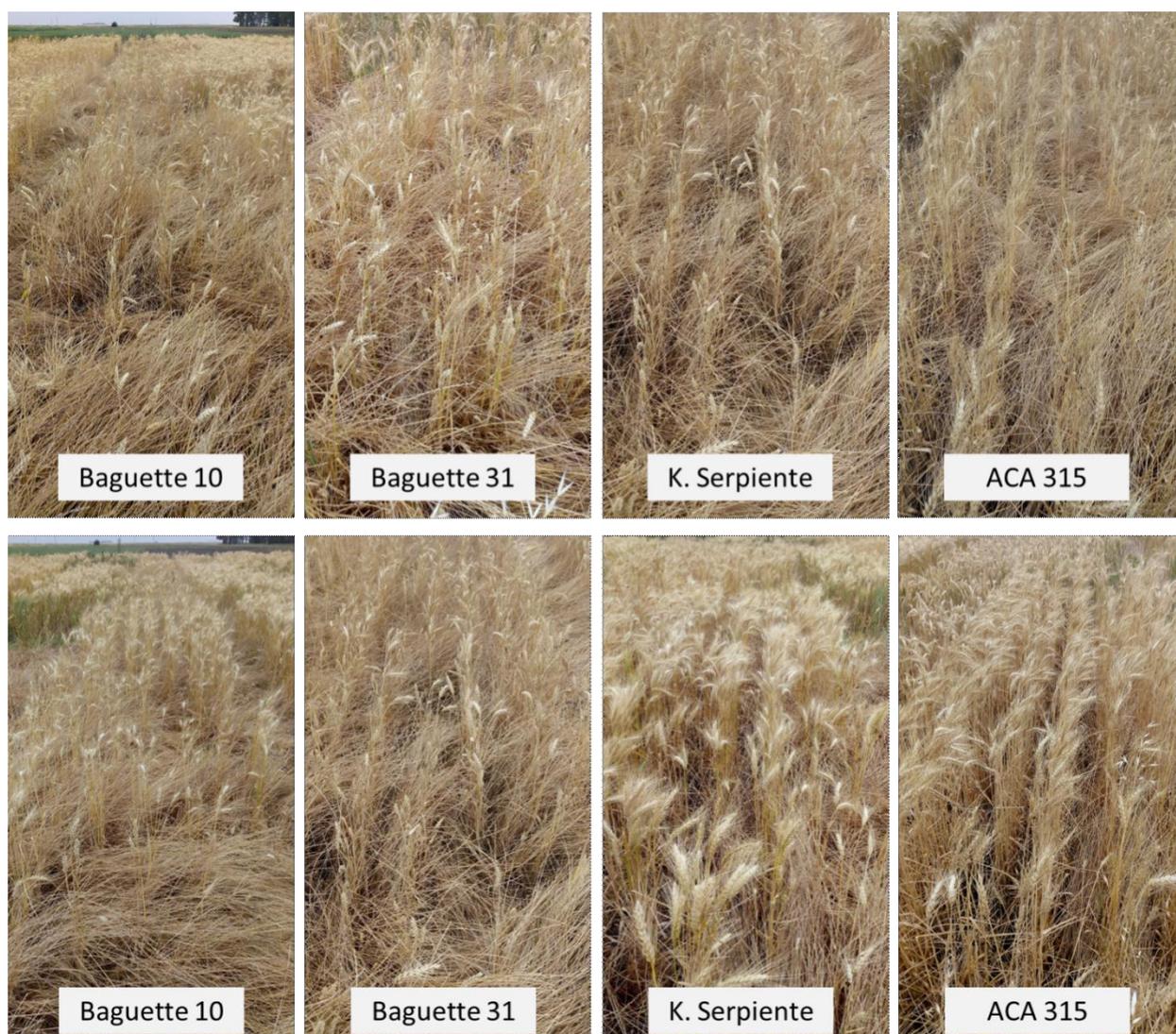


Foto 3. Cultivares de trigo al momento de cosecha, evaluados en interacción con *L. perenne*: sembrados a 250 pl m⁻² (arriba) y 500 pl m⁻² (abajo).

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El NDVI es un parámetro comúnmente utilizado para predecir el estatus de nitrógeno de los cultivos, la cuantificación de plantas y otros usos en agricultura de precisión (Verhulst

et al., 2009). A su vez, este índice ha sido propuesto para cuantificar malezas en cultivos (Merotto et al., 2012).

El aumento de la densidad de siembra a 500 pl m⁻² permitió alcanzar valores de NDVI mayores a la densidad de siembra normalmente empleada durante el período de macollaje (45-90 DDS) tanto en la situación de interacción con *L. perenne* como libre de la maleza (Figura 1). Considerando que la interferencia de las malezas en tal período del ciclo del cultivo aparece un importante impacto en la caída del rendimiento (Guglielmini et al., 2003), el crecimiento vigoroso temprano logrado al aumentar la densidad estimularía la capacidad competitiva del cultivo. Como se indicó antes, las plantas de mayor biomasa tendrían más capacidad para adquirir recursos que un vecino más pequeño (Weiner y Thomas, 1986).

En todos los tratamientos enmalezados con *L. perenne*, los valores de NDVI superaron al control libre de maleza durante gran parte del ciclo. Fundamentado en resultados concordantes a éstos, López Granados et al. (2006) afirman que el NDVI resultó ser el parámetro más promisorio, con alta calidad de precisión, para discriminar, mapear y medir el área de poblaciones de malezas en trigo. Además, el índice de reflectancia NDVI obtenido por un sensor de suelo se puede utilizar para diferenciar las malezas, tallos secos y el suelo desnudo y para la cuantificación de la interferencia de malezas en los cultivos en hileras (Merotto et al., 2012). En el presente trabajo, se encontró que el incremento de la densidad de siembra del cultivo respecto a la densidad normal llega a repercutir en los valores de NDVI registrados tanto en situaciones de enmalezamiento con *L. perenne* como libre de la maleza, por lo tanto esta práctica agronómica podría permitir que el cultivo llegue a captar más recursos limitando aquellos disponibles y susceptibles de ser utilizados por la maleza.

Intercepción de radiación

La variación genotípica de trigo respecto a la capacidad de intercepción de radiación generada por el canopeo ha sido demostrada desde hace varias décadas (Green, 1989; Calderini et al., 1997; Miralles y Slafer, 1997). También, la posibilidad de manipulación mediante prácticas que favorezcan la intercepción de radiación del cultivo resulta en

estrategias aplicables al manejo integrado de malezas (Angiras y Sharma, 1996; Borger et al., 2010).

La densidad de siembra condicionó la respuesta de los cultivares evaluados respecto a la intercepción de radiación del canopeo. Cuando la densidad de siembra se ajustó a 250 pl m⁻², sólo se encontró que ACA 315 y Klein Serpiente, mostraron una intercepción de alrededor del 25 % superior respecto a los genotipos Baguette 10 y 31 a 75 días desde la siembra (Figura 2). Se ha sostenido que las diferencias en la intercepción de radiación entre genotipos de trigo, se asocia frecuentemente a la longitud de las fases de desarrollo de cada genotipo más que a variaciones en la arquitectura de los canopeos (Calderini et al., 1997). En consistencia a esto, la mayor intercepción de radiación de ACA 315 y Klein Serpiente, se debería principalmente a la mayor precocidad frente a los otros genotipos.

