

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESTUDIO DEL POTENCIAL ALELOPÁTICO E INTERFERENCIA DE 5
CULTIVARES DE TRIGO (*Triticum aestivum*) SOBRE RAIGRAS ANUAL
(*Lolium multiflorum*)**

por

**Carlos Andrés BOSCH RODRIGUEZ
Juan Manuel UGARTE POLLIO**

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández

Ing. Agr. Esteban Hoffman

Ing. Agr. Juana Villalba.

Fecha:

6 de julio de 2012

Autor:

Carlos Bosch

Juan Manuel Ugarte

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres, hermanos y abuelos que nos acompañaron en el transcurso de nuestra carrera, brindándonos siempre su incondicional apoyo, colaboración y paciencia. A nuestros amigos quienes nos impulsaron con sus palabras de aliento, ayudándonos a superar obstáculos y alegrando nuestro trabajo día a día. Un agradecimiento muy especial a nuestra directora de tesis, Ing. Agr. Dra Grisel Fernández, por su excelente disposición, su continuo apoyo, sus invaluable consejos y su valioso tiempo. Todos ellos han hecho que valga la pena cada tramo de nuestra carrera, guiándonos con su ejemplo para ser cada día mejores personas. Muchísimas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. INTERFERENCIA DE RAIGRAS (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) EN TRIGO. .	2
2.2. METODOS DE CONTROL DE RAIGÁS.....	4
2.3. METODOS DE CONTROL CULTURAL	5
2.3.1. <u>Utilizacion de cultivares con capacidad de competencia</u>	5
2.3.2. <u>Manejo de la densidad de siembra</u>	12
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	14
3.1. EXPERIMENTO 1.....	14
3.1.1. <u>Tratamientos y diseño experimental</u>	14
3.1.2. <u>Instalación y seguimiento</u>	16
3.1.3. <u>Determinaciones</u>	17
3.1.4. <u>Análisis estadístico</u>	18
3.2 EXPERIMENTO 2.....	19
3.2.1. <u>Tratamientos y diseño experimental</u>	19
3.2.2. <u>Instalación y seguimiento</u>	22

3.2.3. <u>Determinaciones</u>	23
3.2.4. <u>Análisis estadístico</u>	24
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	25
4.1. EXPERIMENTO 1: EVALUACIÓN DE POTENCIAL ALELOPÁTICO EN LOS CULTIVARES DE TRIGO	25
4.2. EXPERIMENTO 2: ESTUDIO DE LAS RELACIONES DE INTERFERENCIA TRIGO-RAIGRÁS	30
4.2.1. <u>Efectos del cultivar y de la relación de densidades trigo/raigrás sobre raigrás</u>	30
4.2.1.1. Efectos sobre el desarrollo de raigrás.....	30
4.2.1.2. Efectos sobre el crecimiento de raigrás	34
4.2.2. <u>Efecto del cultivar y la relación de densidades trigo/raigrás en las variables estimadas en trigo</u>	38
5. <u>CONCLUSIONES</u>	47
5.1 EXPERIMENTO 1	47
5.2 EXPERIMENTO 2	47
6. <u>RESUMEN</u>	49
7. <u>SUMMARY</u>	51
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	53

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos de la cámara.. .. .	15
2. Descripción de los tratamientos del telado.....	20
3. Largo de la parte aérea de trigo (cm.) según cultivar cámara.....	29
4. Efecto de los cultivares y de la relación densidad trigo/densidad raigrás sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando escala Haun, en las primeras 5 fechas de evaluación	31
5. Efecto de los cultivares y de la relación de densidades trigo/raigrás sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando la escala Zadocks, para el promedio de las 4 últimas fechas	32
6. Efecto de los cultivares sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando la escala Zadocks, para la relación trigo/raigrás 1,5:1 (promedio de las 4 últimas fechas).....	33

Figura No.

1. Largos de parte aérea y raíz de raigrás (cm.) según sustrato en cámara.....	25
2. Relación largos (cm.) de parte aérea/ raíz de raigrás según cultivares en cámara.....	26
3. Largo raíz de raigrás (cm.) según cultivares en cámara.....	27
4. Largo de planta (cm.) de raigrás, promedio de las 2 relaciones trigo/raigrás, para los cultivares ensayados.....	34
5. Peso verde raigrás (gr.), para el promedio de las relaciones trigo/raigrás, para los cultivares ensayados.....	34
6. Peso verde raigrás (gr.), para el promedio de los cultivares, según relación densidad trigo/densidad raigrás.....	36
7. Peso seco raigrás (gr.), promedio de las 2 relaciones de trigo/raigrás, para los cultivares ensayados.....	37
8. Altura de los cultivares de trigo (cm.) estudiados creciendo junto a raigrás (promedio de las 2 relaciones trigo/raigrás).....	39
9. Altura de planta de trigo (cm.), para el promedio de los cultivares y las 2 relaciones trigo/raigrás, según presencia/ ausencia de raigrás.....	40
10. Peso verde trigo (gr.) para el promedio de con y sin raigrás.....	41
11. Peso verde trigo (gr.) para el promedio de los cultivares en con y sin raigrás.....	42
12. Peso seco trigo (gr.) para el promedio de con y sin raigrás.....	43
13. Peso seco trigo (gr.) con y sin raigrás para el promedio de los cultivares ..	44
14. Peso seco trigo (gr.) en los tratamientos con y sin raigrás.....	46

Foto No.

1. Ensayo en la cámara de crecimiento LABMA.....	16
2. Determinación de largo de raíz y parte aérea de trigo y raigrás.	18
3. Ensayo y disposición de bloques en el telado.....	21
4. Trabajo de siembra de trigo y raigrás en LABMA.....	22

1. INTRODUCCIÓN

Raigrás (*Lolium multiflorum*) es una maleza problemática y muy difundida (Ríos et al., 2005) en cultivos invernales en el país y principalmente en trigo que es el cultivo con la mayor área de siembra de la agricultura de invierno.

La opción generalizada para el control de esta maleza es el control químico con herbicidas. Los herbicidas utilizados con este fin son de elevado costo, tienen una ventana de aplicación muy estrecha y resultan frecuentemente en controles sólo parciales. Su efectividad es fuertemente influida por el manejo y las condiciones ambientales pre y post-aplicación.

Muy recientemente, prácticamente en las dos últimas zafras, se ha constatado un importante incremento en el porcentaje de área de trigo sembrada tempranamente, a fines de abril y mayo. Considerando las características de crecimiento de los cultivares adaptados a estas siembras y las abundantes germinaciones de raigrás en estas fechas es posible que se incrementen los problemas de interferencia esta maleza en el cultivo.

Como problema adicional, de suma importancia, a tener en cuenta es que existen numerosas evidencias internacionales indicando que raigrás genera rápidamente resistencia a múltiples herbicidas. En el país se comprobó la existencia de poblaciones altamente tolerantes a glifosato en chacras del litoral agrícola (Formoso et al. 2007, Della Valle y Ferrari 2011).

Una interesante propuesta para la mitigación de estos problemas es la instrumentación de formas alternativas o complementarias de control cultural como es la utilización de cultivos competitivos que sumados a la aplicación racional de control químico permitan un control integrado de malezas y la disminución del uso de herbicidas.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue estudiar, en 5 cultivares de trigo recomendados para siembras tempranas, potencial alelopático y capacidad de interferencia temprana sobre raigrás.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTERFERENCIA DE RAIGRAS (*Lolium multiflorum* Lam.) EN TRIGO

Raigrás es una especie gramínea de ciclo anual invernal e importante maleza afectando la productividad de cultivos cerealeros invernales como trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), ambos cereales extendidos mundialmente (Holm et al., citados por Scursioni et al., 2012).

En el país es actualmente una maleza problemática habiéndose constatado importantes aumentos poblacionales en los últimos tiempos. En un amplio relevamiento de malezas realizado en el área agrícola tradicional del país esta especie resultó la maleza más frecuente en barbecho en chacras de trigo y cebada encontrándose presente en 76,6 % de las chacras (Ríos et al., 2005).

En lo que refiere a las pérdidas de rendimiento debidas a la presencia de Raigrás se han reportado numerosas evidencias en muchas regiones donde se cultivan cereales de invierno. En el caso de los EEUU en las regiones de Oregon y Carolina del Norte (Appleby et al., Liebeland y Worsham, citados por Cralle et al., 2003) reportaron que densidades de raigrás de entre 29 y 118 plantas/m² puede reducir el rendimiento de trigo entre un 7 y un 50%. Los mismos autores sostienen que la competencia por raigrás puede disminuir el rendimiento de trigo en un 4,2% por cada 10 plantas/m² de raigas (Liebl y Worsham, 1987). Estudios de campo en Texas (Stone et al., citados por Cralle et al., 2003) demostraron que densidades de raigrás de tan solo 40 plantas/m² pueden reducir los rendimientos de trigo hasta un 50%.

En un trabajo anterior realizado en condiciones controladas en invernadero (Stone et al., 1998) y estudiando la interferencia aérea y subterránea entre trigo y raigrás encontraron elevada competitividad en raigrás. En éste trabajo se evaluaron diferentes densidades de trigo y raigrás, incluyendo testigos de trigo y raigrás solos. La interferencia de raigrás sobre trigo en el invernadero para las diferentes densidades no difirió de los testigos de trigo puro, cuando solo se permitió la interacción de las partes aéreas de

ambos. Pero la interferencia de raigrás sobre el trigo cuando se permitió que las partes subterráneas interactuaran, causó que en éste se redujera la altura, el número de hojas, el macollaje, el área foliar, el porcentaje total de carbohidratos no estructurales en el tallo, el peso seco de las hojas, tallos y raíces, en relación con los testigos de trigo puro.

Otro importante factor afectando el resultado de la interferencia de raigrás en trigo es el momento de emergencia de la maleza relativo a la del cultivo. Como lo comprueban los trabajos de Berti y Zanin (1994) y también los de Berti et al. (2008) el principal factor determinante de la pérdida de rendimiento de los cultivos por efecto de la interferencia de malezas es la combinación de la densidad de infestación y el momento de emergencia de la misma.

También las condiciones edáficas, ambientales y de manejo afectan el proceso de la interferencia. Carson et al. (1999) en un ensayo bajo condiciones controladas de invernadero estudiando las interferencias raigrás-trigo bajo régimen de riego y exposición a sequía temporaria encontraron que el estrés hídrico aumenta la competitividad relativa del raigrás sobre trigo.

Otro factor de relevancia y que ha recibido mucha atención en trabajos recientes es la consideración del tipo de cultivar de trigo. Recientemente en un trabajo realizado en el país, Rouiller y Scaglia (2012) evaluando el efecto de la interferencia de raigrás en 7 distintos cultivares de trigo encontraron pérdidas de rendimiento de trigo entre 48,2 y 79,4%. En este trabajo se estimó la relación pérdida de rendimiento/biomasa verde de raigrás resultando el cultivar Nogal el más sensible a la interferencia de la maleza con una relación de 4,9 y Don Alberto el menos sensible con una relación de 3,2.

En consideración de la magnitud de las pérdidas ocasionadas por la interferencia de raigrás, cuando la maleza está presente en cultivos de trigo la decisión generalizada resulta realizar control.

2.2 MÉTODOS DE CONTROL DE RAIGÁS

El método más generalizado en el control de esta maleza en cultivos de trigo es la utilización de herbicidas.

Así en el país, la totalidad de los controles se realizan sobre la base del control químico y se utilizan herbicidas del grupo de los inhibidores de la ACCasa como diclofop, clodinafop y pinoxaden, también de la familia de las sulfonilureas como el iodosulfuron y más recientemente el pyroxsulam de la familia de las sulfonamidas.

Los herbicidas son la herramienta de control de malezas más importante utilizada en la agricultura moderna y han probado ser relativamente eficientes en hacerlo. Dos tercios del volumen total de pesticidas utilizados en el mundo para la agricultura son herbicidas. Sin embargo, el abuso en el uso de herbicidas ejerció presión de selección sobre las malezas resultando en el desarrollo de resistencia de las mismas (Lydon y Duke, citados por Nambili, 2008).

Por otro lado, el uso indiscriminado de herbicidas para el control de malezas ha tenido como resultado graves problemas ecológicos y ambientales como problemas de residualidad en suelo para otros cultivos susceptibles, incremento de las poblaciones de malezas “miméticas” muy emparentadas con los cultivos que infestan y por ende de difícil control, agravamiento de los problemas de contaminación ambiental, numerosos peligros para la salud humana y aumentos en los precios de los herbicidas. El aumento de la resistencia a herbicidas, los aumentos en los costos de producción y el interés en la protección ambiental, han creado la necesidad de explorar otros métodos no químicos de control de malezas que puedan ser tan efectivos y selectivos como los herbicidas sintéticos actualmente disponibles (Nambili, 2008).

