

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INTERFERENCIA SOBRE RAIGRÁS
(*Lolium multiflorum* L.) EN 5 CULTIVARES DE CEBADA CERVECERA

por

Martín CHIOLA RÍOS
Enzo MORA GONZALEZ

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Grisel Fernández

Ing. Agr. Esteban Hoffman

Ing. Agr. Juana Villalba

Fecha: -----

Autor: -----
Martín Chiola Ríos

Enzo Mora Gonzalez

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora de tesis Ing. Agr. Grisel Fernández Childs, por su orientación técnica y conocimientos aportados durante todo el proceso de elaboración del trabajo. Por su paciencia y disposición demostrada siempre, merecedora del mayor reconocimiento.

A los Profs. Ings. Agrs. Carlos Perez y Esteban Hoffman por su valiosa colaboración.

A nuestros compañeros del trabajo Pablo Rouiller y Lorena Scaglia por estar siempre dispuestos a darnos una mano.

Y por supuesto, a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional durante toda la carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>ALELOPATÍA</u>	3
2.1.1 <u>Definición</u>	3
2.1.2 <u>Generalidades del fenómeno alelopático</u>	3
2.1.2.1. Naturaleza química de los agentes alelopáticos	3
2.1.2.2. Tipos de metabolitos secundarios.....	4
2.1.2.3. Modo de liberación de los agentes alelopático...7	
2.2 <u>USOS DE ALELOPATÍA</u>	9
2.3 <u>POTENCIAL ALELOPÁTICO EN CEBADA</u>	11
2.3.1 <u>Efectos del cultivo de cebada en la rotación</u>	11
2.3.2 <u>Interferencia alelopática de cebada creciendo junto a malezas</u>	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1 <u>LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS</u>	17
3.2 <u>EXPERIMENTO 1</u>	17
3.2.1 <u>Tratamientos</u>	17
3.2.2 <u>Instalación</u>	17
3.2.3 <u>Determinaciones</u>	18
3.2.4 <u>Diseño experimental</u>	18
3.3 <u>EXPERIMENTO 2</u>	19
3.3.1 <u>Tratamientos</u>	19
3.3.2 <u>Instalación</u>	20
3.3.3 <u>Determinaciones</u>	21
3.3.4 <u>Diseño experimental</u>	22
3.4 <u>INFORMACIÓN DE LOS CULTIVARES UTILIZADOS</u>	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	24
4.1 <u>EXPERIMENTO 1</u>	24
4.1.1 <u>Estudio de los efectos de la interferencia inicial de los cultivares sobre raigrás</u>	24
4.2 <u>EXPERIMENTO 2</u>	27
4.2.1 <u>Estudio de los efectos de interferencia finales en</u>	

<u>raigrás y cebada</u>	27
4.3 ANÁLISIS CONJUNTO DE AMBOS EXPERIMENTOS	31
5. <u>CONCLUSIONES</u>	33
5.1 EXPERIMENTO 1	33
5.2 EXPERIMENTO 2	33
6. <u>RESUMEN</u>	34
7. <u>SUMMARY</u>	36
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	38

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	20
2. Características de crecimiento de los cultivares utilizados.....	23
3. Desarrollo de raigrás (escala Zadoks) para todos los tratamientos estudiados y fechas de estimación.....	24
4. Altura (cm) y biomasa (g.pl^{-1}) de los tratamientos al momento del estado Z3.0.....	26
5. Habilidad para soportar la interferencia de raigrás de los tratamientos expresada según rendimiento (%).....	30
6. Pérdida de rendimiento (%) en relación a la biomasa de raigrás al momento de madurez fisiológica de cebada.....	31

Figura No.	
1. Biomasa (g. planta^{-1}) de raigrás según tratamiento.....	25
2. Biomasa seca de raigrás (g. maceta) para CLE 202 y el promedio de los cultivares con potencial alelopático.....	28
3. Rendimiento de cebada con y sin presencia de raigrás.....	29

1. INTRODUCCIÓN

En forma reciente, la agricultura en Uruguay experimentó cambios marcados y muy rápidos. Los más destacables resultan la generalizada adopción del cero laboreo y una sostenida expansión de la superficie cultivada, asociada fundamentalmente a favorables precios en el mercado internacional.

Uno de los destacados cambios que se ha constatado es la variación en la composición de las comunidades de malezas. Recientes relevamientos de malezas realizados en chacras de la zona agrícola de Uruguay señalan fuertes incrementos en la contribución de especies gramíneas y fundamentalmente de raigrás (*Lolium multiflorum*) en el enmalezamiento invernal.

L. multiflorum es una especie capaz de desarrollar fuertes interferencias en cultivos de invierno, responsables de severas disminuciones de rendimiento como también en la calidad de grano en el cultivo de cebada, por lo que resulta imprescindible su control.

En el país el control se realiza básicamente con herbicidas pues no existen otras alternativas. Sin embargo, las opciones herbicidas para la solución de estos problemas son restringidas, de costo elevado y presentan eficacia variable, altamente dependiente de las condiciones ambientales en el entorno al periodo de la aplicación, de la densidad y del grado de desarrollo de la maleza.

Los graminicidas utilizados en el país pertenecen al grupo I y en menor medida al grupo II, los cuales presentan alto riesgo de creación de resistencias por lo que su uso debiera ser prontamente racionalizado. Recientes estudios también demuestran la existencia de poblaciones de raigrás altamente tolerantes al glifosato, herbicida utilizado para el control y disminución de las poblaciones en las etapas de barbecho, previo a la siembra de los cultivos de invierno.

El uso de estrategias alternativas que permitan sustituir o complementar el uso de herbicidas resulta de alto interés en el control de raigrás (*Lolium multiflorum*) en los cultivos invernales del país.

Numerosos trabajos han comprobado capacidad supresora de malezas en cultivares de cebada asociado a importantes tasas de crecimiento iniciales y/o actividad alelopática.

Estudios realizados en el país por Capurro y Sotelo (2010) mostraron importante variabilidad en los cultivares de cebada, encontrando materiales que

no poseen potencial alelopático y aquellos que a nivel de bioensayos mostraron una reducción del crecimiento radicular de raigrás (*Lolium multiflorum*) mayor al 30 %.

Estos resultados promisorios alientan a continuar con esta línea de investigación.