Estas diferencias entre genotipos, fueron detectadas a la densidad de siembra normal, pues al reducir o al incrementar la densidad del cultivo, el contraste entre los cuatro genotipos fue bajo. A 500 pl m⁻², los valores de intercepción de todas las variedades fueron superiores a los alcanzados a bajas densidades (Figura 2). Interesantemente, el incremento de la densidad permitió aumentar la intercepción de Baguette 10 y Baguette 31 a los 75 días desde la siembra, momento en el que se observó el contraste con los otros dos genotipos cuando fueron sembrados a la densidad normal (Figura 2).

Ninguno de los cuatro cultivares de trigo alcanzó el índice de área foliar crítico (95% de intercepción) antes de inicio de floración, lo cual indicaría que podría estar asociado a limitantes impuestas por las condiciones ambientales. Salvagiotti y Miralles (2007) han demostrado que la intercepción de radiación fotosintéticamente activa del cultivo de trigo es condicionada por la nutrición del cultivo. En los experimentos del presente trabajo se buscó imitar el manejo tecnológico comúnmente empleado en la zona, por tanto la fertilización nitrogenada aplicada a lo largo de cada experimento consistió en 64 kg de nitrógeno ha⁻¹, esto podría haber limitado la capacidad del cultivo de alcanzar el índice área foliar crítico como han demostrado los citados autores.

Considerando que la radiación es un recurso unidireccional, el pronto desarrollo de un alto coeficiente de extinción en el canopeo de trigo, asociado a una alta intercepción de la radiación, es un carácter de importancia en la supresión de malezas. La radiación

solar en los agroecosistemas regula muchos aspectos del crecimiento y del proceso de competencia (Holt, 1995).

La inclusión del manejo de la radiación solar es una forma de enfocar el manejo integrado de malezas. Este enfoque ha sido comprobado mediante modelos de simulación de la interacción cultivo-maleza que demuestran que la habilidad de los cultivos de crecer verticalmente y desarrollar rápidamente un canopeo denso son los factores más críticos en la competencia por la radiación solar (Holt, 1995).

La arquitectura del canopeo de los cultivos y de las malezas, especialmente la altura de la planta, las ramificaciones y la altura de la mayor proporción de área foliar máxima, determinan el impacto de la competencia por radiación solar, lo cual tiene la mayor influencia sobre el rendimiento del cultivo (Holt y Orcutt, 1991). El aumento de la densidad de siembra funcionaría bajo el principio de que una mayor biomasa de cultivo está presente para competir contra las malezas (Foto 4), otorgando a la población una ventaja para captar más recursos y así aumentar su ventaja sobre las poblaciones de malezas (Weiner y Thomas, 1986; Scursoni et al., 1999.).



Foto 4. Efecto del incremento de la densidad de siembra en la formación del canopeo del cultivo de trigo y la supresión de *L. perenne* a 130 días desde la siembra.

Altura a madurez de trigo

Como se discutió anteriormente, plantas de menor altura usualmente muestran una débil respuesta y efectos de interferencia sobre las plantas vecinas (Goldberg, 1990). Los efectos competitivos de *L. multiflorum* sobre el trigo han resultado ser variables según la densidad de la maleza y las características morfo-fisiológicas de los cultivares de trigo como capacidad de macollaje, tamaño y disposición de las hojas y altura en espigazón (Acciaresi et al., 2001). En este sentido, Hashem et al. (1998) han encontrado genotipos de trigo con elevada capacidad competitiva durante el estado vegetativo, debido a que sus hojas dominan en el estrato superior del canopeo. En consistencia a esto, cultivares de mayor altura presentarían mayor habilidad competitiva frente a *L. perenne*. En tanto la competencia se dé por recursos aéreos.

En los resultados arribados, Baguette 31 mostró una altura significativamente menor a los otros tres cultivares (Figura 1). Como se destacó antes, Baguette 31 fue el cultivar que mostró el menor nivel de interceptación de radiación a lo largo de las evaluaciones. Mientras que ACA 315, identificado como aquel de mayor altura promedio (sin diferir con Baguette 10 y Klein Serpiente) (Figura 3) interceptó 15-30% más radiación que Baguette 31.

Previo a floración, la altura de planta no siempre muestra diferencias entre cultivares (Olesen et al., 2004), recién cuando el cultivo alcanza la altura máxima se llegan a detectar diferencias entre variedades, condicionando su capacidad de supresión y tolerancia a la interferencia con malezas (Cosser et al., 1997; Ogg y Seefeldt, 1999; Olesen et al., 2004).

En trigo, Lemerle et al. (2006) observaron que atributos como altura y tiempo a maduración son de herencia cualitativa, controlada por genes simples. Más recientemente, dos genes (*Rht-1*) han sido destacados como la mayor fuente de variación en la altura de cultivares de trigo europeos, mientras que los efectos de ciertos QTLs condicionarían un ajuste fino sobre la altura pero influirían en menor medida (Würschum et al., 2015). Estos antecedentes demuestran que la altura de los cultivares de trigo es una característica relativamente sencilla de seleccionar en programas de mejoramiento genético.

Por otra parte, se esperaría que variaciones en la densidad de siembra también incidieran en la altura del cultivo de trigo. Khalil et al. (2011) encontraron que al incrementar la densidad de siembra de trigo en un 50% (100 a 150 kg de semillas ha⁻¹), la altura de las plantas fue un 4% superior, atribuyendo tal respuesta a la competencia intraespecífica generada por la mayor densidad de plantas. Sin embargo, coincidentemente con lo hallado en el presente trabajo, otras experiencias muestran que la respuesta en altura al incremento de la densidad de siembra de trigo no resulta ser una respuesta siempre evidente y estaría condicionada por la disponibilidad de recursos que genere el ambiente para que ocurra la interferencia intraespecífica (Sarker et al., 2007; Sarker et al., 2009),

Producción de grano del cultivo

En el año de mayor disponibilidad hídrica (2018), los cultivares de mayor rendimiento ACA 315 y Baguette 10 se diferenciaron de Baguette 31 y Klein Serpiente (Figura 4b). Sin embargo, la pérdida de rendimiento por efecto de la maleza no resultó proporcional al potencial de rendimiento del cultivar (expresado en el tratamiento libre de maleza), pues la interferencia con *L. perenne* limitó el rinde de los cuatro cultivares entre los 1300 y 1800 kg ha⁻¹, sin diferir entre sí e independientemente de las diferencias de rendimientos detectadas en ausencia de la maleza (Figura 4b).

Del mismo modo, en la campaña previa, pese a registrarse menores rendimientos en los cultivos libre de la maleza (Figura 4a), el efecto de la interferencia de *L. perenne* no permitió detectar diferencias entre cultivares. Esto indicaría que la interacción con la maleza impone un “techo” en la producción del cultivo, independientemente del cultivar y el año de estudio (Figura 4).

Sin embargo, la interferencia con *L. perenne* afectó el rendimiento del trigo dependiendo de la densidad de siembra considerada. La depresión del rendimiento rondó entre el 60-70% cuando el cultivo se sembró a baja densidad ó normal. Estos niveles de pérdida, producto de la interferencia trigo-*Lolium spp.*, concuerdan con Lemerle et al. (1996) y Acciaresi et al. (2003) quienes hallaron caídas de rendimiento de alrededor del 50% a causa de la interferencia con *L. rigidum* y *L. multiflorum*, respectivamente.

Las reducciones en materia seca aérea y producción en grano de trigo, provocadas por la interferencia con *L. multiflorum*, se han atribuido a interacciones por competencia y alelopatía (Acciaresi et al., 2003). Lemerle et al. (2004) encontraron similares resultados en diferentes ambientes del sur de Australia donde al duplicar la densidad de siembra normalmente recomendada, el crecimiento de malezas fue menor y por tanto disminuyeron las pérdidas en la producción de grano en distintas variedades de trigo.