Estos problemas no son ajenos al caso de raigrás. Esta especie ha generado resistencia en muchas aéreas agrícolas del mundo habiéndose registrado casos de resistencia a herbicidas de los grupos A/1 de los inhibidores de la ACCasa, del grupo B/2 de los inhibidores de la ALS, G/9 glicinas, K3/15 Cloroacetamidas y otras, H/10 inhibidores de la glutamina sintetasa, existiendo

también casos de resistencia múltiple (Weed Science, s.f.). Es importante destacar la gran cantidad de sitios de acción en los que la especie ha generado resistencia lo que alerta sobre la potencialidad de problemas para su control si no se adoptan estrategias de control alternativas o complementarias a los herbicidas, que disminuyan la presión de selección que los mismos vienen realizando sobre esta maleza.

Esta situación ha impulsado la investigación y desarrollo de métodos alternativos, básicamente propuestas de control cultural con la intención de mitigar estos problemas.

2.3 MÉTODOS DE CONTROL CULTURAL

Según Jordan (1993) la interferencia del cultivo con el crecimiento de malezas es un método no químico de control que puede resultar fundamental en muchos sistemas agrícolas.

Las pérdidas de rendimiento por efecto de la interferencia de malezas pueden ser disminuidas considerablemente si se promueve la capacidad de competencia de los cultivos a través de métodos culturales de manejo como lo son fundamentalmente, la utilización de variedades con alta capacidad de competencia y el incremento de la densidad de siembra.

2.3.1 Utilización de cultivares con capacidad de competencia

En la bibliografía se usa en forma indistinta la calificación de capacidad de competencia y capacidad de interferencia para referirse a los efectos de cultivos sobre malezas.

Según Rice (1974) la capacidad de interferencia de un cultivo sobre malezas refiere a la habilidad de una especie o cultivar de reducir la emergencia y/o producción de biomasa y/o de semillas de malezas.

Según Goldberg, citado por Olesen et al. (2004), un cultivo competitivo puede ser definido como aquel que mantiene su rendimiento en presencia de malezas así como también como aquel que es capaz de reducir significativamente el crecimiento de las mismas. Por lo tanto se estaría afirmando que un cultivo competitivo es por igual un cultivo que tolera la presión de malezas como un cultivo que suprime el crecimiento de malezas.

Esta definición es concordante con la visión de Jordan (1993) quien expresa que la competitividad de un cultivo puede verse de dos maneras distintas; la habilidad para tolerar las malezas, y la habilidad de suprimir malezas. Lemerle et al. (1996) sostienen además que los aspectos competitivos de la tolerancia y la supresión suelen estar correlacionados.

La capacidad de supresión de malezas así como la tolerancia a los efectos de la interferencia de las mismas son usualmente difíciles de separar en estudios experimentales a campo, aunque hay indicios de que la variación varietal en lo que refiere a supresión de malezas puede ser mayor que la tolerancia (Jordan, 1993).

Así lo comprueba el trabajo de Olesen et al. (2004) quienes estudiando las diferencias en habilidad competitiva de varias especies de cereales y variedades encontraron significativas variaciones en la capacidad supresora de malezas y muy poca variabilidad en relación a la habilidad para tolerar la competencia. En consideración de sus resultados señalan la importancia de evaluar separadamente capacidad supresora y habilidad para tolerar la interferencia de malezas. A tales efectos proponen la utilización del modelo de simulación "Fasset Crop Model" que permite el análisis de los efectos de un gran número de caracteres varietales potencialmente involucrados en la determinación de la habilidad supresora y de la habilidad para tolerar malezas. Estos autores sugieren la utilización de índices para cuantificar estas distintas habilidades.

El índice de supresión fue calculado como la biomasa aérea de un cultivar al momento del llenado de grano dividido la biomasa aérea promedio de todos los demás cultivares en ese momento y el índice de tolerancia como la pendiente de la regresión lineal entre rendimiento del cultivo y la biomasa de la maleza en antesis.

En el estudio de estos autores, ambos índices resultaron altamente correlacionados, tal como lo sugiriera Lemerle et al. (1996) demostrándose además que varias características afectan tanto el índice de supresión como el índice de tolerancia que llevan a esta correlación.

Las características varietales que afectaron el índice de supresión fueron desarrollo temprano del cultivo, rápido crecimiento en altura y área foliar específica. La respuesta del índice de tolerancia a la variación de los caracteres del cultivo fue menor y se vio que está más relacionado a factores como el coeficiente de extinción de la luz y el área foliar por unidad de nitrógeno absorbido. Por otra parte, la habilidad supresora de las variedades testeadas en esta simulación demostró tener menor variabilidad interanual que la habilidad para tolerar una presión de malezas predeterminada.

Varias otras características han sido documentadas como asociadas a capacidad de competencia frente a malezas (Challaiah et al., Blackshaw, Christensen, Lemerle et al., citados por Olesen et al., 2004).

Aunque la competencia bajo el suelo, entre las raíces de cultivos y las de malezas es más fuerte que la competencia sobre el suelo (Wilson, citado por Olesen et al., 2004), la variación varietal en competitividad que ha sido principalmente documentada es la que tiene lugar sobre el suelo (De Lucas Bueno y Froud-Williams, citados por Olesen, 2004).

Según Olesen et al. (2004) es necesario identificar las características que confieren competitividad puesto que el testeo de variedades por competitividad utilizando experimentos de campo con diferentes densidades de malezas resulta una tarea muy difícil considerando la gran cantidad de variedades que se introducen cada año. Opina además que las características deberían tener validez general de forma tal que puedan ser incluidas en programas de caracterización de cultivares. También agrega que este tipo de identificación es necesaria en programas de selección por competitividad frente a malezas. Inclusive, para facilitar un testeo rápido y económico por parte de los seleccionadores, en cientos de biotipos de cultivos, las características deberían ser preferentemente morfológicas y de fáciles identificación.

Entre las características biológicas cuantitativas comúnmente identificadas como responsables de la competitividad en cultivos se incluyen aquellas que determinan una rápida cobertura foliar del suelo como rápida germinación, rápido crecimiento de la parte aérea y vigor, rápido desarrollo foliar y establecimiento de la canopia, importante área foliar y duración de la misma y gran altura de planta (Christensen, Huel y Hucl, Lemerle et al., citados por Olesen et al., 2004). También han probado ser de importancia aquellas características que permiten una rápida extracción de los recursos del suelo como nutrientes y agua asociada a un rápido desarrollo de raíces y tamaño de las mismas.

Muchas de estas características permiten la rápida captura de recursos por parte del cultivo en detrimento de la utilización que de los mismos puedan realizar las malezas (Blackshaw, citado por Olesen et al., 2004). Particularmente importantes han resultado las características que reduciendo la cantidad de luz debajo de la canopia del cultivo redundan en la disminución de la implantación y crecimiento de plántulas de maleza.

En cuanto a la altura de los cultivares, (Lemerle et al. 1996, Wicks et al., Grundy y Froud-Williams, citados por Korres y Froud-Williams 2002), concuerdan en que la altura de las plantas es una de las características principales que contribuyen a la competitividad del cultivar y lo explican en función de la habilidad de sombreado y sus efectos en la penetración de la luz (Blackshaw, Seavers y Wright, citados por Korres y Froud-Williams, 2002). Estos últimos autores encontraron una fuerte correlación negativa entre altura de planta en trigo y el total de materia seca de malezas lo que les llevó a afirmar que esta característica es un rasgo que confiere competitividad. Es por esto que cultivares de gran porte son, en general, más competitivos frente a malezas que cultivos enanos o semipostrados.

Varios estudios mostraron que trigos semipostrados tienen baja tolerancia a la competencia con malezas y sufren mayores pérdidas de rendimiento que cultivares estándar aún con menor potencial de rendimiento (Lemerle et al., 1996). Esto coincide con el resultado encontrado en el trabajo de Rouiller y Scaglia (2012) en el cual la variedad Nogal, caracterizada como semipostrada, presenta una mayor susceptibilidad a esta maleza, siendo la variedad con menor peso seco.

En el trabajo de Blackshaw, citado por Korres y Froud-Williams (2002), se encontró que además de la altura otras características como la tasa de crecimiento inicial, la capacidad macolladora y el área foliar pueden afectar la interacción entre la maleza y el cultivo.

Lo que antecede parece indicar que la capacidad competitiva no es una característica absoluta sino que es la resultante de diferentes combinaciones de características morfofisiológicas. Por otro lado Baylan et al., citados por Korres y Froud-Williams (2002), encontraron que la altura y la acumulación de materia seca durante el crecimiento del cultivo son mejores características que la capacidad de macollaje para aumentar la capacidad de competencia.

El potencial alelopático sería otra característica confiriendo capacidad de interferencia a cultivos y cultivares y supone la producción y liberación en el ambiente de químicos por plantas vivientes, senescentes o residuos que estimulan, inhiben o retrasan el crecimiento de plantas vecinas (Rice, 1974). Según Wu et al. (1999) hasta la fecha la mayoría de los efectos alelopáticos identificados fueron inhibitorios. Esta inhibición es causada por sustancias fitotóxicas que son liberadas activamente por plantas vivas al ambiente a partir de exudados radiculares, lixiviación y volatilización y pasivamente liberados a partir de la descomposición de residuos de plantas.

Estas sustancias fitotóxicas liberadas al ambiente son llamadas aleloquímicos. Los aleloquímicos son considerados metabolitos secundarios o productos de desecho de las rutas metabólicas principales y no parecen tener un rol en las rutas metabólicas primarias esenciales para el crecimiento de las plantas.

Se han identificado un gran número de tipos de aleloquímicos que inhiben la germinación y el crecimiento de plantas (Putnam, 1988) y las similitudes comprobadas entre los aleloquímicos y los herbicidas sintéticos sugieren que la alelopatía tiene potencial para el control de malezas (Wu et al., 1999).

Según Wu et al. (1999) la alelopatía tiene un gran potencial en el manejo integrado de malezas. Al presente se han seleccionado genotipos superiores con potencial alelopático en varios cultivos extensivos y existe evidencia acumulada indicando importante variabilidad en la capacidad de inhibir el crecimiento en especies de malezas.

Los progresos alcanzados en el área de la genética indican que serían varios los genes involucrados en la regulación de la producción y excreción de aleloquímicos. Los mismos autores proponen que se podría iniciar un programa de mejoramiento que permita transferir estos genes a cultivares modernos y de esta manera aumentar su actividad alelopática para la supresión de malezas.

La identificación de cultivares con alta actividad alelopática y la transferencia de dicha característica a cultivares modernos podría restaurar esta propiedad que ha sido perdida inadvertidamente durante el proceso de selección cuando se priorizó la rápida tasa de crecimiento y altos rendimientos (Wu et al., 1999).

Investigaciones en pepino, arroz y trigo demostraron diferencias considerables en cuanto a la actividad alelopática entre accesiones, encentrándose accesiones capaces de inhibir fuertemente el crecimiento de algunas especies de malezas (Wu et al., 1999).

Por otra parte la investigación ha demostrado claramente que la variabilidad genética respecto a potencial alelopático se encuentra dispersa dentro de varias especies de cereales. Esto ofrece un pool genético para la selección de cultivares de cereales con alta habilidad alelopática (Wu et al., 1999). Se ha hipotetizado que la producción de aleloquímicos en la planta está controlado genéticamente (Bell y Charlwood, Masson–Sedun, Putnam y Tang, citados por Wu et al., 1999) aunque el desarrollo futuro de cultivares alelopáticos probablemente dependa de la comprensión del control genético de la alelopatía.

La investigación genética de los rasgos alelopáticos es el área de estudio más débil dentro de la alelopatía. Se esperan muchas dificultades para examinar la herencia de los aleloquímicos. El primer problema es aislar y cuantificar los aleloquímicos en poblaciones genéticamente diversas, otra

dificultad importante es la limitada disponibilidad de técnicas de identificación química como la espectrometría de cromatografía de masas. El segundo problema es que la herencia de agentes alelopáticos no sería sencilla debido a que podría haber muchos genes involucrados en la producción de aleloquímicos. Se han reportado diferentes categorías de compuestos alelopáticos y se han propuesto varias vías metabólicas bioquímicas para la síntesis de estos compuestos (Einhellig, citado por Wu et al., 1999).

Olofsdotter et al., citados por Wu et al. (1999), concuerdan con que la actividad alelopática posiblemente sea un rasgo poligénico correlacionado muy débilmente con el rendimiento y otras cualidades agronómicas importantes. La presencia de aleloquímicos dentro de las plantas no significa necesariamente que puedan entrar en el ambiente y afectar a las plantas receptoras.