El presente trabajo tuvo por objetivos estudiar el efecto de la interferencia en el crecimiento y desarrollo de raigrás bajo condiciones controladas de un cultivar que no demostrara potencial alelopático (CLE 202) y de los 4 cultivares que demostraran mayor potencial alelopático (Guaviyú, Ambev 23, Carumbé y Arrayán) en los trabajos previos de Capurro y Sotelo (2010).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALELOPATÍA

2.1.1 Definición

El término alelopatía (del griego *allelon* = uno al otro, del griego *pathos* = sufrir); efecto de uno sobre otro fue utilizado por primera vez en 1937 por Molisch, citado por Weston (2005), para referirse a los efectos perjudiciales o benéficos que son ya sea directa o indirectamente el resultado de la acción de compuestos químicos que, liberados por una planta, ejercen su acción en otra.

La definición más tradicional del fenómeno de alelopatía, es descrita como *“cualquier efecto directo o indirecto causado por una planta (incluyendo microorganismos) sobre otra u otras a través de la producción de compuestos químicos que escapan al medio ambiente”* (Rice, 1984).

Buscando englobar otras interacciones la Sociedad Internacional de Alelopatía en 1996, citado por Oliveros-Bastidas et al. (2009), propone una definición más amplia: *“cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, que influyan en el crecimiento y desarrollo de sistemas biológicos y agrícolas”*.

Varios autores concuerdan en que la alelopatía es parte importante de la interferencia y sostienen que los efectos de esta son el resultado de la combinación de los fenómenos de la competencia y de la alelopatía. Según Muller, citado por Olofsdotter et al. (2002) la competencia entre plantas involucra la reducción en la disponibilidad de algún factor del entorno, tales como el espacio, luz, agua y nutrientes. En cambio la alelopatía implica la liberación al entorno por parte de una planta de un compuesto químico que ocasiona un efecto sobre otra.

2.1.2 Generalidades del fenómeno alelopático

2.1.2.1 Naturaleza química de los agentes alelopáticos

Los aleloquímicos son metabolitos secundarios no nutricionales liberados al ambiente por organismos vivos, por ejemplo plantas, que poseen efectos estimulantes o inhibitorios sobre el crecimiento, salud, o comportamiento de organismos vecinos (plantas, insectos, microorganismos).

Dentro de las plantas, los aleloquímicos pueden estar distribuidos ampliamente entre los diferentes órganos de la planta, tales como semillas, flores, polen, hojas, tallos y raíces, o en ocasiones se encuentran solo en uno o dos sitios de la planta (Haig, 2008).

Dichos compuestos derivan de las diferentes vías metabólicas de las plantas sin tener un rol importante en las funciones esenciales de las mismas.

Las principales vías que dan origen a metabolitos secundarios con potencial alelopático son la del ácido shikimato y la del acetato (Sampietro, 2003).

Según el mismo autor la literatura especializada ordena los compuestos aleloquímicos en 13 grupos de la siguiente manera: (1) compuestos alifáticos, (2) lactonas no saturadas, (3) lípidos y ácidos grasos, (4) terpenoides, (5) glicósidos cianogénicos, (6) compuestos aromáticos, (7) ácido benzoico y derivados, (8) ácido cinámico y sus derivados, (9) quinonas y derivados, (10) cumarinas, (11) flavonoides, (12) taninos y (13) alcaloides.

2.1.2.2 Tipos de metabolitos secundarios

Debido a la diversidad de las naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que estos afectan a la planta receptora. La comprensión del mecanismo de acción de un compuesto alelopático determinado tiene varios inconvenientes. Entre otras condiciones naturales, las cantidades en que se encuentran disponibles muchas de estas sustancias son inferiores a las que presentan alguna actividad en bioensayos en laboratorio. Esto se debe a que frecuentemente existen interacciones sinérgicas y aditivas, lo cual dificulta determinar la actuación de cada compuesto (Blanco, 2006).

Dentro de los metabolitos secundarios se encuentran los compuestos fenólicos. Los compuestos fenólicos más comunes son los derivados del ácido cinámico y benzoico, cumarinas, taninos, otros polifenoles complejos y ciertos flavonoides. Estos compuestos poseen mecanismos de acción similar actuando en las membranas celulares, alterando el balance de iones, la relación planta-agua, función estomática y las tasas de fotosíntesis y respiración (Einhelling, 2004).

Se conocen unos 8000 compuestos fenólicos y todos ellos provienen de la ruta del ácido shikimato (Caballero, 2004).

Según Yu et al. (2001) en cebada los compuestos fenólicos representan el 43 % dentro de los compuestos aleloquímicos siendo los más abundantes en este cultivo.

Baghestani et al., citados por Kremer y Ben-Hammouda (2009), identificaron siete ácidos fenólicos y un derivado del ácido fenólico, liberados en los exudados de raíces de cebada. Tres compuestos fenólicos (ácido cumárico, ácido vanílico y escopoletina) fueron los más abundantes en los exudados de raíces de los cultivares altamente competitivos siendo considerados indicadores de potencial alelopático y como contribuyentes a la competitividad general.

Otro de los grupos de metabolitos secundarios son los alcaloides denominados así por Meissner en 1819, debido al comportamiento alcalino durante la extracción de partes de la planta utilizando ácidos acuosos.

Su estructura química es muy diversa y se reconocen 12.000 compuestos, de los cuales 600 han sido examinados por sus propiedades bioquímicas.

Las estructuras químicas son muy diversas, a los efectos de ordenamiento se dividen en cuatro grupos: alcaloides derivados de varios aminoácidos, los alcaloides purinas, los terpenos aminados y los alcaloides poliquétidos (Haig, 2008).

Los alcaloides gramina y hordenina fueron reportados por Schermerhorn y Quimby 70 años atrás, los cuales han sido confirmados como jugando un rol importante en la habilidad fitotóxica de la cebada (Overland, 1966).

Los efectos fisiológicos de gramina y hordenina en las plantas susceptibles incluyen daños en la pared celular, incremento en el número de vacuolas en las células, daños en la estructura mitocondrial y alteración en el metabolismo celular (Liu y Lovett, 1993).