Los resultados presentados muestran que el incremento en la densidad de siembra a 500 plantas m⁻² permitió limitar la interferencia de *L. perenne*. Ese valor de rendimiento de alrededor de 1000 kg ha⁻¹ bajo interacción con la maleza, fue duplicado por el incremento de la densidad de siembra. Esta práctica favorecería al cultivo en la relación con la maleza, reflejado en menores pérdidas de rendimiento (entre 30 y 40%) respecto a las densidades de siembra de 125 y 250 plantas m⁻², donde las pérdidas superaron el 60% (Figura 5).

En concordancia, Korres y Froud-Williams (2002) demostraron que la competitividad de los cultivos contra las malezas puede mejorarse aumentando la densidad de los cultivos, siendo entendida como una práctica cultural fácilmente manipulable. No obstante, dentro de los factores que pueden ofrecer una ventaja competitiva al cultivo, el vigor de sus plántulas ha sido considerado por Stougaard y Xue (2004), quienes encontraron que un cultivo de trigo inicialmente vigoroso, originado de semillas grandes, tuvo un rendimiento 18% superior al de un cultivo de menor vigor inicial, cuando competía con *Avena fatua*. Ese incremento resultó ser mayor que el que lograron por un aumento en la densidad de siembra (12%), pero el uso combinado de ambas tácticas se tradujo en un aumento de 30% en el rendimiento de trigo.

En el presente trabajo el incremento de la densidad de siembra fue el factor de mayor impacto en la interferencia del cultivo frente a la maleza. Si bien la disponibilidad diferencial de recursos hídricos detectada entre los dos años de ensayo condicionó el rendimiento de los cultivares, como se discutió antes, el año de ensayo no tuvo efecto en la interacción *densidad*maleza*, indicando la importancia del ajuste de densidad de siembra más allá de la disponibilidad hídrica de cada año y, por ende, su potencialidad como práctica a incluir en una estrategia de manejo integrado.

Complementariedad de recursos (RYT)

Los cultivares que mostraron los menores RYT, i. e. ACA 315 y Baguette 10, fueron los que presentaron los mayores rendimientos cuando se cultivaron libres de la maleza en el año de mayor disponibilidad de recursos hídricos (Figura 4b). Sin embargo, considerando que en interacción con *L. perenne* los rendimientos de los cuatro genotipos evaluados no mostraron diferencias (Figura 4), ACA 315 y Baguette 10 serían los cultivares que mayor pérdida relativa de rendimiento muestran bajo interacción con la maleza. Por lo tanto, en las interacciones de *L. perenne* con los dos cultivares de mayor potencial de rendimiento es donde se habría generado la competencia más intensa, evidenciada por los menores RYT (Tabla 4).

Scursoni et al. (2012) en experimentos en campo en Azul (Pcia. de Buenos Aires) y Marcos Juárez (Pcia de Córdoba) donde evaluaron la interacción de *L. multiflorum* en diferentes densidades (100 a 300 plantas de la maleza m⁻²) frente a trigo, encontraron que en todas las condiciones se generaron interacciones de plena competencia (RYT \approx 1). Bajo tales condiciones, la reducción en la producción de un componente de la consociación es proporcional a la captura de recursos por el otro componente del sistema.

En las interacciones entre *L. perenne* y Baguette 10, Baguette 31 y Klein Serpiente, se observó la ausencia de competencia (Tabla 4). Se ha destacado que a pesar de que durante el ciclo de un cultivo en interacción con cierta maleza, se generen momentos críticos de intensa competencia, no se descartan relaciones de complementariedad de recursos en otras etapas del mismo ciclo (Hooper, 1998). El valor de RYT calculado en el presente trabajo es el resultado final de las interacciones generadas a lo largo del tiempo de cultivo, dependiendo de la disponibilidad de recursos.

La complementariedad de recursos en interacciones de trigo con otras especies, se ha puesto en evidencia sólo en relaciones donde para cierto componente la interferencia intraespecífica es mayor a la interferencia interespecífica (Woldeamlak et al., 2001; Woldeamlak et al., 2006; Pridham y Entz, 2008).

Habilidad competitiva

Así como los efectos de *Lolium spp.* sobre cultivos es dependiente de la densidad de la maleza (Scursoni et al., 2012; Khammassi et al., 2018), en el presente trabajo se planteó la hipótesis del incremento de la densidad de siembra como factor modulador de la interacción *L. perenne*-trigo en orden de favorecer al cultivo en la relación. Los resultados obtenidos muestran que independientemente del cultivar empleado, el incremento de la densidad de siembra a 500 pl m⁻² resultó en un cultivo más agresivo frente a la maleza. Como se trató antes, ese aumento de densidad no se asoció a variaciones en el rendimiento del cultivo cuando se desarrolló libre de la maleza, sin embargo mostró beneficios en el rendimiento respecto a tratamientos enmalezados y con densidades de siembra de 125 ó 250 pl m⁻² (Figura 5).

En consistencia a lo planteado, Izquierdo et al. (2003) trabajando con diferentes densidades de cebada (65 a 621 pl m⁻²) en interacción con *L. rigidum*, encontraron que el incremento en la densidad de plantas del cultivo limitaron los efectos detrimentales de la maleza. Similares resultados incrementando la densidad de siembra de cebada fueron arribados en otras experiencias (Paynter y Hills, 2009; Auskalniene et al., 2010), pero también se ha observado que el aumento de la densidad de siembra de trigo es capaz de suprimir el crecimiento de varias especies de malezas (Christensen et al., 1994; Champion et al., 1998; Roberts et al., 2001; Korres y Froud-Williams, 2002; Mennan y Zandstra, 2005). En la mayoría de estos casos encontraron que el rendimiento del trigo en competencia con malezas aumentó con el incremento de la densidad de siembra debido que a densidades más altas del cultivo se lograría una mayor supresión de la maleza.

Capacidad reproductiva de *L. perenne*

En experiencias de Hashem et al. (1998) y Borger et al. (2015), el aumento de la densidad de trigo no sólo limitó la producción de materia seca aérea de *L. multiflorum* y *L. rigidum*, sino que también condujo a la reducción de la cantidad de semilla producida por tales malezas.

La disminución de la densidad de siembra de trigo y cebada ha sido una práctica agronómica recomendada con el fin de ajustar el número de plantas del cultivo a la disponibilidad de recursos para minimizar la competencia intraespecífica (Whaley et al., 2005). Este manejo ha sido aplicado en ciertas experiencias del sudoeste bonaerense donde el recurso hídrico frecuentemente es escaso; sin embargo, sólo habría mostrado resultados aceptables en ambientes libres de malezas.

Los resultados de esta sección muestran que la reducción de la densidad de siembra de trigo puede favorecer a los procesos de enmalezamiento con *L. perenne* permitiendo una mayor producción de semillas de la maleza y contribuyendo al incremento del banco de semillas del suelo.

La capacidad reproductiva de *L. perenne* también fue dependiente del cultivar. Como se demostró, Baguette 10 y Baguette 31 interfirieron en menor medida con *L. perenne* comparado a Klein Serpiente y ACA 315, cultivares que deprimieron en un 40% la producción de semillas de *L. perenne* (Figura 7). Estas diferencias entre cultivares indican que sería posible seleccionar aquellos genotipos que mayores efectos tendrían en la inhibición de la capacidad reproductiva de *L. perenne* como otra práctica cultural de manejo integrado de la maleza.

Izquierdo et al. (2003) han hallado que el aumento de la densidad de siembra del cultivo afectó la producción de espigas de *L. rigidum* en proporciones que rondaron entre el 42 y 85 %. Considerando que el número de espigas es el componente que mayor efecto tiene en la producción de semillas de *L. perenne* (Yanniccari et al., 2016), es probable que el incremento de la densidad de siembra impacte sobre este parámetro.