La producción y liberación activa de aleloquímicos es dependiente de la etapa de desarrollo de los cultivos y de las condiciones ambientales externas. Existirían otros genes denominados “genes regulatorios” que controlarían la liberación de los aleloquímicos al ambiente del suelo. Los compuestos alelopáticos son liberados en mayores cantidades cuando las plantas se encuentran bajo stress (Tang et al., Einhellig, citados por Wu et al., 1999). Esto implica que las condiciones de stress externas, como déficit hídrico, de nitrógeno y elevadas temperaturas, regularían a estos genes, promoviendo la biosíntesis de aleloquímicos y estimulando el movimiento de los mismos desde el interior de la planta hacia el ambiente exterior.

La tecnología genética moderna hace más fácil la localización de los genes que controlan la alelopatía, una vez que estos genes hayan sido identificados, podrán ser clonados y transferidos a los cultivares comerciales modernos. Debido a la naturaleza selectiva de la alelopatía, no se debe esperar que ésta pueda controlar todas las malezas presentes en los establecimientos agrícolas (Wu et al., 1999).

La incorporación de los rasgos alelopáticos conjuntamente con otros relacionados al potencial de interferencia de las plantas, referentes a la competencia en cultivos comerciales, podría considerarse un gran paso hacia el desarrollo sustentable de sistemas de producción de cultivos con menor dependencia en los herbicidas (Lemerle et al., 1996).

Cabe destacar que la supresión de malezas por cultivos, sea por competencia o por efectos alelopáticos, puede ser también una opción más efectiva a largo plazo para el control de malezas debido a que tiene efectos en la producción de semilla de la maleza y por lo tanto en el banco de semillas en el campo (Lemerle et al., Cosser et al., citados por Olesen et al., 2004).

Otro aspecto de interés es la posibilidad de disminuir el uso de herbicidas. Según Christensen (1994), utilizando variedades de gran capacidad de competencia es posible lograr efectivos controles de malezas aún con dosis baja de herbicidas. Este autor evaluando la respuesta a dosis de una mezcla de herbicidas necesaria para alcanzar un nivel dado de infestación de malezas (5 gr. de materia seca de maleza m²) en diferentes cultivos de invierno y sus variedades comprobó que la dosis en las variedades de trigo varió en un rango de entre 135-256%, siendo 100% la dosis de referencia para cebada. Esto le permite concluir que en variedades con mayor capacidad de competencia se requieren menores dosis de herbicidas para alcanzar el control deseado.

Aumentar la habilidad de las variedades de cultivos de suprimir las malezas es una medida atractiva de control que puede ser un componente integral de las futuras estrategias de control de malezas (Pester et al., Lemerle et al., citados de Olesen et al., 2004).

2.3.2 Manejo de la densidad de siembra

Otro interesante factor dentro de las posibilidades de control cultural para la supresión de malezas es el manejo densidad de siembra (Wilson et al., 1995). Ha resultado atractiva puesto que se trata de una medida de relativo bajo costo (Doll et al., 1995) aunque algunos investigadores no obtuvieron beneficios modificando la población de cultivo (Samuel y Guest, citados por Korres y Froud-Williams, 2002).

Según Korres y Froud-Williams (2002) la densidad de siembra es un factor agronómico más confiable que la elección del cultivar cuando se pretende aumentar la competitividad frente a malezas aunque no siempre mayores densidades de siembra alcanzan un mayor rendimiento. Por lo tanto la combinación entre una apropiada densidad de siembra y una acertada elección del cultivar con alta capacidad de macollaje podría ser una buena combinación para suprimir infestaciones de malezas.

Wilson et al., citados por Korres y Froud-Williams (2002), encontraron que aumentos en la densidad de siembra de cultivo resultan en menores cantidades de estructuras reproductivas de malezas. Esto destaca la importancia de la densidad de siembra del cultivo para controlar la producción de semillas de las malezas y por lo tanto evitar la contaminación del producto cosechable y futuras infestaciones (Korres y Froud-Williams, 2002).

Siendo que las estructuras reproductivas de las malezas están linealmente relacionadas con la biomasa de malezas es razonable asumir que la reducción en el número de éstas es consecuencia de la reducción de la materia seca (Watkinson, citado por Korres y Froud-Williams, 2002).

Tollenar, Ivashchenko, citados por Korres y Froud-Williams (2002), demostraron que el aumento de la densidad de siembra en cultivares de *Zea mays* L., *Secale cereale* L. y *Raphanus sativus oleiformis* L. estaba asociado a grandes reducciones en la materia seca de malezas como consecuencia de la disminución de la transmisión de la luz. Groundly y Froud-Williams, citados por Korres y Froud-Williams (2002), también reportaron reducciones en la acumulación de la materia seca de malezas en altas densidades de siembra y propusieron que la arquitectura del cultivo puede provocar una restricción física al crecimiento de malezas y por lo tanto la producción de materia seca de las mismas.

Según estos mismos autores la combinación de la selección de cultivares y aumentos en la densidad siembra de cultivos puede suprimir eficientemente la emergencia y el crecimiento de malezas y constituye un importante factor cuando se considera la instrumentación de sistemas integrados de control de malezas (Korres y Froud-Williams, 2002).

3. MATERIALES Y METODOS

Las etapas experimentales del presente estudio se realizaron en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía. Se llevaron a cabo durante los meses de agosto a noviembre del 2011 y consistieron en la conducción de dos experimentos.

3.1 EXPERIMENTO 1

Este primer experimento tuvo por objetivo evaluar potencial alelopático en 5 cultivares de trigo sobre raigrás.

A tales efectos se instaló el experimento en cámara de crecimiento en el laboratorio de Malherbología bajo condiciones de temperatura constante a 25 °C y régimen lumínico de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.

3.1.1 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en la combinación de los 5 cultivares seleccionados para el estudio creciendo junto a raigrás en 2 sustratos diferentes (Cuadro No.1), tierra y tierra+carbón activado, siendo este último sustrato en el que se espera la inactivación de los posibles aleloquímicos.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos de la cámara

Tratamiento	Cultivar	Criadero	Sustrato
1	Baguette 19	NIDERA	Tierra
2	Baguette 19		Carbono Activado
3	Génesis 2359	INIA	Tierra
4	Génesis 2359		Carbono Activado
5	Nogal	Florimond Desprez	Tierra
6	Nogal		Carbono Activado
7	LE 2366	INIA	Tierra
8	LE 2366		Carbono Activado
9	Don Mario 0456	Limagrain	Tierra
10	Don Mario 0456		Carbono Activado

Los cinco cultivares de trigo estudiados son todas variedades de ciclo largo e intermedio largo, relativamente recientes en el mercado y recomendadas para siembras tempranas (Hoffman et al. 2008, 2009, 2011, Castro et al. 2008, 2009, 2011). La variedad Don Mario 0456 es un cultivar que acaba de ingresar al país y fue evaluado por primera vez en el “Programa de caracterización de cultivares de trigo 2011”. El cultivar LE 2366 culminó su evaluación y se lanzará la semilla comercial a la venta en la presente campaña de invierno 2012.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de tratamientos y 5 repeticiones. En total resultaron 10 tratamientos combinando los 5 cultivares y los 2 sustratos.



Foto No.1. Ensayo en la cámara de crecimiento LABMA

3.1.2 Instalación y seguimiento

El experimento fue instalado en macetas de 9 cm de diámetro, las que constituyeron las parcelas o unidades experimentales. En éstas se sembraron las semillas de raigrás (6 semillas pre-germinadas) al centro a una profundidad de un 1 cm y las semillas de cada cultivar de trigo (12 sin pre-germinar) formando un anillo alrededor de la siembra del raigrás y a una profundidad de siembra de 1,5 cm. Esta metodología es similar a la utilizada en trabajos anteriores como el de Rouiller y Scaglia (2012).

Los sustratos ensayados consistieron en una mezcla de 70% de tierra de un suelo, Brunosol Éutrico Típico (Typic Argiudoll), perteneciente a la Unidad San Manuel obtenido en una chacra de la EEMAC y 30% de arena en el caso del tratamiento tierra. La misma mezcla recién descrita adicionada de carbón activado al 2% en peso en el caso del tratamiento de tierra+carbón activado.

Post-siembra se ralearon las macetas a los efectos de obtener las densidades objetivo planteadas de 6 plantas de trigo y 3 de raigrás por unidad experimental.

Las semillas de raigrás utilizadas en el experimento eran provenientes de residuos de cosecha de la zafra 2010. Las mismas fueron tamizadas para separarlas de otras semillas, agrupadas en lotes de 50 semillas y luego pre-germinadas en cámara.

Durante el transcurso del ensayo y con el objetivo de que no existieran limitantes hídricas las macetas fueron regadas con agua de-ionizada siempre que fue necesario. El riego se realizó colocando el agua en los platos bajo las macetas buscando minimizar el riesgo de lixiviación de exudados radiculares frecuente en los riegos desde la superficie.

La duración total del experimento fue de 10 días, iniciándose el 9 de agosto y siendo desinstalado el 19 del mismo mes.

3.1.3 Determinaciones

Las determinaciones consistieron en la medición de longitud del largo de raíz y de la longitud de parte aérea extendida en todas las plantas de trigo y de raigrás.



Foto No. 2. Determinación de largo de raíz y parte aérea de trigo y raigrás.

3.1.4 Análisis estadístico

Los resultados del experimento fueron analizados usando un modelo lineal general de bloques completos al azar con tratamiento factorial de cultivares por sustrato tal como se detalla a continuación.

$$\text{Modelo: } Y_{ijk} = \mu + C_i + S_j + (CS)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} : Es la variable aleatoria de interés

μ : Media poblacional

C_i : Efecto relativo del i-ésimo cultivar

S_j : Efecto relativo del j-ésimo sustrato

$(CS)_{ij}$: Efecto relativo del i-ésimo cultivar y j-ésimo sustrato

β_k : Efecto del k-ésimo bloque

ε_{ijk} : Error experimental

En donde:

i: 1, 2, 3, 4, 5 (Cultivar)

j: 1, 2 (Sustrato)

k: 1, 2, 3, 4, 5 (Bloque)

Las variables analizadas fueron el promedio de las estimaciones realizadas para cada planta de la unidad experimental.

Los análisis fueron realizados para las variables estimadas en trigo y raigrás y para la comparación de medias cuando fue necesario, se utilizó Tukey al 5% y al 10% en algunos casos.

3.2 EXPERIMENTO 2

El experimento tuvo por objetivo estudiar los efectos de la interferencia temprana de trigo sobre raigrás, se sembraron los mismos cinco cultivares de trigo pero representando dos niveles de infestación de la maleza, es decir una relación 1,5:1 y 1:1 de trigo y raigrás respectivamente.

A tales efectos se instaló un experimento en telado bajo condiciones semi-controladas con insolación ambiente bajo techo transparente y regado siempre que fue necesario.

3.2.1 Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en la combinación de los 5 cultivares seleccionados para el estudio sembrados en dos relaciones de trigo maleza. Es decir 4 y 6 plantas de trigo por maceta creciendo en presencia (4 plantas) y ausencia de raigrás.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de tratamientos y 5 repeticiones. En total resultaron 20 tratamientos combinando los 5 cultivares, en 2 proporciones de trigo/raigras y con/sin raigrás tal como se detalla en el cuadro que prosigue.

Cuadro No. 2. Descripción de los tratamientos del telado

Tratamiento	Cultivar	Plantas trigo	Plantas raigrás	Relación
1	Baguette 19	4	4	1:1
2	Baguette 19	4		1:0
3	Baguette 19	6	4	1,5:1
4	Baguette 19	6		1:0
5	Génesis 2359	4	4	1:1
6	Génesis 2359	4		1:0
7	Génesis 2359	6	4	1,5:1
8	Génesis 2359	6		1:0
9	Nogal	4	4	1:1
10	Nogal	4		1:0
11	Nogal	6	4	1,5:1
12	Nogal	6		1:0
13	LE 2366	4	4	1:1
14	LE 2366	4		1:0
15	LE 2366	6	4	1,5:1
16	LE 2366	6		1:0
17	Don Mario 0456	4	4	1:1
18	Don Mario0456	4		1:0
19	Don Mario0456	6	4	1,5:1
20	Don Mario0456	6		1:0

La relación 1:1 correspondió a 4 plantas de trigo por maceta y la relación 1,5:1 a 6 plantas de trigo por maceta. Los tratamientos con raigrás llevaron 4 plantas de la maleza por maceta representando infestaciones muy altas en el caso de la relación 1:1 en la que se igualan las densidades de trigo y raigrás y medias en el caso de la relación 1,5:1 en las que la cantidad de trigo es un 50% superior a la de la maleza.