Hanson et al. (1981), reportaron que la concentración de gramina varía significativamente entre cultivares modernos de cebada y razas de cebada salvaje (*Hordeum spontaneum*), teniendo esta última mayores concentraciones.

Otro grupo de interés por su potencial alelopático son los flavonoides. Estos principalmente actúan como inhibidores del transporte de electrones a través de la perturbación de la membrana interna, acción en los cloroplastos e inhibición de la fosforilación (Einhellig, 2004).

En cebada los flavonoides lutorialina, saponarinas e isovitexina son localizados en la epidermis y el tejido del mesófilo de las hojas y se acumulan en respuesta a la exposición de altos niveles de radiación ultravioleta (UV), con el fin de proteger a la planta de daños peroxidativos (Liu et al., citados por Kremer y Ben-Hammouda, 2009).

Edwards et al. (2008), reportaron recientemente que los flavonoides en el tejido foliar del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) actúan como mecanismo de defensa contra la bacteria fitopatógena *Xantomonas campestris*, sugiriendo también que un mecanismo similar se puede dar en cebada.

Además de estos metabolitos secundarios se han identificado glucósidos cianogénicos y poliaminas que poseen potencial alelopático en cebada.

Los glucósidos cianogénicos podrían estar liberando cianuro de hidrógeno (HCN), ejerciendo efectos tóxicos hacia otras plantas y patógenos; esto sugiere que la presencia de estos compuestos en cebada le otorgaría potencial alelopático y defensa frente a plantas y patógenos (Kremer y Ben-Hammouda, 2009).

El cianuro de hidrógeno actúa en la cadena de transporte de electrones siendo un potente inhibidor de la misma afectando la fotosíntesis y la respiración (Weston y Duke, 2003).

En cuanto a las poliaminas no se ha estudiado el efecto de estas frente a malezas e insectos, pero Walters (2003) indica que las concentraciones de varias poliaminas en la cebada aumentan en forma significativa cuando las plantas son infectadas por hongos, mostrando gran actividad antifúngica.

Los terpenoides son otro de los metabolitos de interés. Se conocen 75.000 compuestos de este tipo, todos ellos poseen un precursor de cinco carbonos que es el isopreno (Caballero, 2004).

Estos compuestos se producen abundantemente en las coníferas, compuestas, mentas y euforbias. Los terpenoides producidos por las plantas pueden contribuir a la inhibición de la germinación de semillas, la defensa contra herbívoros, la defensa contra insectos vectores y hongos patógenos, la atracción de los polinizadores y la inhibición de las bacterias del suelo (Langheim, citado por Kruse et al., 2000).

Durante más de 75 años se ha sabido que los monoterpenoides de los aceites esenciales de las plantas han tenido un fuerte efecto inhibitor sobre el crecimiento de plantas y germinación de semillas (Haig, 2008).

A modo de ejemplo, en la revisión realizada por Fischer (1986) señala que el monoterpenoide 1,8-Cineole suprime la actividad mitocondrial de la *Avena fatua* y reduce la fosforilación oxidativa (Haig, 2008).

2.1.2.3 Modo de liberación de los agentes alelopáticos

Distintos compuestos químicos con potencial alelopático están presentes en numerosas especies de plantas distribuidas en diferentes tejidos (Einhelling, 1996). En condiciones adecuadas, pueden ser liberados, generalmente en la rizósfera, en cantidades suficientes como para afectar a las plantas vecinas (Weidenhamer, 1996).

En general los aleloquímicos son compuestos con un peso molecular relativamente bajo, que ayuda a su circulación dentro de la planta (movimiento, translocación, compartimentación, etc.) (Oliveros-Bastidas et al., 2009).

Estos mecanismos implican que los aleloquímicos pueden encontrarse en cualquier parte de la planta, y que la dinámica de su actividad es una función del mecanismo en que estos pueden ser liberados.

A modo de ejemplo, la descomposición de los residuos vegetales implica material senescente, que no implica una función activa de la planta, mientras que la volatilización y los exudados de la raíz, son procesos extremadamente activos donde está involucrado el tejido vivo de la planta. De todas maneras, se puede afirmar que el modo de liberación de un agente alelopático depende de su naturaleza química (Sampietro, 2003)

Se han identificado cuatro vías principales de liberación de aleloquímicos: volatilización, lixiviación, exudación y descomposición. Eventualmente los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de este último proceso, incorporándose a la matriz del suelo (Sampietro, 2003).

Los residuos en descomposición de los cultivos liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos, cuantiosos estudios avalan la utilidad de usar diferentes cultivos de cobertura que tengan residuos con actividad alelopática como estrategia de control de malezas (Putnam y DeFrank 1983b, Einhelling y Leather 1988, Jones et al. 1999, Meredith 2008).

En 1965 Muller, citado por Zamorano (2006) demostró la toxicidad de vapores liberados de hojas de salvia en el crecimiento de plántulas, y también propusieron la ruta para explicar cómo los vapores llegan a las plantas y las afectan.

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización está frecuentemente confinada a plantas que producen etileno y aceites esenciales volátiles, los cuales están constituidos fundamentalmente por terpenoides, la toxicidad de estos compuestos es prolongada, debido a su adsorción a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él (Sampietro, 2003).

Según Rice (1984) la lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de la lluvia, nieve, niebla o rocío. El grado de lixiviación depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación.

De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos ya nombrados, de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Ya en 1966 se reportan compuestos alelopáticos lixiviados de hojas (Tukey, citado por Zamorano, 2006).

El fenómeno de exudación por la raíz de compuestos alelopáticos ha sido la vía de liberación de aleloquímicos más intensamente estudiada, abundante información comprueba que la reducción en rendimiento observada en varios cultivos, así como la disminución de los enmalezamientos en los mismos, se debe a toxinas liberadas por exudados de las raíces (Blanco, 2006).

En la cebada particularmente se ha demostrado que sustancias exudadas por las raíces reducen la germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y la biomasa total de varias malezas (Liu y Lovett 1993, Bertholdsson 2005, Ashrafi et al. 2007).

Si bien la mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares, los mismos comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta, factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cualitativa y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces (Sampietro, 2003).

2.2 USOS DE LA ALELOPATÍA

Las numerosas investigaciones relacionadas con la actividad alelopática han sido impulsadas con el fin de reducir los costos de producción agrícola y disminuir la dependencia del uso de agroquímicos que afectan la sustentabilidad ambiental.