Se ha encontrado que en *L. multiflorum* las reducciones pequeñas a moderadas en la relación R/FR tienen fuertes efectos en el macollaje (Casal et al., 1987). Esa reducción en la tasa de macollaje en respuesta a la densidad está de acuerdo con las observaciones previas detectadas en varias gramíneas (Ballaré et al., 2000). La disminución en la intercepción de la radiación por planta y la R/FR más baja en la base de la planta son dos de los factores responsables del efecto (Casal et al., 1986) y que impactarían en la capacidad reproductiva de la maleza.

Estos resultados son consistentes con los discutidos hasta aquí, el efecto del incremento de la densidad de siembra no sólo impactó en un cultivo de mayor capacidad de intercepción de radiación solar y mayor agresividad, si no de mayor efecto supresivo respecto a la producción de semillas de *L. perenne*.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de tesis permitió obtener información acerca de la incidencia del vigor inicial del cultivo de cuatro variedades de trigo en la habilidad competitiva frente *Lolium perenne* resistente a glifosato. Como se mencionó anteriormente las estrategias planteadas para incrementar el vigor inicial del cultivo pueden sustentarse en la elección del cultivar y/o el ajuste de una mayor densidad de siembra. Ambas han resultado de gran interés porque son ambientalmente amigables y de bajo costo relativo comparadas a otras medidas de control de malezas (Borger et al., 2015).

Las variedades de trigo contrastadas mostraron diferencias entre sí cuando se cultivaron en ausencia de la maleza y a la densidad normalmente recomendada. En tales circunstancias, los cultivares Baguette 10 y Baguette 31 mostraron mayor producción de macollos frente a ACA 315 y Klein Serpiente, sin diferir en la producción de materia seca aérea. Ese contraste habría implicado diferencias en la arquitectura de las plantas. En ese sentido, ACA 315 y Klein Serpiente presentaron una intercepción de radiación 25% superior a los otros dos genotipos luego de 75 días desde la siembra. No obstante, esos contrastes no llegaron a reflejarse en respuestas diferenciales entre ambos grupos de cultivares, en habilidad competitiva ó rendimiento, pero se detectó un efecto en la supresión de la capacidad reproductiva de *L. perenne*.

Los resultados obtenidos de la comparación de los cultivares no son evidencias suficientes para aceptar la primera hipótesis planteada que indica que los genotipos de trigo de mayor vigor inicial presentan mayor habilidad competitiva que *L. perenne*. En tanto, el incremento de la densidad de siembra fue el factor de mayor impacto en la interacción trigo –*L. perenne*. Al duplicar la densidad de siembra normalmente empleada (250 pl m⁻²), se alcanzó un incremento en el número de macollos del cultivo por unidad de superficie, se limitó la interferencia de la maleza en la inhibición de la producción de materia seca aérea del cultivo, asociado a esto, se lograron valores superiores de NDVI, se logró una superior intercepción de la radiación incidente, conllevando una mayor agresividad del cultivo frente a *L. perenne* y mayor rendimiento en grano de trigo.

Esos resultados sustentan la aceptación de la segunda hipótesis planteada, indicando que la mayor densidad de siembra favorece la habilidad competitiva, en términos de tolerancia a la competencia de las variedades experimentadas, lo que implica una menor reducción de la materia seca aérea y de la producción de granos. 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).

El efecto del aumento de la densidad de siembra de trigo sobre ryegrass podría analizarse como una interesante alternativa de manejo en planteos de ajuste de densidad de siembra por ambientes. 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. Futuros ensayos permitirían evaluar esta práctica agronómica a mayor escala.

Los efectos del incremento de la densidad de siembra mostraron ser estables en los dos años de ensayo y en las cuatro variedades evaluadas. Si bien la disponibilidad diferencial de recursos hídricos entre los dos años de ensayo condicionó el rendimiento de los cultivares, como se discutió a lo largo del trabajo, el año de ensayo no tuvo efecto en el impacto logrado por el incremento de la densidad de siembra. Esto destaca la importancia de esta práctica y su potencialidad para ser incluida en una estrategia de manejo integrado.

Bibliografía

- Acciaresi, H.A.; Chidichimo, H., Sarandón, S. 2001. Wheat-*Lolium multiflorum* competition: effect of nitrogen application onto Argentinean varieties aggressivity. Cereal Research Communication 29: 451-458.
- Acciaresi, H.A.; Chidichimo, H.O., Sarandón, S. 2003. Shoot and Root Competition in a *Lolium multiflorum*-Wheat Association. Biological Agriculture & Horticulture, 21:15-33.
- Acciaresi, H.A.; Picapietra G.; Cena María E.; Buratovich M. V. 2016. Si al manejo integrado de malezas. EEAINTA Pergamino et al., Publicación Aapresid. <https://www.aapresid.org.ar/wp.../2016/.../20SI-HabilidadcompetitivaymalezasCC.docx>
- Acciaresi, H., Zuluaga, M., Yannicari, M., Guamet, J. 2012. Competencia entre *Zea mays* y *Sorghum halepense* por agua edáfica y su incidencia en el intercambio gaseoso foliar. Ecosistemas 21(3):103-109. Doi.: 10.7818/ECOS.2012.21-3.15
- Aldrich, R.J. y Kremer, R.J. 1997. Principles in weed management. Chapter VI. Iowa State University Press. Ames. Pp : 133-164.
- Amini, M. A.N.; Pratley J.; Azimi S. 2009. Allelopathic assessment of annual ryegrass (*Lolium rigidum*): Bioassays R. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz. Allelopathy Journal 24 (1): 67-76
- Anderson, R.L. 2011. Synergism: a rotation effect of improved growth efficiency. En Donal L. Sparks edition: Advances in Agronomy 112:205-226.
- Andrew, I.K.S; Storkey, J.; Sparkes, D.L. 2015. A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. Weed Research 55:239-248.
- Angiras, N. ;V. Sharma. 1996. Influence of row orientation, row spacing and weed-control methods on physiological performance of irrigated wheat (*Triticum aestivum*). Indian J. Agron. 41:41-47
- Appleby, A. P.; Olson, P. O.; Colbert, D. R. 1976. Winter wheat yield reduction from interference by *Italian ryegrass*. Agronomy Journal 68: 463-466.
- Auskalniene, O.; Psibisauskiene, G.; Auskalis, A.; Kadzys, A. 2010. Cultivar and plant density influence on weediness in spring barley crops. Zemdirbyste-Agriculture 97, 53-60. ISSN 1392-3196 Zemdirbyste-Agriculture. Vol. 97. No. 2 p. 53-60.
- Balfourier, F.; Imbert, C., Charmet, G. 2000. Evidence for phylogeographic structure in *Lolium* species related to the spread of agriculture in Europe: a cpDNA study. Theoretical and Applied Genetics 101: 131-138.
- Ballare, C. L.; Casal, J. 2000. Light signals perceived by crop and weed plants. Field Crops Research Volume 67, Issue 2. Pages 149-160.

Bazzaz, F.A. 1996. Plants in changing environments. Linking physiological, population, and community ecology. Cambridge University Press. EUA. 320pp.

Bedmar, F. 2015. Control de malezas en cultivos extensivos Una visión prospectiva. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria <http://anav.org.ar/pdf/malezas.pdf>.

Bertholdsson, N. 2004. Variation in allelopathic activity in spring wheat. In: Proceedings of the Second European Allelopathy Symposium: From Understanding to application. Pulawy. Poland. June 4, p.22.