Foto No. 3. Ensayo y disposición de bloques en el telado

3.2.2 Instalación y seguimiento

El experimento fue instalado en macetas de 17 cm de diámetro, las que constituyeron las parcelas o unidades experimentales. En éstas se sembraron 20 semillas de raigrás al centro a una profundidad de un 1 cm y las semillas de cada cultivar de trigo según relación deseada, 9 y 12 respectivamente formando un anillo alrededor de la siembra del raigrás y a una profundidad de siembra de 1.5 cm.

Como se detallara en la descripción de los tratamientos la siembra de los cultivares junto a raigrás se realizó en un único sustrato tierra, que consistió en una mezcla de 70% suelo de un Brunosol Éútrico Típico (Typic Argiudoll) perteneciente a la Unidad San Manuel extraído de una chacra de la EEMAC y 30% de arena tamizada.



Foto No. 4. Trabajo de siembra de trigo y raigrás en LABMA

Post-emergencia se realizó un raleo a los efectos que las en las macetas sólo permanecieran 6 y 4 plantas de trigo y 4 de raigrás en el caso de los tratamientos con raigrás, que fueron las relaciones trigo/raigrás objetivo planteadas.

El día 25/9 se realizó una fertilización equivalente a 45 unidades de nitrógeno por hectárea debido a que los cultivares mostraron síntomas de deficiencia de este nutriente.

Durante el transcurso del ensayo las macetas fueron regadas cada 3 o 4 días con la misma cantidad de agua en su bandeja inferior de manera de que no existieran limitantes hídricas y que todas las unidades experimentales recibieran el mismo régimen hídrico.

El experimento transcurrió entre los días 19 de agosto y 6 de octubre de 2011.

3.2.3 Determinaciones

Se realizaron determinaciones de estado fenológico periódicas cada cuatro días, en las que se midió el desarrollo de cada una de las plantas, tanto de trigo como de raigrás. Se realizaron en total 9 muestreos de desarrollo. Se consideró la escala de Haun como la más precisa para estimarlo en las etapas iniciales y Zadocks en las mediciones tardías, es por esto que las primeras 5 fechas se midieron con Haun y las últimas tres con Zadocks.

El 6 de octubre, con las plantas de trigo en pleno macollaje, se desinstalo el ensayo, se realizó la última determinación de Zadocks y se midió el largo de la parte aérea extendida de cada una de las plantas de trigo y de raigrás. También se determinó el peso fresco de todas las muestras de trigo y raigrás por separado de cada maceta.

Posteriormente se colocaron en bolsas de papel y fueron secados en estufa a 60 grados durante tres días y se estimó peso seco de todas las muestras.

3.2.4 Análisis estadístico

$$\text{Modelo: } Y_{ijkl} = \mu + C_i + D_j + R_k + (CD)_{ij} + (DR)_{jk} + (CR)_{jk} + (CDR)_{ijk} + \beta_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : Es la variable aleatoria de interés

μ = media poblacional

C_i = efecto relativo del i-ésimo cultivar

D_j = efecto relativo del j-ésimo relación trigo/raigrás

R_k = efecto relativo del k-ésimo raigrás

$(CD)_{ij}$ = efecto relativo del i-ésimo cultivar y j-ésima relación trigo/raigrás

$(DR)_{jk}$ efecto relativo del i-ésimo cultivar y j-ésima relación trigo/raigrás

$(CR)_{jk}$ efecto relativo del i-ésimo cultivar y k-ésimo raigrás

$(CDR)_{ijk}$ efecto relativo del i-ésimo cultivar y j-ésima relación trigo/raigrás y

k-ésimo raigrás

β_k : Efecto del k-ésimo bloque

ε_{ijkl} : Error experimental.

En donde:

i: 1,2,3,4,5 (Cultivar)

j: 1, 2 (relación trigo/raigrás)

k: 1, 2, (Presencia o ausencia de raigrás)

l: 1,2,3,4,5 (Bloque)

Las variables analizadas fueron el promedio de las estimaciones realizadas para cada planta en cada parcela.

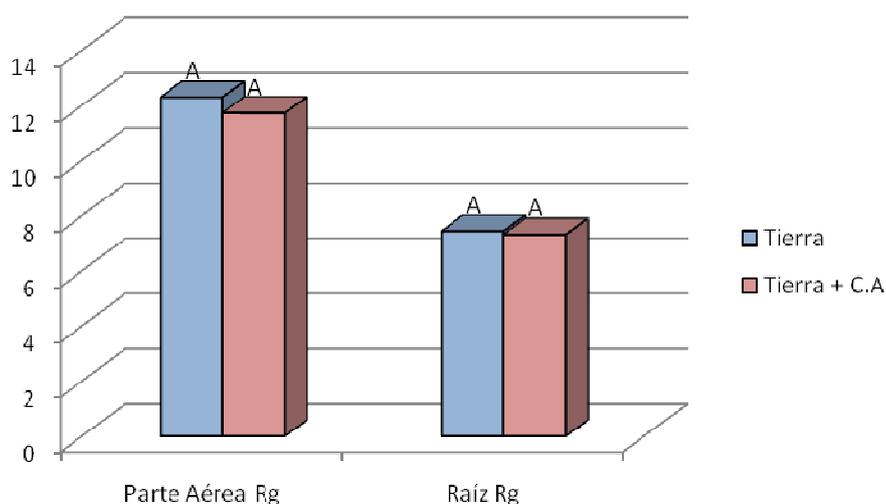
Al igual que en el Experimento 1 los análisis fueron realizados para las variables estimadas en trigo y raigrás, para la comparación de medias cuando fue necesario se utilizó Tukey al 5% y al 10% en algunos casos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan y discuten por separado los resultados de los dos experimentos que compusieron el presente estudio.

4.1 EXPERIMENTO 1: EVALUACIÓN DE POTENCIAL ALELOPÁTICO EN LOS CULTIVARES DE TRIGO

No se detectó efecto de sustrato en ninguna de las variables estimadas en raigrás. El crecimiento de la raíz, de la parte aérea y también la relación parte aérea/ raíz de la maleza, promedio para todos los cultivares, fue similar creciendo en tierra y en tierra con carbón activado (Figura 1).



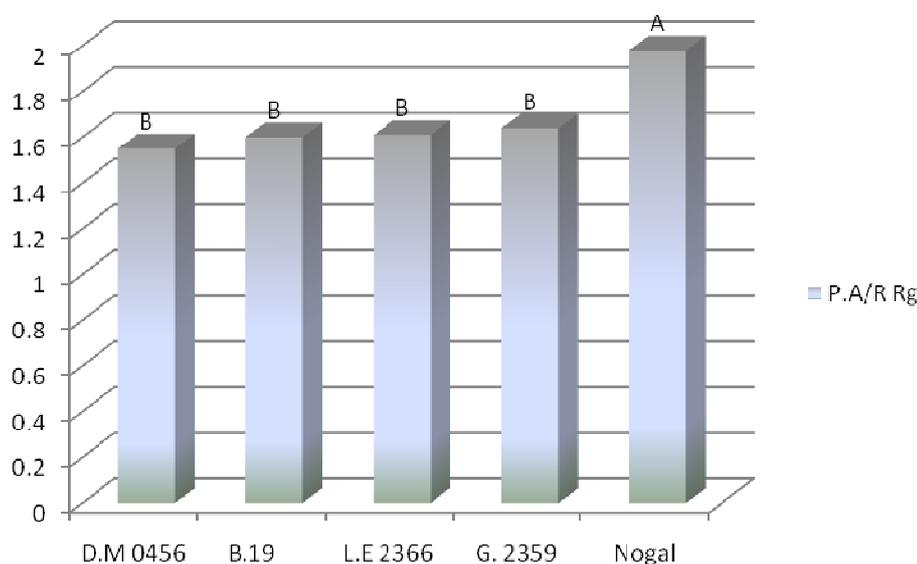
(*) Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Figura No. 1. Largos de parte aérea y raíz de raigrás (cm.) según sustrato en cámara

Este resultado podría interpretarse como indicando que no existe presencia de exudado de aleloquímicos en los cultivares de trigo ensayados.

Cabe mencionar que pese a que la utilización en paralelo de estos dos sustratos (tierra y tierra adicionada de carbón activado) ha sido propuesta como un método con fortaleza para la detección de efectos alelopáticos, también otros autores han cuestionado este tipo de respuestas inclusive ensayando cultivares con potencial alelopático. Tal es el caso de Rouiller y Scaglia (2012) quienes explican la falta de los resultados esperables con el sustrato tierra + carbón activado comentando la hipótesis manejada por Lorenzo y González (2010) que sugieren que la ausencia de efectos en este sustrato puede atribuirse al enmascaramiento de una deficiencia de nutrientes causada por el agregado del carbono activado.

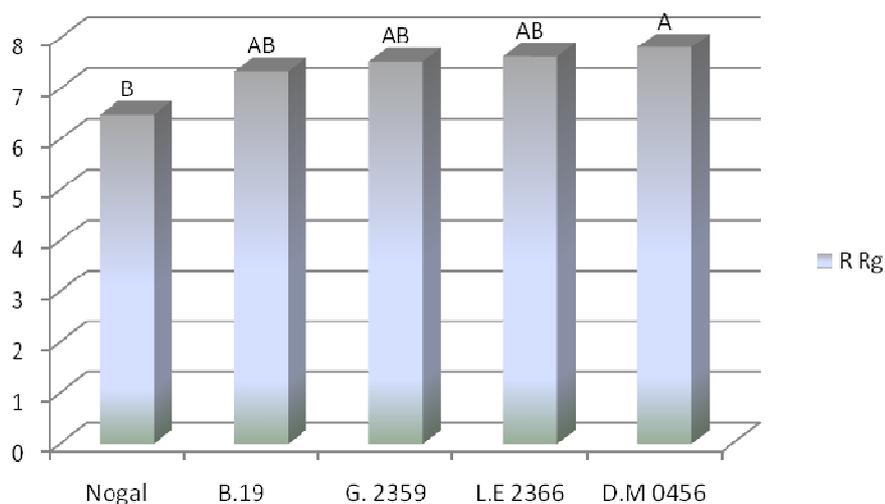
En cuanto al efecto de los tratamientos, el ANAVA señaló efecto significativo de los cultivares sólo en la relación largos parte aérea/raíz ($P=0.0036$)(Figura No. 2). El cultivar Nogal se diferenció del resto de los tratamientos presentando el mayor valor en esta relación.



(*) Medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p<0.05$)

Figura No. 2. Relación largos (cm) de parte aérea/ raíz de raigrás según cultivares en cámara

En relación a este resultado cabe mencionar que pese a no detectarse efecto significativo de los cultivares en las longitudes de raíz y parte aérea de raigrás en el caso de la longitud de raíz se detectó una tendencia ($P= 0.087$) tal como se muestra en la Figura No. 3 a continuación.



(*) Medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.10$)

Figura No. 3. Largo raíz de raigrás (cm) según cultivares en cámara

Los resultados en la relación parte aérea/raíz parecen ser consecuencia de esta tendencia de efecto en la longitud de la raíz.

No existiendo efecto del sustrato ni de la interacción sustrato x cultivar puede interpretarse como que, aun existiendo un efecto de los cultivares en el crecimiento de raigrás, el mismo no tiene relación con efectos alelopáticos.

En consideración de la metodología utilizada no es posible conocer que otro u otros factores pudieran estar operando en la determinación del efecto del cultivares.

Por otra parte y considerando que en general los efectos tan tempranos como los evaluados suelen ser resultados de efectos alelopáticos cabe destacar que según Inderjit y Callaway (2003), si bien el carbono activado es un adsorbente de amplio espectro también es posible que existan químicos con efecto alelopático que no sean efectivamente adsorbidos por el mismo.

Si este fuera el caso, y aun cuando no lo podemos probar, se podría considerar que Nogal fue el cultivar con mayor potencial alelopático y Don Mario el cultivar con menores efectos de alelopatía.

Para profundizar en el análisis se estudiaron además las variables de longitud de raíz, longitud aérea y su relación en las plantas de trigo de los distintos cultivares.

Los cultivares mostraron importante variación en estas características como era esperable, en la medida que se trata de cultivares con marcadas diferencias en sus características agronómicas como lo comprueban los trabajos de Hoffman et al. (2008, 2009, 2011) y los de Castro et al. (2008, 2009, 2011).