Las estrategias para aprovechar este fenómeno pueden ser clasificadas como: evitar los impactos negativos, explotar los efectos estimulantes, creación de cultivares alelopáticos para suprimir el efecto negativo de las malezas, desarrollo de aleloquímicos como herbicidas o reguladores del crecimiento y la combinación de estos usos (Einhellig y Leather, 1988).

Los estudios que se han llevado a cabo en los posibles usos de la alelopatía se han enfocado principalmente en investigar el impacto en la interferencia entre malezas, entre cultivos, cultivos de cobertura y manejo de los residuos.

El uso de la alelopatía ha sido mencionado como una interesante alternativa para el desarrollo de un manejo integrado de malezas (Rice, 1984), dentro de esta alternativa una de las modalidades propuestas es el uso de cultivos de cobertura con potencial alelopático, los cuales proveerían un efectivo método de control cultural de malezas, minimizando el uso de herbicidas (Bhowmick y Doll, 1982).

De acuerdo a ello, se han venido estudiando diferentes cultivos tales como centeno (*Secale cereale*), avena (*Avena sativa*), sorgo granífero (*Sorghum bicolor*), entre otros, por su acción supresora de las malezas (Weston, 2005).

El centeno (*Secale cereale*), sorgo (*Sorghum spp.*), tréboles (*Trifolium spp.*), alfalfa (*Medicago sativa*), vicia (*Vicia villosa*), frijol (*Mucuna pruriens*), han sido reportados también como cultivos de cobertura con potencial alelopático (Meredith, 2008).

Barnes y Putnam (1983) reportaron la reducción de la biomasa de las malezas cenizo (*Chenopodium álbum*), pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*) y ambrosia (*Ambrosia artemisifolia*) en un 98%, 42% y 90% respectivamente, cuando estas crecieron con una cobertura viva de centeno (*Secale cereale*).

En 1832 DeCandolle, citado por Rice (1984) sugirió que este problema de “enfermedad en el suelo” podría ser debido a los exudados de los cultivos y que la rotación de los cultivos podrían ayudar a aliviar el problema.

El aprovechamiento de los atributos de la alelopatía de los cultivos y los residuos de los mismos en la rotación podrían ser una estrategia eficiente en el control de malezas.

Por este motivo los impactos de la alelopatía en la rotación de cultivos se ha venido estudiando en profundidad, ya que los residuos pueden afectar el rendimiento de los cultivos siguientes en la rotación a través de la liberación de aleloquímicos (Singh et al., citados por Meredith, 2006).

Los aleloquímicos solubles o insolubles en agua, o volátiles, son liberados por los cultivos y los residuos. Estos se acumulan en el suelo y afectan la germinación de otros cultivos pudiendo tener graves repercusiones en la calidad y rendimiento de los cultivos (Batish et al., 2001).

A modo de ejemplo Narwal, citado por Ferreira y Alves (2000) estudiando los efectos de la alelopatía en la rotación, reportaron que los restos de paja de arroz pueden inhibir el crecimiento de avena, el trigo y lentejas.

En lo que respecta al cultivo de trigo existen evidencias que los residuos de este inhiben el crecimiento y rendimiento de cultivos como el arroz (*Oryza sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), centeno (*Secale cereale* L.), algodón (*Gossypium hirsutum* L. Merr.) y soja (*Glycine max* L. Merr.).

La paja de trigo también ha demostrado ser alelopática para una serie de cultivos forrajeros como sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), mijo perla (*Pennisetum glaucum* L.) “clusterbean” (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) y caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) (Hozumi et al., Hicks et al., Protic, Narwal et al., citados por Wu et al., 2007).

El efecto alelopático también es ejercido por las malezas hacia los cultivos. Se ha establecido que *Sorghum halepense* (L.), además de competir por recursos con los cultivos de verano como maíz (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* Merr), sorgo granífero y algodón (*Gossypium hirsutum* L.), entre otros, ejerce una importante acción alelopática sobre los mismos (Lolas y Coble, citados por Acciaresi y Asenjo, 2003).

Por otra parte, Czarnota et al., citados por Acciaresi y Asenjo (2003) encontraron inhibición del crecimiento aéreo de *Portulaca oleracea* L. y de *Amaranthus retroflexus* L. sembradas sobre un suelo impregnado con una

solución de 10-80 ppm de la p- hidroquinona sorgoleona extraída de *Sorghum halepense*.

Otra aplicación importante de la alelopatía es la función ecológica como defensas químicas contra microorganismos, insectos y otros herbívoros (Caballero, 2004)

2.3 POTENCIAL ALELOPÁTICO EN CEBADA

La cebada ha sido frecuentemente propuesta para integrar las rotaciones en función de su capacidad de inhibir el crecimiento de malezas.. Los efectos de la cebada en el crecimiento de malezas, de otros cultivos e inclusive efectos de autotoxicidad entre cultivares ha probado ser principalmente el resultado de la alelopatía mediada por aleloquímicos liberados a partir de componentes de las plantas y/o exudados de raíces vivas.

La alta eficiencia alelopática de la cebada ha llevado a su amplia adopción como cultivo de cobertura en sistemas agrícolas sustentables para el control de malezas.

El potencial alelopático de cebada muestra importante variación entre cultivares por lo que se ha propuesto que los programas de mejoramiento podrían incluir la selección por potencial alelopático y brindar variedades de alto valor para el manejo de las malezas (Kremer y Ben-Hammouda, 2009).

2.3.1 Efectos del cultivo de cebada en la rotación

Diferentes estudios demostraron efectos alelopáticos de cebada reponsables de la disminución del crecimiento de cultivos en suelos donde previamente se había sembrado cebada.

En este sentido, Gubbels y Kenaschuck (1989) mediante estudios de campo en Canadá determinaron el crecimiento y rendimiento de lino sobre rastrojos de canola (*Brassica napus* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y lino (*Linum usitatissimum* L.). Los resultados mostraron que el crecimiento del cultivo de lino fue inhibido cuando anteriormente se había sembrado cebada.

Según se ha demostrado en estudios de campo, los cultivos de semilla pequeña son particularmente susceptibles a la alelopatía. Los residuos de cebada de invierno y de primavera en la superficie del suelo reducen fuertemente la germinación y el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.),

repollo (*Brassica oleracea* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Putnam y Defrank, 1983b).