Bolsa de Cereales de Buenos Aires. Estimaciones Agrícolas. Disponible en: www.bolsadecereales.com. Último acceso: 04/2019.

Borger, C.P.D, Hashem A.; Pathan, S. 2010. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. Weed Science 58: 174–178.

Borger, C.; Hashem, A.; Powles, S. 2015. Manipulating crop row orientation and crop density to suppress *Lolium rigidum*. Weed Research. 56. n/a-n/a. 10.1111/wre.12180.

Bongiovanni, M.D; Lobartini, J.C. 2006. Particulate organic matter, carbohydrate, and humic acid contents in soil macroand microaggregates as affected by cultivation. Geoderma 136: 660-665.

Booth, B. D.; Murphy, S. D.; Swanton, C. J. Weed ecology in natural and agricultural systems. London: CABI Publishing, 2003. p. 81-90.

Cabrera, A. L. 1970. Flora de la Provincia de Buenos Aires. (Argentina). Gramíneas. Tomo IV. Parte II. Colección Científica del INTA. Buenos Aires. 624 Pág.

Cabrera, A.y Zardini, E. 1978. Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires. Buenos Aires. ACME. 715 pp

Calderini, D.F.; Dreccer, M.F.; Slafer, G.A. 1997. Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat, Field Crops Res. 52 271–281

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes de la República Argentina, CASAFE. 2014 www.casafe.org

Cantamutto, M., Bertucci, C., Huarte, D. 2016. El trigo en el sudoeste bonaerense. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo-sudoeste.bonaerense.2016.pdf.

Carretto L. M. ; Vigna, M. R. 2016.

Actas VI Simposio de cereales de siembra otoño-invernal, II Encuentro del Mercosur. Sección Protección Vegetal.

Carson, K. H., Cralle, N. T., Chandler, J. M., Miller, T. D., Bovey, R. W., Senseman, S. A., and Stone, M. J. 1999. *Triticum aestivum* and *Lolium multiflorum* interaction during drought. Weed Science 47:440–445.

- Casal, J.J.; Sánchez, R.A. ; Deregibus, V.A. 1986. The effect of plant density on tillering: The involvement of red/far red ratio and the proportion of radiation intercepted per plant. *Environmental and Experimental Botany*, 26:365-371
- Casal, J.C.; Sanchez, R.A.; Deregibus, V.A. 1987. Tillering Responses of *Lolium multiflorum* Plants to Changes of Red/Far-Red Ratio Typical of Sparse Canopies. *Journal of Experimental Botany*, Volume 38, Issue 9. pp 1432–1439.
- Catullo, J., Valletti, O.,Rodriguez, E. 1982. Relevamiento de malezas en cultivos comerciales de trigo y girasol en el centro sur bonaerense. IX Reunión Argentina de Malezas y su Control ASAM. Santa Fe. *Malezas* 11: 204-235.
- Clarke, D.D.1984. Tolerance of parasitic infection in plants. En: *Plant Diseases: Infection, Damage and Loss*. RKSWood, GJ Jellis (Eds). Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp 119-127.
- Coleman, R.K., Gill, G.S., Rebetzke, G.J. 2001. Identification of quantitative trait loci (QTL) for traits conferring weed competitiveness in wheat (*Triticum aestivum*L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 52:1235–1246.
- Cosser, N.D.; Gooding, M.J.; Thompson, A.J.; Froud Williams, R.J. (1997) Competitive ability and tolerance of organically grown wheat cultivars to natural weed infestations. *Annals of Applied Biology* 130, 523– 535.
- Cousens, R. D. 1996. Comparative growth of wheat, barley, and annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in monoculture and mixture. *Australian Journal of Agricultural Research* 47: 449-464.
- Cousens, R.D.; Mokhtari, S. 1998. Seasonal and Site Variability in the Tolerance of Wheat Cultivars to Interference from *Lolium rigidum*. *Weed Research*, 38: 301-307.
- Cudney, D.; Jordan, L.; Hall, A. 1991. Effect of Wild Oat (*Avena fatua*) Infestations on Light Interception and Growth Rate of Wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, 39(2), 175-179. doi:10.1017/S0043174500071435
- Culpepper, A. S. 2006. Glyphosate-Induced Weed Shifts. *Weed Technology* 20: 277-281.
- Christensen, S.; Rasmussen, Gitte.; Olesen, J. 1994. Differential weed suppression and weed control in winter wheat. *Arable Farming Under CAP Reform Aspects of Applied Biology*, Vol. 40, 335–342. Association of Applied Biologists, Warwick, UK
- Christensen, S. 1995. Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Research* 35, 241–247.
- Champion, G.T, Froud-Williams, RJ & Holland, J.M. 1998. Interactions between wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar, row spacing and density and the effect on weed suppression and crop yield. *Annals of Applied Biology* 133, 443– 453.

De Abelleira, D.; Verdú, A.; Kruk, B.; Satorre, E.H. (2008). Soil water availability affects green area and biomass growth of *Cynodon dactylon*. *Weed Research* 48:248-256

De la Fuente, E.; Suárez, S.; Ghera, C. 2006. Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 229-236.

Diez de Ulzurrun, P., Marguerite Paz, C., Leaden, M. 2011. Análisis de la tolerancia de *Lolium multiflorum* a glifosato en sistemas de promoción de raigrás. *Revista Argentina de Producción Animal* 31: 129-134.

Di Tomaso, J.M. 1995. Approaches for Improving Crop Competitiveness through the Manipulation of Fertilization Strategies. *Journal Article Weed Science*. Vol. 43, No. 3 , pp. 491-497.

Doll, H., Holm, U., Sogard, B. 1995. Effects of crop density on competition by wheat and barley with *Agrostemmagithago* and other weeds. *Weed Research* 35: 391-396.

Duhalde, J., Di Nezio, L., Perea, A., Jensen, M. 2012. El crecimiento de la agricultura argentina. *Carpeta ganadera 2010/2011 -CEI Barrow-*. <http://www.inta.gob.ar>. Último acceso: 11/2016.

Duke, S. O., Scheffler, B. E., Dayan, F. E., Weston, L. A., Ota, E. 2001. Strategies for using transgenes to produce allelopathic crops. *WeedTechnology* 15: 826-834.

Fernández, O. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta Daninha*. 5. 69-79. 10.1590/S0100-83581982000200010.

Ghera, C.M; Benech-Arnold; R.L. Satorre,E.H. y Martínez-Ghera, M.A. 2000. Advances in weed Management strategies. *Field Crop Research* 67: 95-104.

Ghera, C.M.;Holt, J.S. 1995. Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Research* 35: 461-470.

Gigón, R.; Vigna M.; Yannicari, M. 2017. Manejo de malezas problema. Raigrás (*Lolium spp.*) Bases para su manejo y control en sistemas de producción. REM. Aapresid.

Gigón, R., 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. Rosario. Libro de actas: 69

Giancola, S.;Salvador, M.L.; Covacevich, M.; Iturrioz, G. 2009. Análisis de la cadena de soja en la Argentina. Ediciones INTA. Estudios Socioeconómicos de los Sistemas Agroalimentarios y Agroindustriales N°3.

Goldberg, D.E. 1990. Components of resource competition in plant communities. *Perspectives on Plant Competition* (eds J. Grace & D. Tilman), pp. 27-49. Academic Press, San Diego.

Goldberg, D. E.; Landa, K. 1991. Competitive Effect and Response: Hierarchies and Correlated Traits in the Early Stages of Competition. *Journal of Ecology*, vol. 79, no. 4, pp. 1013-30.