Nogal se mostró como el cultivar con los mayores valores de longitud de parte aérea y Don Mario mostró el menor valor (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3. Largo de la parte aérea de trigo (cm.) según cultivar en cámara

Cultivar	Parte aérea de trigo (cm.)
Nogal	17.67 a
L.E 2366	16.93 b
B.19	16.38 bc
G. 2359	16.27 c
D.M 0456	14.71 d

(*) Medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Estos resultados podrían permitir una consideración adicional. Existen varios trabajos estudiando los efectos de la calidad de luz en la morfogénesis de las plantas y como esta les permite percibir la cercanía de otras plantas en las etapas iniciales de su vida y así anticiparse a una futura competencia por recursos, agua y luz.

Estas variaciones en la calidad de luz son causadas por la interferencia de la canopia de las plantas vecinas y su efecto en la reflexión, transmisión y dirección de la luz incidente sobre la plántula, haciendo que la misma sufra alteraciones en su crecimiento (Ballaré et al., Aphalo y Ballaré, citados por Merotto et al., 2009).

Estas señales de calidad de luz llamada señalización fotomorfogénica, son identificadas a nivel de los fitocromos quienes perciben la disminución en la relación rojo/rojo lejano de la composición espectral de la radiación de luz incidente, haciendo que la planta crezca rápidamente en altura aumentando la relación parte aérea/raíz de la misma (Merotto et al., 2009).

Teniendo en cuenta lo anteriormente citado podría suponerse que el mayor efecto lo tuvo que tener trigo sobre raigrás puesto que fuera la especie que creciera más rápidamente inicialmente.

Buscando mejorar la interpretación de este posible efecto se estudió la regresión entre la longitud de raíz de raigrás y la longitud de la parte aérea de trigo. Aunque se encontró una asociación significativa ($P < 0.05$), el coeficiente de determinación fue muy bajo ($r^2 = 0.06$) por lo que resulta difícil explicar los efectos observados con sólo la disminución de las diferencias en la longitud de la parte aérea de los cultivares.

4.2 EXPERIMENTO 2: ESTUDIO DE LAS RELACIONES DE INTERFERENCIA TRIGO-RAIGRÁS

En este ítem se presentan y discuten primero los efectos del cultivar y de la relación densidad trigo/densidad raigrás en las variables estimadas en la maleza y a continuación los efectos del cultivar y de la relación de densidades en las variables estimadas en trigo.

4.2.1 Efectos del cultivar y de la relación de densidades trigo/raigrás sobre raigrás

Como se detallara en Materiales y métodos, con el objetivo de estimar posibles efectos de interferencia de los cultivares de trigo sobre raigrás se estimaron distintos parámetros de desarrollo y crecimiento de esta maleza, los que se analizan y discuten por separado.

4.2.1.1 Efectos sobre el desarrollo de raigrás

El ANAVA para las primeras 5 fechas en las que se utilizó la escala Haun para la estimación del desarrollo de raigrás detectó efectos ($P < 0.05$) de fecha de evaluación, de cultivar, de la relación de densidades y de la interacción cultivar x relación de densidades como se muestra en el Cuadro No. 4. No se encontraron efectos significativos para la interacción fecha x cultivar pudiendo afirmarse que el comportamiento de los cultivares sobre el raigrás fue el mismo en todas las fechas

Cuadro No. 4. Efecto de los cultivares y de la relación densidad trigo/densidad raigrás sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando escala Haun promedio de las primeras 5 fechas de evaluación.

CULTIVAR	RELACIÓN	HAUN
B. 19	1,5:1	2,75a
L.E 2366	1,5:1	2,88ab
L.E 2366	1:1	2,89ab
Nogal	1:1	2,89ab
G. 2359	1,5:1	2,89ab
D.M 0456	1,5:1	2,91b
G. 2359	1:1	2,92b
Nogal	1,5:1	2,95b
B. 19	1:1	2,98b
D.M 0456	1:1	3,01b

(*) medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Como puede observarse, el cultivar Baguette 19 fue el responsable del efecto de la interacción ya que fue el único afectando diferencialmente el desarrollo de raigrás según la relación de densidades considerada. En la relación 1,5:1 resulta el tratamiento que más redujo el desarrollo de raigrás.

En cuanto a los tratamientos que resultaron con reducciones similares a Baguette 19 en la relación 1,5:1 se encuentra LE 2366 en las 2 relaciones, Génesis 2359 también en la relación 1,5:1 y contrariamente a lo esperado Nogal en la relación 1:1.

En Don Mario 0456 se estimaron los mayores desarrollos, inclusive en la relación 1,5:1. Este resultado muestra algún grado de concordancia con los encontrados en el primer estudio en cámara de crecimiento en el que Don Mario 0456 fue el cultivar que menos interfirió sobre la maleza.

En las estimaciones de desarrollo de las fechas 6 a la 9 en las que se

utilizara Zadoks, el análisis estadístico también señaló efecto significativo ($P < 0,05$) para la fecha, el cultivar, la relación de densidades y para la interacción cultivar por relación como se muestra en el Cuadro No. 5. Tampoco en estas evaluaciones se detectó efecto de la interacción fecha x cultivar.

Cuadro No. 5. Efecto de los cultivares y de la relación de densidades trigo/raigrás sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando la escala Zadoks, para el promedio de las 4 últimas fechas.

CULTIVAR	RELACIÓN	ZADOKS
G. 2359	1,5:1	2,41a
B. 19	1,5:1	2,42ab
G. 2359	1:1	2,43ab
Nogal	1:1	2,45abc
L.E 2366	1:1	2,46abcd
D.M 0456	1,5:1	2,46abcd
L.E 2366	1,5:1	2,48abcd
Nogal	1,5:1	2,51bcd
B. 19	1:1	2,54cd
D.M 0456	1:1	2,55d

(*) Medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

En el caso de estas estimaciones de desarrollo más tardío, el cultivar que más afectó el desarrollo de la maleza fue Génesis 2359 en la relación 1.5:1 y se diferenció de Nogal en la misma relación y de Baguette 19 y Don Mario 0456 en la relación 1:1.

El cultivar Baguette 19 en la relación 1.5:1, sin diferenciarse de Génesis 2359 volvió a demostrar capacidad de frenar el desarrollo de la maleza y al igual que en las primeras estimaciones fue el único cultivar presentando comportamiento diferencial según la proporción trigo/maleza.

Don Mario 0456 aunque continúa siendo el cultivar con menor efecto en

la relación 1:1 resultó similar a Génesis 2359 cuando ensayado en la relación 1,5:1 a diferencia de lo que se observara más tempranamente.

Nogal mostró idéntico comportamiento que en las evaluaciones anteriores igualando a Génesis 2359 y a Baguette 19 a densidades iguales de trigo/raigrás y a Don Mario 0456 en la relación 1.5:1.

Considerando que la relación densidad trigo/raigrás de 1,5:1 es más frecuentemente observada a campo se realizó un ANAVA considerando solo los resultados de los tratamientos con esta relación en las 4 últimas fechas de evaluación (Cuadro No. 6)

Cuadro No. 6. Efecto de los cultivares sobre el desarrollo de raigrás, estimado utilizando la escala Zadoks, para la relación trigo/raigrás 1,5:1 (promedio de las 4 últimas fechas)

CULTIVAR	RELACIÓN 1,5:1
G. 2359	2.41a
B. 19	2.42ab
D.M 0456	2.46abc
L.E 2366	2.48bc
Nogal	2.51c

(*) Medias con distinta letra difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

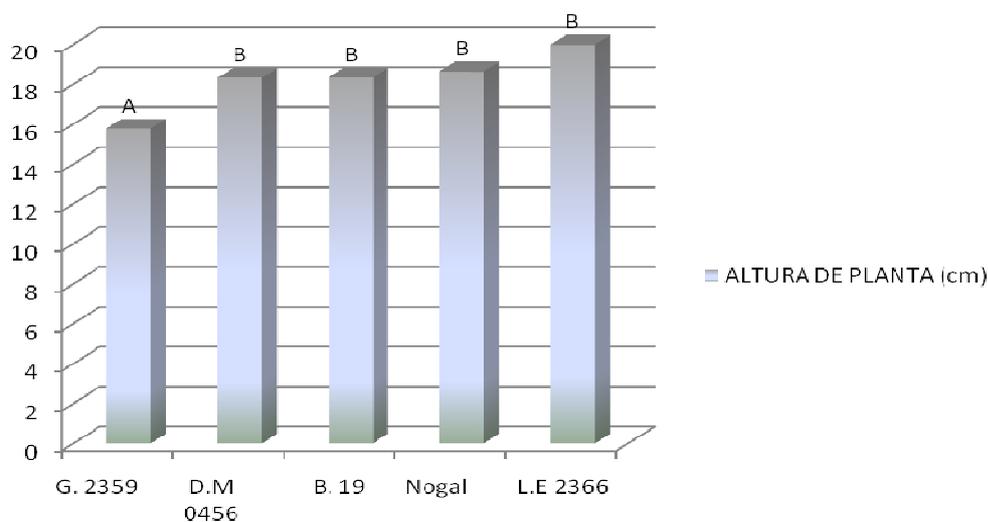
Considerando solo esta situación (relación 1,5:1) se observa una mayor diferenciación en el comportamiento de los cultivares y se evidencia más claramente las ventajas de Génesis 2359 y Baguette 19 así como el bajo efecto de LE 2366 y de Nogal.

4.2.1.2 Efectos sobre el crecimiento de raigrás

También el crecimiento de raigrás fue afectado por los cultivares mostrando los 3 parámetros estimados, largo de planta, peso verde y peso seco de plantas efectos significativos ($p=0,0006$, $p=0,0001$ y $p=0,002$ respectivamente).

La relación densidad trigo/densidad raigrás afectó sólo para el peso verde de planta ($p=0,015$) y no se detectaron efectos de interacción.

Los efectos de cultivar en la altura de planta (Figura No. 4) muestran algún grado de concordancia con lo observado para el promedio de las 4 últimas determinaciones de desarrollo.



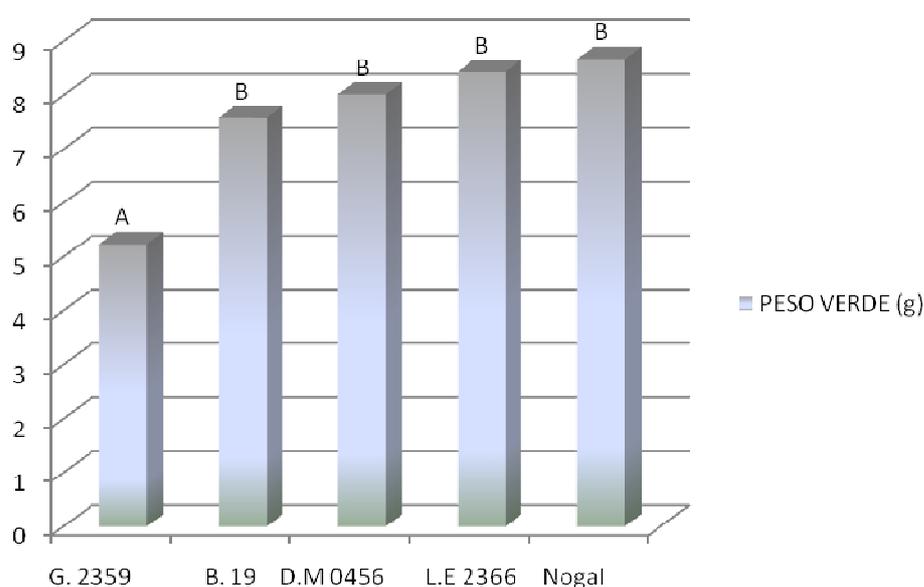
(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($p<0.05$)

Figura No. 4. Largo de planta (cm) de raigrás, promedio de las 2 relaciones trigo/raigrás, para los cultivares ensayados

El cultivar que más redujo la altura de raigrás fue Génesis 2359, que también fuera el cultivar con mayor efecto depresor en el desarrollo. Puede observarse que para Génesis 2359 se estimó una altura 21% menor a la

determinada en el cultivar LE 2366.

El efecto de los cultivares en el peso verde, como lo muestra la Figura No. 5, resultó lo esperable, mostrando similar tendencia a la que se observara en la altura de raigrás.