Ashrafi et al. (2007), en experimentos conducidos en laboratorio e invernaderos, estudiaron el efecto de la incorporación de residuos frescos de cebada (*Hordeum vulgare*) y los efectos de diferentes concentraciones de extractos de hoja, tallo, raíz y flor de cebada sobre la germinación y el crecimiento de plántula de cebada espontánea (*Hordeum spontaneum*).

El crecimiento de la cebada espontánea indicado por el peso y altura de planta, fue significativamente reducido cuando creció en un suelo donde previamente se había cultivado cebada en comparación con un suelo donde previamente había cebada espontánea. La incorporación al suelo de raíces frescas de cebada, y ambas raíces y brotes redujeron la germinación de cebada salvaje, altura y peso de planta en comparación con el control que no tenía residuos.

En los bioensayos los extractos de cebada redujeron el largo y el peso del hipocótilo, el peso de la radícula, la germinación de semillas y el largo de la radícula en 44, 57,8, 61, 68,6 y 79 % respectivamente en la cebada salvaje, en comparación al control con agua. Incrementando la concentración de extracto en agua de 4 a 20 g por 100 ml de agua de todas las partes de la cebada se incrementó significativamente la inhibición de la germinación, el peso y largo de plántulas de cebada espontánea.

Considerando el largo de la radícula de cebada espontánea a los 8 días, el grado de toxicidad de las diferentes partes de cebada mostraron el siguiente orden de inhibición: hojas > flores > mezcla de todas las partes de cebada > tallos > raíces.

Ben-Hammouda et al. (2001), realizando un experimento con extractos de hojas, tallos y raíces de cebada sobre la germinación y crecimiento de trigo duro (*Triticum durum* L.) y trigo de pan (*Triticum aestivum*) también encontraron importante efecto de las hojas aunque también para las raíces, y concluyeron que las hojas y las raíces de cebada fueron las partes más fitotóxicas en ambas variedades de trigo.

2.3.2 Interferencia alelopática de cebada creciendo junto a malezas

Desde hace mas de 2000 años la alelopatía de la cebada y otros cultivos ha sido reportada en la literatura como un fenómeno en la interferencia de malezas (Weston, 2005).

La cebada es particularmente efectiva como cultivo de cobertura para su uso en el manejo de malezas, debido a que se adapta a diferentes condiciones edáficas y ambientales, posee rápido crecimiento inicial compitiendo por luz y espacio frente a las malezas, además de la liberación de aleloquímicos para suprimir el crecimiento de las mismas (Bowman et al., 1998).

En los primeros estudios de los efectos de cebada en la supresión del crecimiento de malezas encontraron que las sustancias liberadas por las hojas contenían sustancias alelopáticas responsables de la fuerte inhibición del crecimiento de *Stellaria media* L. (Overland, 1966).

Putnam et al. (1983a), en estudios de campo bajo siembra directa constataron que residuos de cebada de primavera redujeron la densidad de malezas por encima de 90% en comparación con los suelos desprovistos de residuos en la superficie.

En estudios posteriores confirmaron la eficacia de los residuos de cebada, dado por la considerable reducción en la densidad de las malezas de *Portulaca* (*Portulaca oleracea* L.) y pasto cangrejo (*Digitaria ischaemum*) luego de los 60 días de desecación de los residuos con herbicidas (Putnam y Defrank, 1983b).

En otras malezas tales como *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.], y *Setaria verticillata* (L.) también se observó la disminución en la germinación y el crecimiento inicial entre un 27-80% y 0-67 % respectivamente, cuando crecieron junto a la cebada (Dhima et al., 2006).

Los estudios realizados por Jones et al. (1999) en la Universidad de Nueva Inglaterra en Armidale en lo que se estudiara el efecto inhibitorio en el crecimiento de las malezas de diferentes residuos de cosecha (cebada, canola, guisante, garbanzo, frijol y sorgo). Se encontró que todos exceptuando los guisantes inhibieron el crecimiento de las 4 especies de malezas.

La cebada fue el cultivo que mas redujo el crecimiento de las malezas, mostrando una disminución del 64 % cuando el residuo fue incorporado, mientras un 47 % cuando el residuo quedó en superficie. La supresión de malezas vista en el ensayo, fue atribuida por los autores mayoritariamente a la actividad alelopática.

Asghari y Tewari (2007) estudiaron el potencial alelopático de ocho cultivares de cebada provenientes del Centro de Investigaciones Agrícolas Alberta (Canada), sobre la germinación, el largo de raíz y el largo del tallo de

plántulas de *Brassica jucea* y *Setaria viridis*, y cuantificaron los compuestos fenólicos de los cultivares de cebada con el objetivo de determinar, su relación con la germinación de las semillas de las malezas.

Tanto los cultivares como la concentración del extracto tuvieron efectos altamente significativos sobre la germinación de las semillas, el largo de radícula y la longitud de los tallos de las malezas. La concentración del extracto alelopático mostró correlación significativa con la disminución en el porcentaje de germinación, en el largo de la radícula y en la longitud de los tallos de ambas malezas.

Los cultivares estudiados se agruparon en 3 categorías según su influencia en la germinación de malezas, cultivares con alto, medio y bajo potencial alelopático.

Entre los compuestos fenólicos detectados, el efecto acumulativo de cuatro compuestos en pequeñas concentraciones (vanílico, clorogénico, p-cumárico, y ácido ferúlico) provocaron una alta disminución en la germinación de *B. juncea*, mientras que para *S. viridis* la disminución de la germinación fue muy baja, indicando escasa influencia de estos compuestos frente a gramíneas.

Según Bertholdsson (2004) la conclusión de los numerosos trabajos realizados en esta temática permite concluir que el vigor inicial y otras características asociadas al mismo como tamaño del embrión, tamaño de semilla, crecimiento y emergencia de plántula son características determinantes que explicarían las diferencias en competitividad sobre malezas.

La contribución de la tasa de crecimiento de la raíz a la capacidad de supresión de malezas podría atribuirse a la competencia de nutrientes, agua y espacio, así como también a la alelopatía. Podría pensarse que un crecimiento vigoroso del sistema radicular exudaría cantidad de aleloquímicos fitotóxicos. Sin embargo, Jensen et al., citados por Bertholdsson (2004) no encontraron clara correlación entre el tamaño de raíz y la actividad alelopática en cebada.