Grace, J.B. 1990. On the relationship between plant traits and competitive ability In: *Perspectives on Plant Competition* (eds Grace JB, editor; & Tilman D, editor), 51–66. Academic Press, San Diego, CA, USA.

Granberry, M.C. 2016. Identifying Quantitative trait loci (QTL) associated with suppression of *Italian ryegrass* in an AGS 2000 x NC-Neuse soft red winter wheat population. Tesis MSc. University of North Carolina. 84pp.

Grau, R.H., Mitchell Aide, T., Gasparri, N.I. 2005. Globalization and Soybean Expansion into Semiarid Ecosystems of Argentina. *AMBIO: A J. of the Human Environment*, 34(3):265-266 (2005).

Green, C.F. 1989. Genotypic differences in the growth of *Triticum aestivum* in relation to absorbed solar radiation. *Field Crop Res.* 19,289-295.

Guglielmini, A.C., Batla, D., Benech-Arnold, R. 2003. Bases para el control y manejo de malezas. En: *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Ed. Satorre, E.H., Benech-Arnold, R., Slafer, G; de la Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M. y Savin, R. FAUBA: 281-614.

Guglielmini A., Kruk, B.; E. Satorre 2015. Un enfoque funcional al análisis de los cambios en las comunidades de malezas de los sistemas agrícolas extensivos de la región pampeana. *Revista Agronomía & Ambiente. EFA* 35 (2): 121-130.

Guoxi, L.; Sen, Z.; Houjin, L.; Zhongi, Y.; Guorong, X.; Jiangang, Y.; Yi, L. 2008. Allelopathic effects of decaying Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) residues on rice. *Allelopathy Journal* 22: 15-24

Harris, F. 2015. The relationship between vigour and earliness in wheat (*Triticum aestivum* L.). Tesis doctoral. Charles Sturt University. 241pp.

Hashem, A., Radosevich, S., Roush, M. 1998. Effect of proximity factors on competition between winter wheat (*Triticum aestivum*) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Weed Science* 46: 181-190.

Heap, I. 2019. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. 2017. Disponible en: <http://www.weedscience.org/in.asp>. Último acceso: 04/2019.

Holt, J.; Orcutt, D. 1991. Functional Relationships of Growth and Competitiveness in Perennial Weeds and Cotton (*Gossypium hirsutum*). *Weed Science*, 39(4), 575-584. doi:10.1017/S0043174500088408.

Holt, J.S. 1995. Plant response to light: a potential tool for weed management. *Weed Science* 43: 474-482.

- Hooper, D. 1998. The Role of Complementarity and Competition in Ecosystem Responses to Variation in Plant Diversity. *Ecology*, 79(2), 704-719. doi:10.2307/176964
- Huel, D.; Hucl, P. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. *Plant Breeding*. 115. 325 - 329. 10.1111/j.1439-0523.
- Inda-Aramendía, L. 2005. El género *Lolium*. Claves dicotómicas. *Revista de la Real Academia de Ciencias de Zaragoza* 60: 143-155.
- Istilart, C. 1991. Relevamiento de malezas en cultivos de trigo en los partidos de Tres Arroyos, G. Chaves y Necochea. XII Reunión ASAM 2: 87-96.
- Istilart, C.; Yannicari, M. 2011. Evaluación del control de *Lolium perenne* resistente a glifosato con haloxifop-Rmetil, en la zona sur bonaerense argentina. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (20., 2011, Viña del Mar, Chile). Actas. Viña del Mar. ALAM. Trabajo n° 57:416-424
- Istilart, C., Yannicari, 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.
- Izquierdo, J.; Guinjuan, J.; Fernandez-Quintanilla, Cesar & Gill, Gurjeet. 2003. Effects of crop and weed densities on the interactions between barley and *Lolium rigidum* in several Mediterranean locations. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2003028>. 23. 10.1051/agro:2003028.
- Jannink, J.; Jordan, N.R.; Orf, J.H. 2001. Feasibility of selection for high weed suppressive ability in soybean: Absence of tradeoffs between rapid initial growth and sustained later growth. *Euphytica* 120, 291–300. <https://doi.org/10.1023/A:1017540800854>.
- Jenkin T.J. 1951. *Atti del Convegno di Genetica Agraria, Rieti, Italy, 1950*. p. 360-374.
- Jenkin T.J. 1959. *Theryegrasses (Lolium L.)*. En: *Handbuch der Pflanzenzuchtung*, 4. Ed. Kappert, H., Rudolf, W. Paul Parey: 435-452
- Jung, G.; van Wijk, A.; Hunt, W.; Watson, C. 1996. Ryegrasses. En: *Cool-season for agegrasses*. Moser, L.; Buxton, D. y Casler, M (Eds.). *Agronomy monograph* 34. Madison. American Society of Agronomy. 841 pp.
- Khammassi, M.; Chaabane H. Belbahri N.; Souissi, T. 2018. The Impact of Ryegrass Density and Different Herbicides on Wheat Yield and Efficacy of Various Herbicides against Ryegrass. *Turkish Journal of Weed Science* 21(1):2018:43-52
- Khalil, Shad & Khan, Faisal & Rehman, Abdur & Muhammad, Fida & Amanullah, DR & Khan, Amir Zaman & Wahab, Shagufta & Akhtar, S. & Zubair, Mian & Khalil, Iftikhar & Shah, M. & Khan, Hamayoon. 2011. Dual purpose wheat for forage and grain yield in response to cutting, seed rate and nitrogen. *Pakistan Journal of Botany*. 43. 937-947.
- Keddy, P.A., Weiher, E. 1999. Relative abundance and evenness patterns along diversity and biomass gradients. *Oikos* 87: 355-361.

Korres, N.E.; Froud-Williams, R.J. 2002. Effects of winter wheat cultivars and seed rate on biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Research*. 2 (6): 417-42

Kropff, M.J.; Spitters C.J.T. 1992. An eco-physiological model for interspecific competition, applied to the influence of *Chenopodium album* L. on sugar beet. I. Model description and parameterization. *Weed Research* Volume32, Issue .Pages 437-450.

Kruk, B. ; Satorre E. 2003. Densidad y arreglo espacial del cultivo. EN: Satorre, E.H.; Benech Arnold, R.L.; Slafer, G.A.; de la Fuente, E.B.; Miralles, D.J.; Otegui, M.E.; Savin, R (Eds.). Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, UBA p. 279-316

Kumar, R.; Silva, L. 1973. Light ray tracing through a leaf cross- section. *Appl. Optics*,12 (12), 2950-2954.

Labrada R.; Parker C. 1994. Weed control in the context of integrated pest management. In Labrada, R., Caseley, J.C. and Parker, C., eds. *Weed Management for Developing Countries*. pp. 3-26. FAO, Rome.

Leguizamón, E., Puricelli, E. 2014. Manejo de malezas. Publicaciones Red de Conocimiento en Malezas REM-Aapresid. Disponible en: www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2014/07/Manejo-de-malezas.pdf. Último acceso: 11/2016.

Leicach, S.R. 2006. Alelopatía. Interacciones químicas en la comunicación y defensa de las plantas. Editorial Universidad de Buenos Aires (Eudeba), Argentina. 208 pp.

Lemerle, D., Verbeek, B., Cousens, R., Coombes, N. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research* 36: 505-513.

Lemerle, D., Verbeek, B., Orchard, B. 2001. Ranking the ability of wheat varieties to compete with *Lolium rigidum*. *Weed Research* 41: 197-209.

Lemerle, R.D., Gill, G.S., Peltzer, S.J., Moerkerk, Murphy, C.E., Collins, D., Cullis, B.R. 2004. Reliability of higher seeding rates of wheat for increased competitiveness with weeds in low rainfall environments. *Journal of Agricultural Science* 142: 395-409.