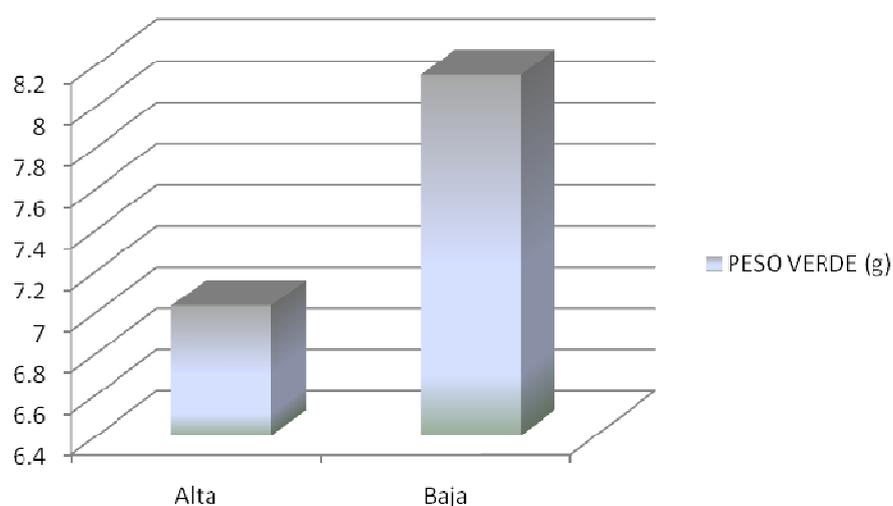
(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Figura No. 5. Peso Verde Raigrás (g.), para el promedio de las relaciones trigo/raigrás, para los cultivares ensayados

La reducción en el caso de esta variable es aún más pronunciada, resultando el peso verde de raigrás en Génesis 2359 31% menor que en Baguette 19, 34% que en Don Mario 0456, 38% que en L.E 2366 y 40% que en Nogal respectivamente.

También el efecto de la relación de las densidades de trigo y raigrás en

el peso verde de la maleza resultó lo esperable (Figura No. 6) puesto que en general, la capacidad de interferencia sobre malezas se incrementa con la densidad del cultivo tal como lo sostienen diversos autores (Wilson et al., Tollenaar, Ivashchenko, citados por Korres y Froud-Williams 2002, Korres y Froud-Williams 2002).

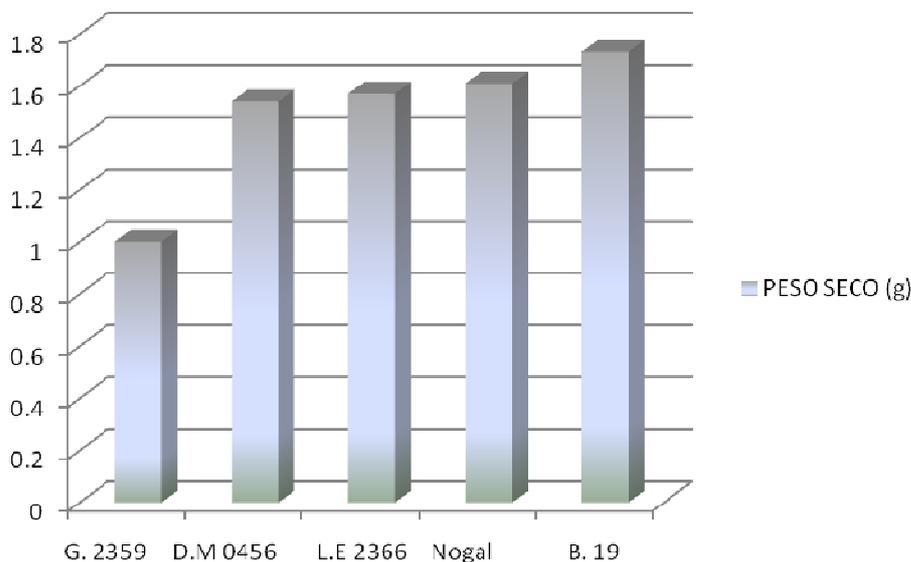


(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Figura No. 6. Peso verde raigrás (g), para el promedio de los cultivares, según relación densidad trigo/densidad raigrás

Sin embargo cabe destacar la menor magnitud relativa de este efecto. El mayor efecto a nivel de cultivares alcanzó una variación del 40% mientras que en este caso la variación fue de sólo un 10, 5%.

Las estimaciones de peso seco corroboraron las tendencias mencionadas anteriormente e inclusive mostraron mayores variaciones como puede verse en la Figura No. 7.



(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

Figura No. 7. Peso seco raigrás (g), promedio de las 2 relaciones de trigo/raigrás, para los cultivares ensayados

El peso seco de raigrás en Génesis 2359 fue tan sólo el 57% del alcanzado en Baguette 19, señalando una importante diferencia en la capacidad de interferencia temprana entre estos cultivares.

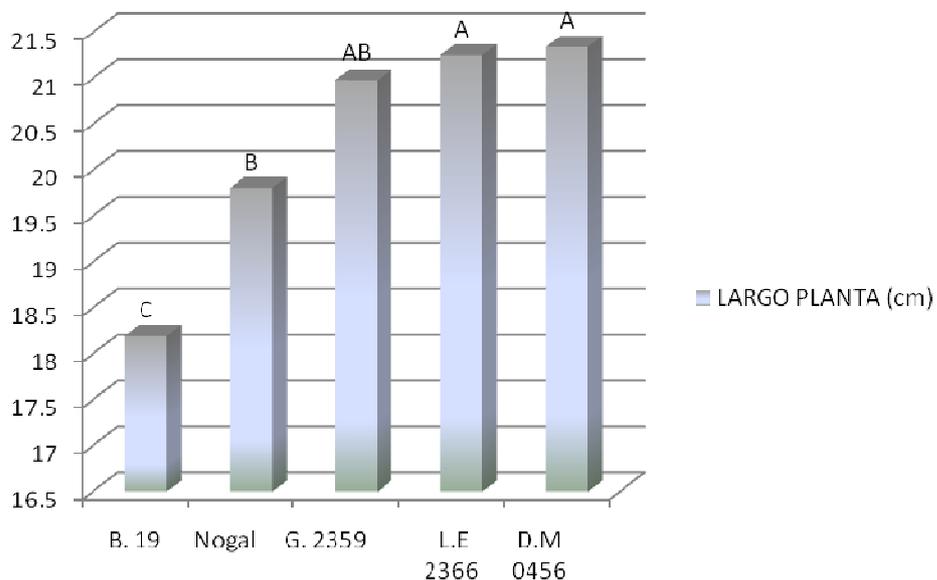
La biomasa de raigrás en estos momentos de desarrollo del trigo resulta trascendente tanto en los efectos sobre el rendimiento de trigo como en la efectividad de posibles controles con herbicidas. En consideración de estos aspectos la consistencia observada en el comportamiento de Génesis 2359 tanto en los parámetros de crecimiento como en los de desarrollo tardío permite destacar a este cultivar como con interesante capacidad de supresión de la maleza. Cabe recordar que este cultivar no se destacó como supresor en las determinaciones iniciales de desarrollo (primeras cuatro fechas) en este mismo experimento ni tampoco en el primer estudio en cámara de crecimiento.

En la medida en que no se cuenta con estimaciones de rendimiento de trigo en este estudio no es posible concluir que las variaciones en capacidad supresora de los cultivares estimadas en este momento sean las que mejor pronostiquen las variaciones en las pérdidas de rendimiento en los cultivares por efecto de la interferencia de la maleza.

4.2.2 Efecto del cultivar y la relación de densidades trigo/raigrás en las variables estimadas en trigo

Los ANAVA para las variables en trigo señalaron efectos de cultivar ($P=0,0001$) y de la interferencia de raigrás ($P=0,0002$) para la variable altura de planta de trigo. Se detectaron efectos ($p<0,05$) del cultivar, de presencia de raigrás y de la relación densidad trigo/raigrás tanto en peso verde como en peso seco de trigo y efectos de la interacción cultivar x presencia de raigrás ($P=0,039$) sólo en el caso de la estimación de peso seco de trigo.

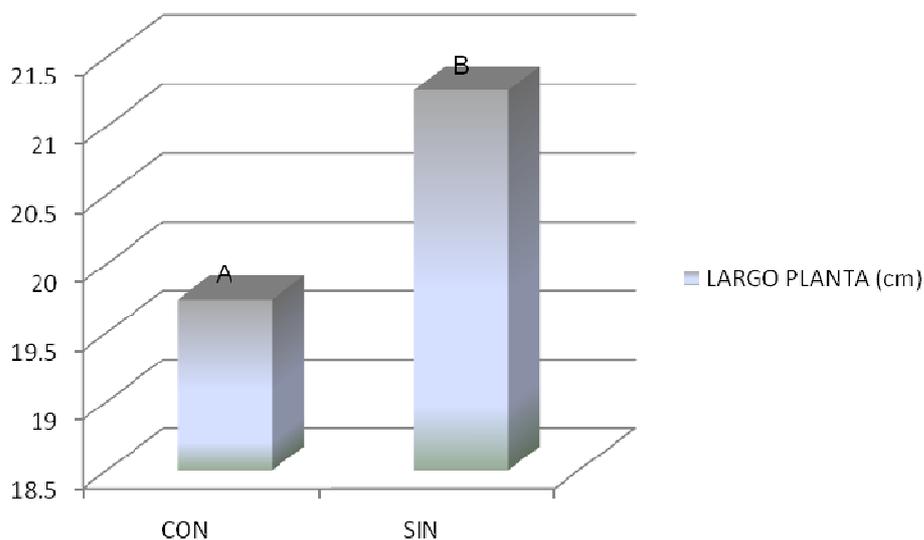
Los resultados para altura de planta (Figura No. 8) destacaron a Baguette 19 y Don Mario 0456 como el cultivar más bajo y más alto respectivamente y aparece Génesis 2359 con altura intermedia. Considerando los resultados anteriormente comentados, no se observa relación entre esta característica de planta y la capacidad de supresión.



(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figuras No. 8. Altura de los cultivares de trigo (cm.) estudiados creciendo junto a raigrás (promedio de las 2 relaciones trigo/raigrás).

Esta variable fue además significativamente afectada por la presencia de raigrás. El promedio de altura en los cultivares creciendo sin raigrás fue superior al alcanzado cuando crecieron junto a la maleza como era esperable, reflejando los efectos de la interferencia de la maleza en el crecimiento del trigo (Figura No. 9).

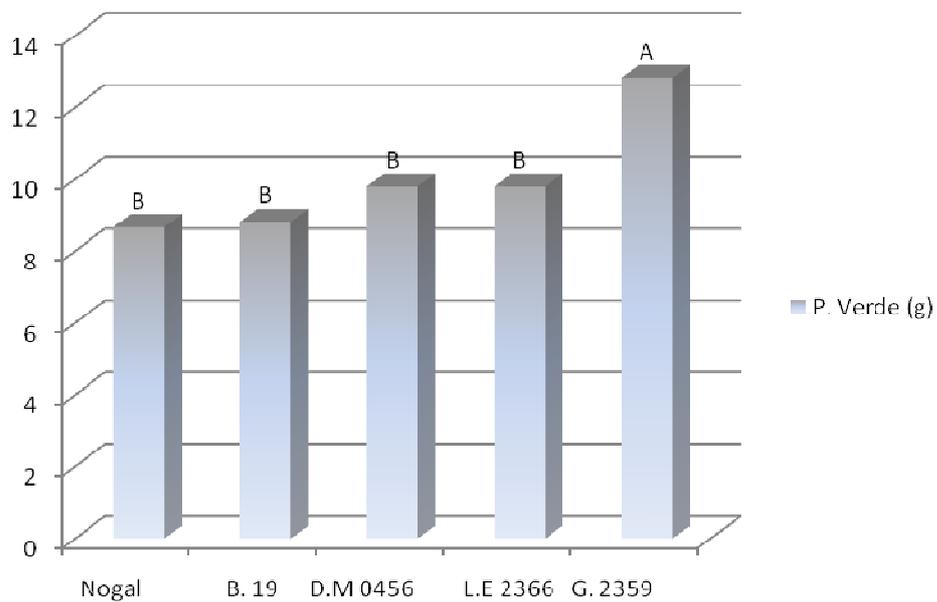


(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 9. Altura de planta trigo (cm) para el promedio de los cultivares y las 2 relaciones trigo/raigrás, según presencia/ ausencia de raigrás

Siendo que no se detectaron efectos de la interacción cultivar x presencia de raigrás se concluye que la maleza afectó por igual la altura de todos los cultivares o lo que es igual, que los cultivares mostraron igual susceptibilidad a la interferencia de raigrás sin expresar diferencias en tolerancia en esta variable.