Bertholdsson (2005) en un estudio conducido en Suecia utilizando una gran diversidad de cultivares buscó caracterizar tanto cebada (*Hordeum vulgare*) como trigo (*Triticum aestivum*) durante 4 y 2 años respectivamente, en función de su capacidad competitiva sobre raigrás (*Lolium multiflorum*).

En la cebada la biomasa temprana del cultivo explicó entre el 24-57% de la varianza genotípica observada a través de 4 años. En tanto la actividad

alelopática explicó entre el 7-58%, y la combinación de ambos factores explicó entre 44-69% de la varianza genotípica observada.

Para el caso del trigo los porcentajes fueron menores, entre 14-21% para la biomasa temprana, para la actividad alelopática representó entre 0-21%, mientras que para el efecto combinado de ambos factores fue entre 27-37%.

En trigo, Wu et al. (2000), evaluando el potencial alelopático de 453 materiales originarios de 30 países, sobre *L. multiflorum*, encontraron diferencias muy significativas en la actividad alelopática. Estas muestras genéticamente diversas mostraron una inhibición del crecimiento de la raíz de raigrás de entre 9,7 a 90,9 % y concluyen que los resultados están indicando que la actividad alelopática en trigo está controlada por genes de efecto mayor dependiendo de la población particular.

Hasta el año 2004 no existía una caracterización del germoplasma de cebada en relación a potencial alelopático lo que impulsó a Bertholdsson (2004) a realizar estudios que permitieran cuantificar las variaciones en la actividad alelopática asociados al proceso de mejora genética en los últimos 100 años.

A tales efectos estudió 127 variedades, tanto de cebada locales como cultivares de Finlandia, Suecia, Dinamarca y los Estados bálticos. El germoplasma cubría la mayor parte del pool de genes usados durante 100 años de mejora de la cebada. En el germoplasma de todos los países hubo una tendencia decreciente en cuanto a la actividad alelopática de los nuevos cultivares de un 14% en los cultivares suecos y 31% en los cultivares finlandeses.

El autor concluye que el mejoramiento genético a lo largo de los años ha provocado una dilución de los genes de las variedades criollas, disminuyendo la actividad alelopática.

Oveisi et al. (2008) siguiendo la misma línea de investigación evaluaron el potencial alelopático de 17 cultivares de cebada iraníes sobre el crecimiento de mostaza salvaje (*Sinapis arvensis*) y la variación de estos en los últimos 60 años.

Encontraron que el crecimiento de mostaza salvaje fue menor en los cultivares antiguos en comparación con los cultivares recientemente desarrollados, comprobando la disminución del potencial alelopático por el mejoramiento genético coincidiendo por lo encontrado por Bertholdsson (2004).

En el país Capurro y Sotelo (2010) condujeron un experimento en los laboratorios de la EEMAC, Facultad de Agronomía-UdelaR (Paysandú-Uruguay), que tuvo por objetivo estudiar el potencial alelopático de los cultivares de cebada de mayor uso en el país sobre raigrás. A tales efectos se instaló un mismo experimento repetido en 3 oportunidades en el que los tratamientos, dispuestos en un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones consistieron en el crecimiento conjunto de raigrás con diferentes cultivares de cebada, siguiendo la metodología propuesta por Bertholdsson (2004).

Dentro de los 12 cultivares evaluados, 6 de estos se eligieron por ser los cultivares más utilizados en Uruguay, ocupando el 80 % del área sembrada con cebada (CLE 202, Dayman, Arrayán, Danuta, Carumbé,y Guaviyú), los cultivares Ambev 23, Ambev 31, MUSA 59531 y Conchita considerados promisorios, que se encuentran en el Programa de Evaluación de Cultivares de la Facultad de Agronomía, el cultivar Quebracho siempre utilizado como testigo en dicha evaluación y Magnific 104. Este último fue muy utilizado en la década del 40` y fue incluido también como testigo bajo la hipótesis de que materiales actuales seleccionados por criterios de rendimiento, características de crecimiento, comportamiento sanitario y otras, han perdido atributos como puede ser el potencial alelopático.

Las variables medidas en este trabajo fueron el largo de la raíz (cm), peso seco de la parte aérea (g) y peso seco de la raíz (g) de raigrás, siendo el largo de raíz el mejor indicador para estimar el potencial alelopático.

Los resultados mostraron una reducción del crecimiento radicular de raigrás mayor al 30% cuando creció junto con los cultivares Arrayán, Carumbé y Ambev 23, mientras que para otro de los experimentos el cultivar Ambev 23 se mostró como el cultivar más alelopático. El análisis de conglomerados con los resultados de los 3 experimentos destacó a los cultivares Arrayán, Carumbé, Guaviyú y Ambev 23 como potencialmente alelopáticos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

El presente estudio, que consistió en la realización de dos experimentos complementarios bajo condiciones semicontroladas, fue conducido en la Estación Experimental "Dr. Mario A Cassinoni" de la Facultad de Agronomía durante el periodo de junio a diciembre del año 2010.

3.2 EXPERIMENTO 1

Este experimento tuvo por objetivo concreto evaluar los efectos iniciales de los 5 cultivares de cebada sobre el desarrollo y biomasa aérea y radicular de raigrás y fue conducido hasta el estado Z 3.0 en cebada. Cabe mencionar que no fue posible la estimación de la biomasa de raíces en raigrás, tal como se planteara originalmente. Aún intentando varias alternativas, resultó imposible separar debidamente las raíces de raigrás y cebada y por esta razón se decidió eliminar esta determinación.

3.2.1 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la evaluación de 5 cultivares de cebada, los cuales fueron seleccionados en función de los resultados obtenidos en el trabajo previo de Capurro y Sotelo (2010). Cuatro de estos fueron los que demostraran mayor potencial alelopático sobre raigrás (Arrayán, Ambev 23, Guaviyú y Carumbé) y el quinto (CLE 202) el que no presentara el potencial alelopático sobre la maleza estudiada.