Liao, M., Fillery, I.R.P., Palta, J.A. 2004. Early vigorous growth is a major factor influencing nitrogen uptake in wheat. *Functional Plant Biology* 31: 121-129.

Lodovichi, M. y Yannicari, M. 2018 Raigrás perenne (*Lolium perenne*) como maleza en la Argentina. Libro: Malezas e Invasoras de la Argentina. Tomo III: Historia y biología de malezas argentinas en particular. Editorial: UNS.

López-Granados, F.; Jurado-Expósito, M. Peña-Barragán, J.M.; García-Torres, L. 2006. Using remote sensing for identification of late-season grass weed patches in wheat. *Weed Science*, 54, 346-352.

Mac Millan, C.; Blundell, C.; King, R. 2005. Flowering of the grass *Lolium perenne*. Effects of vernalization and long day songibberellin biosynthesis and signaling. *Plant Physiology* 138: 1794 – 1806.

Mc Gilchrist C.A.,Trenbath B.R. 1971. A revised analysis of plant competition experiments. *Biometrics*. 27:659-671.

Magrin, G.O.; Travasso, M.I.; Rodriguez, G.R. 2009. Climate change and wheat production in Argentina. *Int. J. Global Warming*, Vol. 1, Nos. 1/2/3.

Marwat K.B, Saeed M, Gul B, Hussain Z (2006). Performance of different herbicides in wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed conditions of Kohat, Pakistan. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 12:163-168.

Mason, H., Goonewardene, L., and Spaner, D. 2008. Competitive traits and the stability of wheat cultivars in differing natural weed environments on the northern Canadian Prairies. *J. Agr. Sci.* 146:21–33. doi:10.1017/S0021859607007319.

Mas, M.T.; Verdú, A.M.C.; Kruk, B.C.; De Abelleira, D.; Guglielmini, A.C. ; Satorre, E.H .2010. Weed communities of transgenic glyphosate-tolerant soyabean crops in ex-pasture land in the southern Mesopotamic Pampas of Argentina. *Weed Research*50, 320–330.

Maydup, M.L.,Graciano, C.,Guiamet, J.J.,Tambussi, E.A. 2012. Analysis of early vigour in twenty modern cultivars of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop and Pasture Science* 63: 987–996.

Mennan, H.; Zandstra, B. 2005. Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from *Galium aparine* (cleavers). *Crop Protection*. 24. 1061-1067. 10.1016/j.cropro.2005.02.012.

Merotto, A.; Jasieniuk, M.; Osuna, M. ; Vidotto, M. ; Ferrero, F.; Fischer, A. 2009. Cross-Resistance to Herbicides of Five ALS-Inhibiting Groups and Sequencing of the ALS Gene in *Cyperus difformis* L.. *Journal of agricultural and food chemistry*. 57. 1389-98. 10.1021/jf802758c.

Merotto, A.; Bredemeier, C.: Vidal, R.A.; Goulart, I.; Bortoli, E.D.: Nunes, A. 2012. Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture. *Planta Daninha*. 30. 437-447. 10.1590/S0100-83582012000200024.

Miralles D.J., Slafer G.A; Lynch V. 1997. Rooting patterns in near-isogenic lines of spring wheat for dwarfism. *Plant and Soil*, 197: 79-86. ISSN 0032-079X

Mortensen, DA; L Bastiaans & M Sattin. 2000. The role of ecology in the development of weed Management systems: an outlook. *Weed Research* 40: 49-62.

Nawaz A., Farooq M., Cheema S. A., Cheema Z. A. 2014. Role of allelopathy in weed management, in *Recent Advances in Weed Management*, eds Chauhan B. S., Mahajan G., editors. (New York: Springer-Verlag Press), 39–62.

Norris, F. R; Caswell-Chu, Kogan, E M. (2003). Concepts in Integrated Pest Management.

Norsworthy, J., Ward, S., Shaw, D., Llewellyn, R., Nichols, R., Webster, T., Bradley, K., Frisvold, G., Powles, S., Burgos, N., Witt, W., Barrett, M. 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* 60: 31-62.

Novelli, D. y Campora, M. C. 2015. Malezas, la expresión de un sistema. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 41 (3). pp. 241-247

O'Donovan, J.T.; McAndrew, D. W. 2000. Effect of Tillage on Weed Populations in Continuous Barley (*Hordeum vulgare*). *Weed Technology*, 14(4), 726-733. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3988661>

Ogg, A.G Jr, Seefeldt, S.S.1999. Characterizing traits that enhance the competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). *Weed Sci* 47:74–80

Olesen, J.E., Hansen, P.K., Berntsen, J., Christensen, S. 2004. Simulation above-ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. *Fields Crops Research* 89: 263-280.

Paynter, B.H., Hills, A.L. 2009. Barley and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition is influenced by crop cultivar and density. *Weed Technology*, 23:40–48.

Preston, C., Wakelin, A., Dolman, F., Bostamam, Y., Boutsalis, P. 2009. A decade of glyphosate-resistant *Lolium* around the world: mechanisms, genes, fitness, and agronomic management. *Weed Science* 57: 435-441.

Pridham, J. C., Entz M.H.2008.Intercropping Spring Wheat with Cereal Grains, Legumes, and Oilseeds Fails to Improve Productivity under Organic Management. *Agron. J.* 100:1436-1442. doi:10.2134/agronj2007.0227.

Polok, K. 2007. Molecular evolution of the genus *Lolium* L. Olsztyn. Studio Poligrafii Komputerowej. 318pp.

Pop, M.; Sand, C.; Barbu, H.; Balan, M.; Grusea, A.; Boeriu, H.; Popa, A. 2010. Correlations between productivity elements in *Lolium perenne* L. Species for new varieties resistant todrought. *Analele Universităţii din Oradea – Fascicula Biologie* 27: 183-185.

Powles, S., Yu, Q. 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology* 61: 317-347.

Puricelli, E.; Tuesca, D. 2005. Weed density and diversity under glyphosate- resistant crop sequences. *Crop Protection* 24: 533-542.

Puricelli, E.; Tuesca, D. 2005. Riqueza y diversidad de malezas en trigo y barbechos de secuencias de cultivos resistentes a glifosato. *Agriscientia*. n. 22, p 69-78.

Radosevich S., Holt, J. y Ghera, C. 1997. *Weed Ecology. Implications for Management*. John Wiley&Sons. EUA. 589pp.

Radosevich, S.R.y Ghera, C.M. 1992. Weeds, crops, and herbicides: a modern-day neckriddle. *Weed Technology* 6:788-795.

REM (Red de Conocimiento en Malezas) Asociación de Productores en Siembra Directa). 2014. El mapa de las malezas resistentes. Disponible en: www.aapresid.org.ar. Último acceso: 09/2019.

Richards, R.A., Condon, A.G., Rebetzke, G.J. 2001. Traits to improve yield in dry environments. En: *Application of physiology in wheat breeding*. Ed. Reynolds, M.P. Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A. CIMMYT: 88-100.

Roberts C.M., Bohnsack J.A., Gell F., Hawkins J.P., Goodridge R. 2001. Effects of marine reserves on adjacent fisheries *Science*, 294, pp. 1920-1923, 10.1126/science.294.5548.1920

Roels B. 2001. *Competition and facilitation in plant communities*. Master Thesis. Department of Plant Ecology, Utrech. University. 130pp.

Rubione, C., Ward, S. (2016). A New Approach to Weed Management to Mitigate Herbicide Resistance in Argentina. *Weed Science*, 64(SP1), 641-648. doi:10.1614/WS-D-16-00016.1.