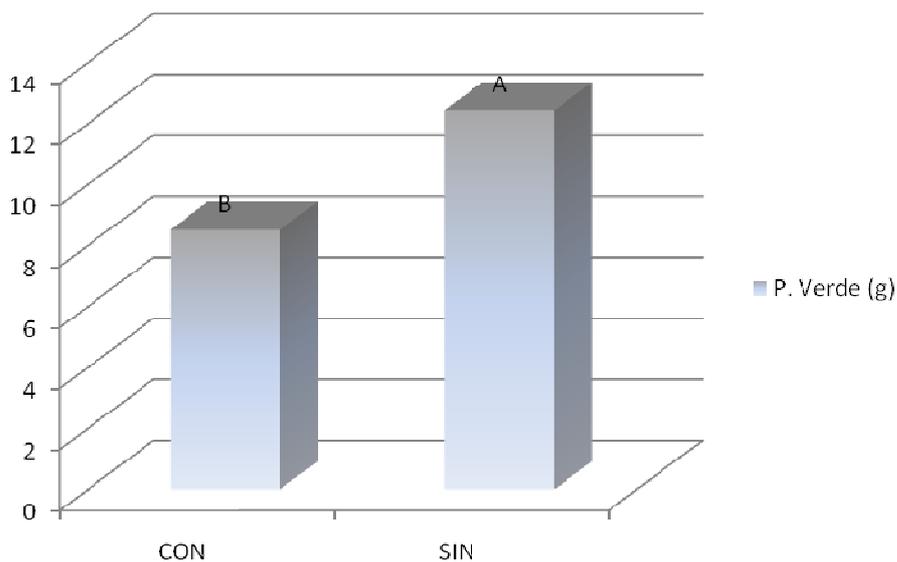
En cuanto al peso verde y tal como puede observarse en la Figura No. 10 se encontró importante variación ($P < 0,0001$). Los cultivares Baguette 19, Nogal, L.E 2366 y Don Mario 0456 tuvieron pesos muy similares sólo diferenciándose Génesis 2359 con el mayor valor para esta variable.



(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 10 Peso verde trigo (g) para el promedio de con y sin raigrás

Los efectos de la interferencia de raigrás ($P < 0,0001$) en el peso verde de las plantas de trigo fueron aún más pronunciados que los observados en la altura (Figura No. 11).

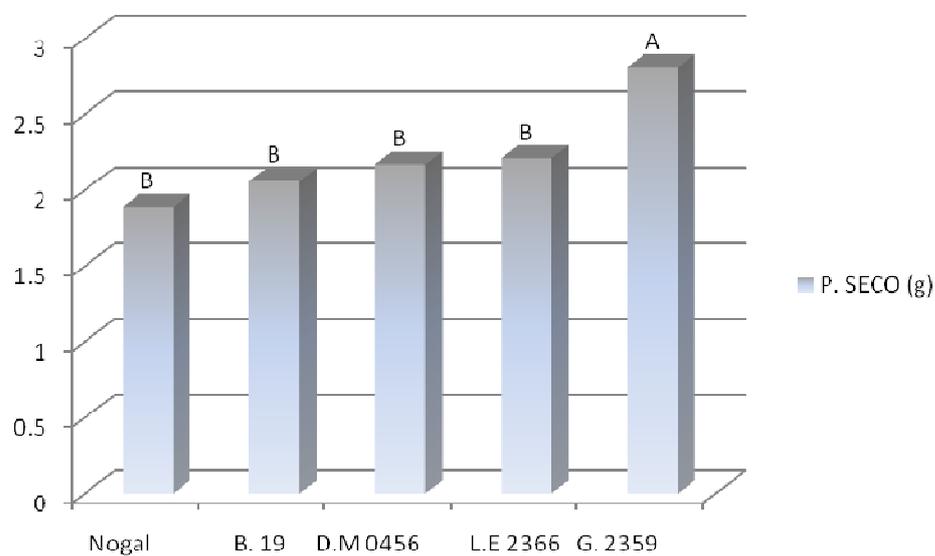


(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 11 Peso verde trigo (g), para el promedio de los cultivares en con y sin raigrás

La reducción en esta variable por efecto de la interferencia de raigrás fue de 31,5%, variación que resultó muy similar a la mayor variación estimada entre cultivares (32,5%) que fue la variación entre Nogal y Génesis 2359.

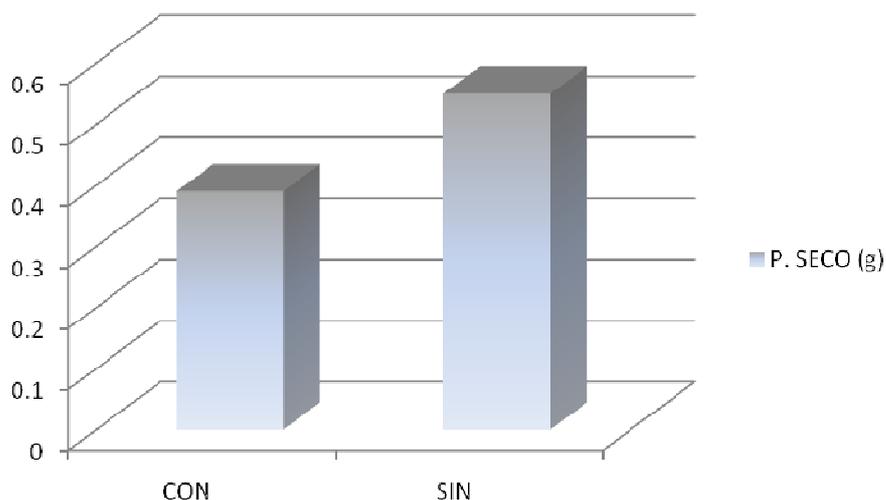
Los resultados encontrados en el peso seco mostraron coincidencia con los de peso verde como era esperable (Figura No. 12). Génesis 2359, diferenciándose del resto resultó el cultivar con el mayor peso, un 48% mayor que Nogal que fue el cultivar con el menor peso seco.



(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 12. Peso seco trigo (g), para el promedio de con y sin raigrás

También el efecto de la interferencia de raigrás en el peso seco fue muy similar promediando los tratamientos sin la maleza un peso seco 29% superior al estimado en los tratamientos con raigrás (Figura No. 13)

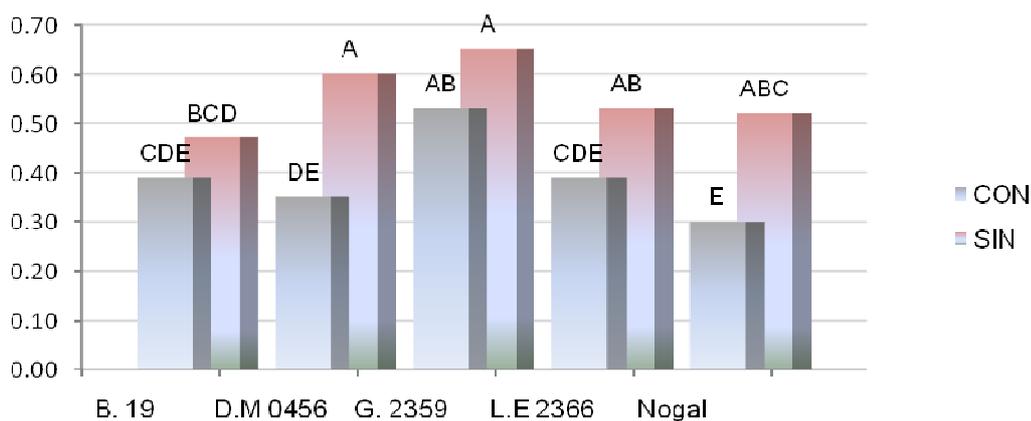


(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 13. Peso seco trigo (g) con y sin raigrás para el promedio de los cultivares.

En esta variable se encontró además interacción significativa entre cultivar y raigrás ($P = 0,039$) indicando que la interferencia de la maleza afectó diferencialmente los cultivares.

Como puede observarse en la Figura No. 14 la presencia de raigrás no afectó el peso de Génesis ni el de Baguette 19 mientras que los pesos secos de planta fueron reducidos en un 26,4%, 41,6% y 42,3% en L.E 2366, Don Mario 0456 y Nogal respectivamente en presencia de raigrás.



(*) Medias con igual letra mayúscula no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Figura No. 14. Peso seco (gr.) de trigo en los tratamientos con y sin raigrás

Pese a la similitud encontrada en el comportamiento de Baguette 19 y Génesis 2359 es importante destacar que en consideración de los datos obtenidos para la biomasa de raigrás se trata del resultado de dos comportamientos diferentes en las relaciones de interferencia. Génesis 2359 no resultó afectado seguramente porque la interferencia de raigrás no alcanzó niveles importantes. Tal como se comentara este cultivar suprimió el crecimiento de la maleza al punto que la producción de biomasa fue de sólo un 57% de la que se produjera en Baguete 19.

Baguette 19, por el contrario, podría ser categorizado como muy tolerante a la interferencia de raigrás siendo que no redujo su peso seco pese a crecer junto a una importante biomasa de raigrás.

Del análisis conjunto de los resultados en los dos estudios realizados surge que existen diferencias entre el comportamiento inicial y en estados más avanzados pareciendo ser estos últimos los de mayor trascendencia en el manejo de las relaciones de interferencia trigo-raigrás.

Por otra parte se comprobó interesante variabilidad en los cultivares estudiados tanto en relación a tolerancia frente a la interferencia como en capacidad de supresión de la maleza.

5. CONCLUSIONES

5.1 EXPERIMENTO 1

Se detectaron efectos de interferencia diferencial sobre el crecimiento de raigrás entre los cultivares aunque con la metodología utilizada no pudieron ser atribuidos a efectos alelopáticos.

Nogal y Don Mario 0456 resultaron los cultivares determinando la mayor y la menor interferencia en el crecimiento de raíz de raigrás respectivamente.

5.2 EXPERIMENTO 2

El desarrollo de raigrás fue afectado diferencialmente por los cultivares constatándose los menores desarrollos en Génesis 2359 y Baguette 19 y los mayores en Nogal.

Sólo se observó efecto de la relación de densidades trigo-raigrás sobre el desarrollo de raigrás en el cultivar Baguette 19.

También las variables de crecimiento altura, peso verde y peso seco fueron afectadas por el cultivar encontrándose reducciones de 21%, 31% y 57% respectivamente en el cultivar Génesis 2359 que fue el que expresó la mayor capacidad de supresión de la maleza.

La interferencia de raigrás redujo la altura y el peso verde de las plantas de trigo similarmente en todos los cultivares.

El peso seco de los cultivares de trigo fue diferencialmente afectado por la interferencia de raigrás resultando sin efectos sobre Génesis 2359 y Baguette 19 y un 26,4%, 41,6% y 42,3% menor en L.E 2366, Don Mario 0456 y Nogal respectivamente.

La ausencia de efectos en los cultivares Génesis 2359 y Baguette 19 tuvieron explicaciones diferentes, siendo el resultado de una efectiva capacidad de interferencia en el caso de Génesis 2359 y de capacidad de tolerancia en el caso de Baguette 19.

6. RESUMEN

Raigrás (*Lolium multiflorum* L.) es una maleza muy difundida e importante en cultivos de invierno en el país. Presenta además alto riesgo de generación de resistencia a herbicidas por lo que el estudio de métodos de control complementarios o alternativos resultan de importancia. Existe abundante información científica relativa al estudio y utilización de potencial alelopático e interferencia de cultivos como herramienta de control cultural del enmalezamiento, esto permitiría la reducción en el uso de herbicidas y junto con la utilización eficiente de éstos alcanzar un control integrado de malezas. Con estos antecedentes y considerando que en las dos últimas zafras ha aumentado importantemente el área de siembra temprana de fines de abril y principios de mayo, momento en el cual se dan importantes germinaciones de esta maleza se pensó de interés evaluar potencial alelopático y capacidad supresora sobre raigrás en 5 cultivares de trigo recomendados para siembras tempranas. Con este objetivo, se realizaron 2 experimentos en la Estación "Dr. Mario A. Cassinoni" de la Facultad de Agronomía. El primero tuvo por objetivo evaluar potencial alelopático sobre raigrás de los cultivares Baguette 19, Don Mario 0456, Génesis 2359, L.E 2366 y Nogal. A tales efectos los cultivares fueron ensayados junto a raigrás creciendo en 2 sustratos (tierra y tierra con carbón activado utilizando un diseño (DBCA) con arreglo factorial de tratamientos. Las determinaciones consistieron en la estimación de altura de planta y largo de la raíz. El segundo experimento, se instaló en el condiciones semicontroladas, en telado y tuvo por objetivo estudiar la interferencia temprana de trigo sobre raigrás para las mismas 5 variedades de trigo en dos relaciones de densidad trigo y raigrás (1,5:1 y 1:1) también con diseño de (DBCA) con arreglo factorial de tratamientos. Se agregaron testigos sin raigrás a los efectos de estudiar también la interferencia de raigrás sobre trigo. Las determinaciones en este experimento consistieron en evaluaciones del desarrollo de trigo y raigrás utilizando las escalas Haun y Zadocks y de variables de crecimiento altura de plantas, peso verde y peso seco en trigo y raigrás. Los resultados del primer experimento permitieron detectar efectos de interferencia diferencial sobre crecimiento de raigrás entre los cultivares aunque con la metodología utilizada no pudieron ser atribuidos a efectos alelopáticos. Nogal y Don Mario 0456 resultaron los cultivares determinando la mayor y la menor interferencia en el crecimiento de raíz de raigrás respectivamente. Los resultados del segundo

experimento mostraron que el desarrollo de raigrás fue afectado por los cultivares constatándose los menores desarrollos en Génesis 2359 y Baguette 19 y los mayores en Nogal. Sólo se observó efecto de la relación de densidades trigo-raigrás sobre el desarrollo de raigrás en el cultivar Baguette 19. También la altura, el peso verde y el peso seco fueron afectadas por el cultivar encontrándose reducciones de 21%, 31% y 57% respectivamente en el cultivar Génesis 2359 siendo el de mayor capacidad de supresión de la maleza. La interferencia de raigrás redujo la altura y el peso verde de las plantas de trigo similarmente en todos los cultivares. El peso seco de los cultivares de trigo fue diferencialmente afectado por la interferencia de raigrás resultando sin efectos sobre Génesis 2359 y Baguette 19 y un 26,4%, 41,6% y 42,3% menor en L.E 2366, Don Mario 0456 y Nogal respectivamente. La ausencia de efectos en los cultivares Génesis 2359 y Baguette 19 tuvieron explicaciones diferentes, siendo el resultado de una efectiva capacidad de interferencia en el caso de Génesis 2359 y de capacidad de tolerancia en el caso de Baguette 19.