3.2.2 Instalación

El experimento fue instalado el 18 de junio y conducido en telado, bajo condiciones semicontroladas, de insolación ambiente pero bajo techo transparente y regando siempre que fuera necesario.

Se realizó en macetas de 25 cm de diámetro y conteniendo 3 Kg de sustrato preparado en la proporción de 70% de suelo y 30% de arena. El suelo fue colectado en chacra de la EEMAC perteneciente a un Brunosol Éutrico Típico (Typic Argiudoll) de la Unidad San Manuel.

En cada maceta se sembraron 6 semillas de cebada y 4 semillas de raigrás. Al cabo de los 15-20 días se realizó el primer control manual de malezas y se continuó durante todo el periodo experimental, siempre que aparecieran emergencias.

El manejo de la fertilización para todos los tratamientos fue la misma siendo ésta una aplicación basal a la siembra de 120 kg de 18-46 (N-P) ha⁻¹ y una refertilización de nitrógeno en macollaje (Z 2.2) con 45 kg.ha⁻¹ de urea.

En cuanto al control de enfermedades se realizó una aplicación de Opera para el control de oídio, a razón de 1 l.ha⁻¹. El 19 de octubre se aplicó 0.4 l.ha⁻¹ de insecticida Lorsban para el control de pulgones.

El experimento fue desinstalado al momento de Zadoks 3.0 en cebada.

3.2.3 Determinaciones

En raigrás se estimó periódicamente, cada 10-15 días, el desarrollo fenológico utilizando la escala Zadoks. Al momento de Zadoks 3.0 se cosechó la parte aérea de raigrás y de cebada y se procedió a la estimación del peso verde y seco de las muestras. A tales efectos, la parte aérea de las plantas cosechadas en cada maceta fueron colocadas por separado según fuera raigrás o cebada, en sobres de papel y llevadas a estufa de aire seco durante 48 horas.

3.2.4 Diseño experimental

El diseño de este experimento fue de bloques completos al azar (DBCA) con 4 repeticiones, constituyendo la maceta la unidad experimental.

Modelo del experimento 1 (DBCA):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} es la variable de respuesta

μ es la media general

T_i es el efecto del i-ésimo tratamiento (cultivar)

β_j es el efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} es el error experimental

Cuando el efecto de los cultivares fue significativo la separación de medias fue realizada a través de la prueba de Tukey.



Foto 1: Disposición de los recipientes del experimento 1 en bloques.

3.3 EXPERIMENTO 2

El objetivo de este experimento fue evaluar los efectos de los 5 cultivares de cebada en estudio sobre el desarrollo y la materia seca final de raigrás así como también los efectos de raigrás en la biomasa y rendimiento en grano final de los cultivares.

3.3.1 Tratamientos

Los tratamientos que consistieron en la evaluación de los mismos 5 cultivares con y sin raigrás se describen en el Cuadro 1 a continuación.

Cuadro 1: Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Cultivar de cebada	Raigrás
T1	CLE 202	Con raigrás
T2	Arrayán	
T3	Carumbé	
T4	Guaviyú	
T5	Ambev 23	
T6	CLE 202	Sin raigrás ^(*)
T7	Arrayán	
T8	Carumbé	
T9	Guaviyú	
T10	Ambev 23	

(*) Los tratamientos 6,7,8,9,y 10 sin raigrás fueron incluidos a los efectos de estimar las respuestas de los cultivares frente a las posibles variaciones en el potencial de interferencia de raigrás.

3.3.2 Instalación

El experimento fue instalado el 19 de junio y conducido bajo telado, en condiciones semicontroladas. Se realizó en recipientes plásticos conteniendo 4.5 Kg de una mezcla de 2/3 de suelo y 1/3 de arena. El suelo fue recolectado en chacra de la EEMAC, perteneciente a un Brunosol Éutrico Típico (Typic Argudoll) de la Unidad San Manuel.

En cada recipiente plástico se sembraron 6 semillas de cebada y 4 semillas de raigrás. Al cabo de los 15-20 días se realizó raleo manual buscando que permanecieran las densidades objetivo de 3 plantas de cebada y 2 de raigrás por recipiente en los tratamientos con las 2 especies, y de sólo 3 plantas en los tratamientos con sólo cebada. En este momento se realizó un control manual de malezas el cual se practicó durante todo el periodo experimental.

El experimento fue regado diariamente desde la siembra hasta madurez fisiológica.

El manejo de la fertilización, malezas, enfermedades e insectos fue exactamente el mismo que para el experimento 1.

3.3.3 Determinaciones

A nivel de raigrás se procedió a la estimación periódica del desarrollo fenológico utilizando la Escala de Zadoks, realizándose las lecturas cada 10-15 días.

Al momento de la madurez fisiológica de la cebada se desinstaló el experimento y se estimó peso fresco y seco de raigrás; peso seco y rendimiento en grano de cebada. A tales efectos se cortó la parte aérea de raigrás y de cebada, se estimó el peso fresco y luego las muestras se colocaron en sobres de papel y se llevaron a estufa de aire seco durante 48 horas a los efectos de obtener el peso seco de las mismas.

Para la estimación del rendimiento se procedió a desgranar las espigas y se pesaron los granos en balanza de precisión.

Cabe aclarar que ocurrieron daños causados por el ingreso de pájaros al telado que llevaron a la eliminación del tratamiento correspondiente al cultivar Ambev 23, por considerarse insuficiente el número de repeticiones para la determinación de las variables.



Fotos 2 y 3: Corte de parte aérea de cebada y raigrás, y peso en balanza de precisión.

A partir de las determinaciones realizadas en cebada (materia seca y rendimiento) se calculó un índice de tolerancia a la competencia o la habilidad para soportar la interferencia (HSI=AWC Ability to Withstand Competition) (Watson et al., 2006) de la siguiente forma:

$$\text{HSI (AWC)} = 100 * (\text{Y con rg} / \text{Y sin rg})$$

Donde:

Ycon rg= materia seca cebada o rendimiento cebada creciendo junto a raigrás

Ysin rg= materia seca cebada o rendimiento cebada creciendo sola, sin raigrás

3.3.4 Diseño experimental

El diseño de este experimento fue de bloques completos al azar (DCBA) con arreglo factorial, con 2 factores siendo el factor 1 el cultivar (5), y el factor 2 raigrás (con y sin). La unidad experimental fue la maceta.