Salvagiotti, F.; Miralles, D. 2007. Wheat development as affected by nitrogen and sulfur nutrition. *Australian Journal of Agricultural Research - AUST J AGR RES*. 58. 10.1071/AR06090.

Sarker, M.A.Z., Malaker, P.K., Saifuzzaman, M., Pandit, D.B., 2007. Effect of variety and seed rate on the yield of wheat. *Bangladesh J. Agr. Enviorn.*, 3(1), 75-82

Sarker, M.A.Z., Malaker, P.K., Bodruzzaman, M., Barma, N.C.D., 2009. Effect of management and seed rate on the performance of wheat varieties with varying seed sizes. *Bangladesh J. Agr. Res.*, 34(3), 481-492.

Satorre, E.H.1988. *The competitive ability of spring cereals*. Ph D. Thesis. University of Reading. U.K. ISNI: 0000 0001 3553 5556

Satorre, E.H., Snaydon R.W. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. *Weed Research* 32:45-55.

Satorre, E.H., Benech Arnold, R.L., Slafer, G., De la Fuente E., Miralles, D., Otegui M.E.; Savin, R. *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. Buenos. Aires: Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 2003-2004. 783 p.

Satorre, E.H.; Slafer, G.A. 1999. Wheat Production Systems of the Pampas. In: Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination, Food Products Press, New York, 333-348.

Satorre, E.H.; Slafer, G. Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination. CRC Press Published September 5, 2000. Reference - 503 Pages.

Satorre, E. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura actual. En: Oosterheld, M.(editor). La transformación de la agricultura argentina. Ciencia Hoy 15: 24-31.

Scursoni, J., Benech-Arnold R., and Hirschoren, H. 1999. Demography of wild oat in barley crops: Effect of crop, sowing rate, and herbicide treatment. Agron. J. 91:478-485.

Scursoni, J. 2012. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) density and N fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. Crop Protection 32: 36–40.

Scursoni, J., Gigón, R., Martín, A., Vigna, M., Leguizamón, E., Istilart, C. ; López, R. (2014). Changes in Weed Communities of Spring Wheat Crops of Buenos Aires Province of Argentina. Weed Science, 62(1), 51-62. doi:10.1614/WS-D-12-00141.1

Steadman, K.; Crawford, A.; Gallagher, R. 2003. Dormancy release in *Lolium rigidum* seeds is a function of thermal after-ripening time and seed water content. Functional Plant Biology 30: 345–352.

Stougaard, R.; Xue, Q. (2004). Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference. Weed Science, 52(1), 133-141. DOI:10.1614/WS-03-007R1.

Sultana, N. ; Alimon, A. R. ; Haque, K. S. ; Sazili, A. Q. ; Yaakub, H ; Hossain, S. M. J., 2014. The effect of cutting interval on yield and nutrient composition of different plant fractions of *Moringa oleifera* tree. J. Food, Agric. Env., 12 (2): 599-604

Tilman, D. 1982. Resource competition and community structure. Princeton University Press. EUA. 296pp.

Travlos, I.S.2012. Reduced herbicide rates for an effective weed control in competitive wheat cultivars. International Journal of Plant Production 6: 1735-8043.

Tuesca, D. 2007. Cambios en las comunidades de malezas asociados con el sistema de labranza y el uso intensivo de glifosato. Actas XV Congreso de AAPRESID. Pp. 323-329

Van Ittersum, M.K.; Rabbinge, R. 1997. Concepts in ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. Field Crops Research 52: 197-208.

Verhulst, N. ; Govaerts, B.; Verachtert, E.; Kienle, F. 2009. The importance of crop residue management in maintaining soil quality in zero tillage systems; a comparison between long-term trials in rainfed and irrigated wheat systems. Innovations for improving efficiency, equity and environment. 71-79.

Vigna, M., López, R., Gigón, R. 2008. Efecto de glifosato sobre cultivares de raigrás en el SO de Buenos Aires. XVII Congreso Latinoamericano Malezas. Ouro Preto - MG- Brasil.

Vigna, M.R. Carretto L.M. y Lopez J.R. 2016. Habilidad competitiva de cultivares y líneas avanzadas de trigo pan adaptadas al SO de Buenos Aires. Actas. VI Simposio de cereales de siembra otoño-invernal, II Encuentro del Mercosur. Sección Protección Vegetal.

Vitta, J.; Faccini, D.; Nisensohn, L.; Puricelli, E.; Tuesca, D.; Leguizamon, E. 1999. Las malezas en la región sojera núcleo Argentina: Situación actual y perspectivas. Cátedra de Malezas-Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.R. Editada por Dow AgroSciences Argentina, S.A. p 47.

Whaley, J.M.; Sparkes, D.L.; Foulkes, M.J.; Spink, J.H.; Semere, T.; Scott, R.K. 2005 The physiological response of winter wheat to reductions in plant density. Volume 137, Issue 2 October 2000 Pages 165-177

Waheed, A.; Ahmad, W.; A.; Shehzad, M.; Shahid, M. 2012. Nitrogen and phosphorus: Impact on forage oat (*Avena sativa* L.) growth, yield and its quality attributes. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 49. 473-479.

Watson, P.R., Derksen, D.A., Van Acker, R.C., Irvine, B., Therrien, M.C., Entz, M.H. 2002. The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. Weed Science 38: 152-157.

Watson, P.R., Derksen, D. A.; Van Acker, R. C. 2006. The ability of 29 barley cultivars to compete and withstand competition. Weed Science 54: 783-792.

Weiner, J.; Thomas, S.C. 1986. Size variability and competition in plant monocultures. Oikos 47, 211-222.

Wicks, G.; Crutchfield, D.; Burnside, O. 1994. Influence of Wheat (*Triticum aestivum*) Straw Mulch and Metolachlor on Corn (*Zea mays*) Growth and Yield. Weed Science, 42(1), 141-147. doi:10.1017/S0043174500084307

Woldeamlak, A.; Bastiaans, L.; Struik P. C. 2001. Competition and niche differentiation in barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*) mixtures under rainfed conditions in the Central Highlands of Eritrea. Netherlands Journal of Agricultural Science 49 (2001) 95-112.

Woldeamlak, A. , Kropff, M.J. , Struik, P.C. 2006. Effect of drought stress on barley-wheat intercropping African Crop Science Journal 14 (2006) 3. - ISSN 1021-9730 - p. 185 - 195.

Wu, H.; Pratley, J. ; Lemerle D.; Haig, T. 1999. Crop cultivars with allelopathic capability. Weed Research 39: 171-180.

Würschum, T.; Sieber, A. ; Longin, F. 2015. Molecular characterization of winter durum wheat (*Triticum durum*) based on a genotyping-by-sequencing approach. Plant Genetic Resources. 10.1017/S1479262115000349.

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

Yannicari, M.; Istilart, C.; Giménez, D. 2009. Evaluación de la resistencia a glifosato de una población de *Lolium perenne* L. del sur de la provincia de Buenos Aires. II Congreso Iberoamericano de Ciencias de las Malezas. Lisboa – Portugal. Volumen II: 521 – 524.

Yannicari, M.; Acciaresi, A. 2013. Perennial weeds in Argentinean cropsystems: biological and ecological characteristics and basis for a rational weed management. En: “Agricultural Research Updates Vol. 5.” Gorawala, P.; Mandhatri, S. (Eds.). Nueva York. Nova Science Publishers. 176 pp.

Yannicari, M.; Vila-Aiub, M.; Istilart, C.; Acciaresi, H.; Castro, A. 2016. Glyphosate resistance in Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.) is associated with a fitness penalty. *Weed Science* 64: 71-79