Palabras clave: *Lolium multiflorum*; *Triticum aestivum*; Interferencia de cultivos;
Capacidad supresora de malezas; Potencial alelopático.

7. SUMMARY

Ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) is an important and widespread weed in winter crops in our country, and can become resistant to herbicides easily. Because of this it's very important to study complementary or alternative control methods. There are many scientific studies on allelopathic potential and crops interference for their use as cultural management tools for controlling weed growth. These two crop characteristics combined could achieve an efficient integrated weed control by reducing herbicide use. On the one hand, recently during the last two years there has been an increase on early planting of wheat (by the end of April and beginnings of May), at the same time significant germinations of this weed occur. Having this in mind, we found interesting to evaluate 5 wheat cultivars recommended for early sowing, studying their allelopathic potential and suppressive capacity over ryegrass. With this aim, we performed 2 experiments located at "Dr. Mario A. Cassinoni" station of the Facultad de Agronomía. The first one was setup in the growth chamber of the weed science laboratory (LABMA), for studying the allelopathic potential over ryegrass of Baguette 19, Don Mario 0456, Genesis 2359, L.E 2366 and Nogal wheat cultivars. They were planted under 2 substrates (soil and soil plus activated carbon), within a completely randomized block design (CRBD) with factorial treatment arrangement. Determinations were made for plant height and root length for both, cultivars and ryegrass. The second experiment was setup under the greenhouse aiming to study the early interference of wheat cultivars over ryegrass, the same 5 wheat varieties were planted in a single substrate, but experimental units differed in their wheat-ryegrass proportions (1.5:1 and 1:1), the model was also a (CRBD) with factorial treatment arrangement. Witnesses without ryegrass were added to study the effects of ryegrass interference on wheat. Development was evaluated after successive sampling using Zadocks and Haun scales for both wheat and ryegrass and growth was studied through measures of plant height, green and dry matter weight for both wheat and ryegrass. The results of the first experiment showed differential interference effects on growth of ryegrass between cultivars although the methodology failed on detecting allelopathic effects. Don Mario 0456 and Nogal cultivars showed the highest and lowest interference in ryegrass root growth respectively. The results of the second experiment showed that ryegrass development was affected by cultivars, the lowest developments were stated in Genesis 2359 and

Baguette 19 and the highest in Nogal. The wheat-ryegrass density ratio was only significant for ryegrass development in cultivar Baguette 19. Plant height, green weight and dry weight were affected by cultivars showing reductions of 21%, 31% and 57% respectively in Genesis 2359 cultivar which expressed ability to suppress weeds. Ryegrass interference reduced plant height and green weight of wheat plants similarly in all cultivars. Dry weight of wheat cultivars was differentially affected by ryegrass interference except for Baguette 19 and Genesis 2359 decrease was 26.4%, 41.6% and 42.3% for L.E 2366, Don Mario 0456 and Nogal respectively. The absence of effects on cultivars Baguette 19 and Genesis 2359 respond to different effects, Génesis 2359 shows the result of an effective interference capacity, while Baguette 19 shows important tolerance ability.

.
Key words: *Lolium multiflorum*; *Triticum aestivum*; Crop interference; Suppressive ability; Allelophatic potential.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. BERTI, A.; ZANIN, G. 1994. Density equivalent; a method for forecasting yield loss caused by mixed weed populations. *Weed Research*. 34: 327-332.
2. _____.; SATTIN, N.; BALDONI, G.; DEL PINO, A.M.; FERRERO, A.; MONTEMURRO, P.; TEI, F.; VIGGIANI, P.; ZANIN, G. 2008. Relationships between crop yield and weed time of emergence/ removal; modeling and parameter stability across environments. *Weed Research* 48: 378-388.
3. CARSON, K.H.; CRALLE, H.T.; CHANDLER, J.M.; MILLER, T.D.; BOVEY, R.W.; SENSEMAN, S.A.; STONE, M.J. 1999. *Triticum aestivum* and *Lolium multiflorum* interaction during drought. *Weed Science*. 4: 440-445.
4. CASTRO, M.; DIAZ, M.; GERMAN, S.; VAZQUEZ, D. 2009. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo ciclo largo periodo 2006-2007-2008. (en línea). Montevideo, INIA/INASE.s.p. Consultado 16 abr. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl08.htm
5. _____. 2010. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo ciclo largo periodo 2007-2008-2009. (en línea). Montevideo, INIA/INASE. s.p. Consultado 16 abr. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl09.htm
6. _____. 2011. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo periodo 2008-2009-2010. (en línea). Montevideo, INIA/INASE. s.p. Consultado 16 abr. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/winv11.pdf
7. _____. 2012. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo ciclo largo periodo 2011. (en línea). Montevideo, INIA/INASE. s.p. Consultado 16 abr. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/PubTrigoLargoPeriodo2011.pdf

8. CHRISTENSEN, S. 1994. Crop weed competition and herbicides performance in cereal species and varieties. *Weed Research*. 34(1): 29-36.
9. CRALLE, H.T. ; FOJTASEK, T.B. ; CARSON, K.H. ; CHANDLER, J.M. ; MILLER, T.D. ; SENSEMAN, S.A. ; BOVEY, R.W. ; STONE, M. 2003. Wheat and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) competition as affected by phosphorus nutrition. *Weed Science*. 51 (3): 425-429.
10. DELLA VALLE, E.A.; FERRARI, J.F.2011. Susceptibilidad de *Lolium multiflorum* Lam. a aplicaciones de glifosato en rastrojos de cultivos de verano. Tesis de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.
11. DOLL, H.; HOLM, U.; SOGAARD, B. 1995. Effects of crop density on competition by wheat and barley with *Agrostemma githago* and other weeds. *Weed Research*. 35: 391-396.
12. DUKE, S.O.; SCHEFFLER, B.E.; DAYAN, F.E.; WESTON, L.A.; OTA, E. 2001. Strategies for using transegenes to produce allelopathic crops. *Weed Technology*. 15 (4): 826-834.
13. FORMOSO, F.A.; FERNADEZ, G.; RIOS, A.2007. Evaluación de la susceptibilidad de raigrás espontáneo (*Lolium multiflorum* Lam.) en sistemas de siembra directa del litoral agrícola .In: Seminario de Actualización Técnica (2007, Young, Rio Negro). Manejo de malezas. Montevideo, INIA. pp. 33-58 (Actividades de Difusión no. 489)
14. HOFFMAN, E.; FERNÁNDEZ, R.; BAETEN, A.; CADENAZZI, M.2009. Caracterización de cultivares de trigo 2008. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 27 p. Consultado 14 feb. 2012. Disponible en <http://www.eemac.edu.uy/jornadas.../99-caracterizacion-de-trigo-2008>
15. _____.; FAJARDO, M.; BAETEN, A.; CADENAZZI, M. 2010. Caracterización de cultivares de trigo 2009. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p. Consultado 14 feb. 2012. Disponible en <http://www.eemac.edu.uy/jornadas.../100-caracterizacion-de-trigo-2009>

16. _____.; NICOLÁS FASSANA, N.; MOREL, W. 2012. Caracterización de cultivares de trigo 2011. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 38 p. Consultado 14 feb. 2012. Disponible en [http:// www.eemac.edu.uy/material.../373-caracterizacion-de-trigo-2011](http://www.eemac.edu.uy/material.../373-caracterizacion-de-trigo-2011)
17. INDERJIT; OLOFSDOTTER, M.; STREIBIG, J.C. 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) interference with seedling growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne*): influence density and age. *Weed Technology*. 15 (4): 807-812.
18. _____.; CALLAWAY, R.M. 2003. Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil*. 256(1): 1-11.
19. JORDAN, N. 1993. Prospects for weed control through crop interference. (en línea). *Ecological Applications*. 3 (1): 84-91. Consultado 15 may. 2012. Disponible en http://www.planta.cn/forum/files_planta/30651194748594.pdf_323.pdf
20. 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): 417-428.
21. LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; COUSENS, R.D; COOMBES, N.E. 1996. The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research*. 36: 501-513.
22. LIEBL, R.; WORSHAM, A.D. 1987. Interference of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*. 35: 819-823.
23. LORENZO, P.; GONZALEZ, L. 2010. Alelopatía; una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. (en línea). *Ecosistemas*. 19 (1): 79-91. Consultado 12 abr. 2012. Disponible en http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/14195/1/ECO_19%281%29_07.pdf

24. MASIN, R.; BERTI, A.; OTTO, S.; ZANIN, G. 2010. Validation of a model relating yield loss to weed time of emergence and removal in traditional and early-sown maize. *Weed Research*. 50: 120-126.
25. MEROTTO Jr, A; FISSHER, A.J.; VIDAL R.A. 2009. Perspectives for using light quality knowledge as an advanced ecophysiological weed management tool. *Planta Daninha*. 27(2):407-419.
26. NAMBILI, J.N.2008. The interference potential of nine selected South African spring wheat cultivars with selected weed species. Tesis Degree of Master of Agricultural Science. Stellenbosch, Sudáfrica. University of Stellenbosch.117 p.
27. 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 (2-3): 263-280.
28. PUTNAM, A.R. 1988. Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technology*. 2: 510- 518.
29. RICE, E. 1974. Allelopathy. New York, Academic Press. 353 p.
30. RIOS, A.; FERNANDEZ, G.; COLLARES, L. 2005. Estudio de las comunidades de malezas asociadas a los sistemas de siembra directa en Uruguay. (en línea). In: Seminario-Taller Iberoamericano (2005, Colonia del Sacramento, Uruguay). Resistencia a herbicidas y cultivos transgénicos. Montevideo, INIA. pp. 129-141. Consultado 10 feb. 2012. Disponible en http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/riosamalia.pdf
31. ROUILLER, P.; SCAGLIA, L. 2012. Evaluación del potencial alelopático y capacidad supresora sobre raigrás (*Lolium multiflorum*) en siete cultivares de trigo (*Triticum aestivum*). Tesis de Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 49 p.
32. SCURSONI, J.A. ; PALMANO, M; DE NOTTA, A.; DELFINO, D. 2012. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* lam.) density and N fertilization on

wheat (*Triticum aestivum* L.) yield in Argentina. Crop Protection. 32: 36-40.

33. STONE, M.J.; CRALLE, H.T.; CHANDLER, J.M.; MILLER, T.D.; BOVEY, R.W.; CARSON, K.H. 1998. Above- and below – ground interference of wheat (*Triticum aestivum* L.) and Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). Weed Science. 46: 438-441.
34. WEED SCIENCE. s.f. International survey of herbicide resistant weeds. (en línea) . s.l. s.p. Consultado 14 abr. 2012. Disponible en <http://www.weedscience.org/Summary/USpeciesCountry.asp?lstWeedID=110&FmSpecies=Go>
35. WILSON, B.J.; WRIGHT, K.J.; BRAIN, P.; CLEMENTS, M.; STEPHENS, E. 1995. Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. Weed Research. 35: 265-278.
36. WU, H.; PRATLEY, J. ; LEMERLE D.; HAIG, T. 1999. Crop cultivars with allelopathic capability. Weed Research. 39: 171-180.