El modelo del experimento 2:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + R_j + B_k + (CR)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es la variable de respuesta en el i -ésimo nivel del factor A, j -ésimo nivel del factor B y k -ésimo bloque.

μ es la media general.

C_i es el efecto del i -ésimo nivel del factor A (cultivar).

R_j es el efecto del j -ésimo nivel del factor B (presencia o no de raigrás).

B_k es el efecto del k -ésimo bloque.

$(CR)_{ij}$ es el efecto de la i -ésimo nivel del factor A y el j -ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} es el error experimental.

Quando el efecto de los tratamientos fue significativo la separación de medias fue realizada a través de la prueba de Tukey.



Foto 4: Disposición de los recipientes en bloques.

3.4 INFORMACIÓN DE LOS CULTIVARES UTILIZADOS

A continuación se presentan las características de crecimiento más importantes de los cultivares utilizados en los experimentos.

Cuadro 2: Características de crecimiento de los cultivares utilizados.

Cultivar	Crec. inicial	Potencial de macollaje	Sincronización	Respuesta al FP	Largo de Ciclo
CLE 202	Lento	Alto	Alta	Alta	Largo
ARRAYÁN	Lento	Alto	Alta	Alta	Largo
CARUMBÉ	Alto	Int.-Bajo	Baja	Baja	Int.-Corto
GUAVIYÚ	Alto	Int.-Bajo	Baja	Baja	Int.-Corto
AMBEV 23	Alto	Alto	?	?	Largo

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan y discuten resultados de los experimentos 1 y 2 por separado y finalizando se realizan algunas consideraciones del conjunto de los resultados.

4.1 EXPERIMENTO 1

4.1.1 Estudio de los efectos de la interferencia inicial de los cultivares sobre raigrás

Las variables estimadas para raigrás en este experimento, tal como se detallara en Materiales y Métodos fueron desarrollo fenológico en forma periódica según escala de Zadoks hasta el momento de desinstalación y peso seco y altura en cebada y raigrás en ese momento.

El análisis estadístico de los resultados de las estimaciones de desarrollo fenológico de raigrás no permitió detectar efectos de interferencia diferencial de los cultivares sobre la maleza ($P > 0,10$). El desarrollo de raigrás fue similar en todos los cultivares estudiados y en todas las fechas en las que se realizó la estimación (Cuadro 3).

Cuadro 3: Desarrollo de raigrás (escala Zadoks) para todos los tratamientos estudiados y fechas de estimación

Cultivar	Desarrollo de raigrás			
	09/07/2010	21/07/2010	02/08/2010	02/09/2010
Arrayán	1,20 A	1,30 A	2,07 A	2,47 A
Ambev 23	1,10 A	1,30 A	2,07 A	2,57 A
CLE 202	1,20 A	1,30 A	2,13 A	2,47 A
Guaviyú	1,17 A	1,27 A	1,87 A	2,57 A
Carumbé	1,17 A	1,27 A	2,13 A	2,57 A

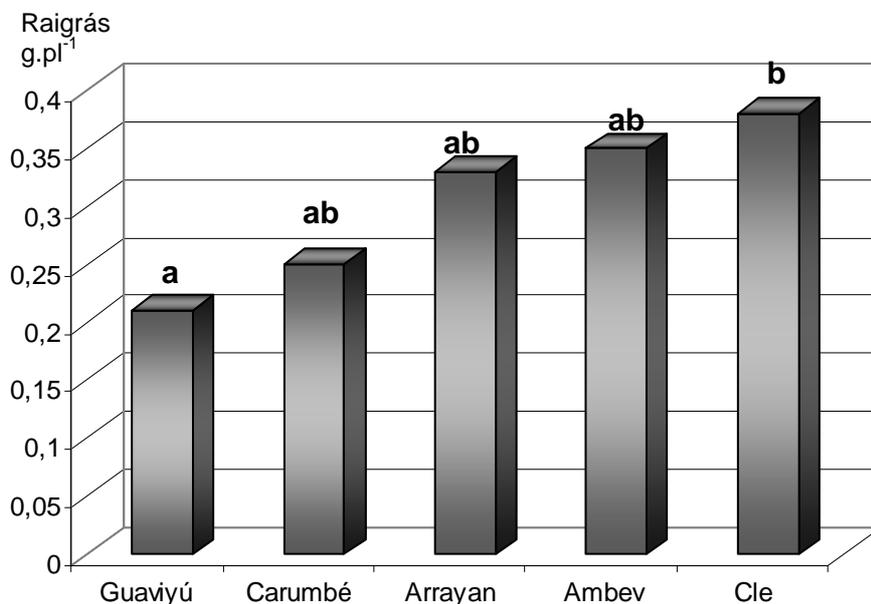
Iguals letras dentro de cada columna no difieren significativamente $P > 0,10$.

Resultados similares encontraron Nambili (2008), Olofsdotter y Navarez, citados por Nambili (2008) estudiando los efectos alelopáticos de cultivares de trigo sobre raigrás y de cultivares de arroz sobre *Echinochloa crus-*

galli respectivamente. En sus estudios encontraron importantes efectos de inhibición sobre el desarrollo radicular y menos evidentes en el desarrollo aéreo.

Si bien comprobaron algún efecto sobre la altura de la planta receptora no se logró detectar ningún efecto en el desarrollo, resultando no afectada la tasa de aparición de hojas ni de macollos.

A diferencia de lo recientemente comentado, en el presente estudio tampoco en la variable altura logró detectarse efecto de tratamiento ($p > 0,10$) aunque si se encontró una tendencia ($p = 0,08$) en el caso de la biomasa de raigrás (Figura 1).



Diferencias entre letras difieren significativamente ($P = 0,08$).

Figura 1: Biomasa (g. planta⁻¹) de raigrás según tratamiento.

Tal como se observa en la figura, el material CLE 202, que fuera incluido en el Experimento como el testigo sin potencial alelopático, fue el cultivar que permitió el mayor crecimiento de raigrás de acuerdo a lo que se esperaba. Guaviyú que fuera el que demostró la mayor reducción de biomasa en la maleza y el único difiriendo significativamente de CLE 202, sólo produjo un 55 % de la biomasa estimada en aquel cultivar.

La bibliografía destaca la característica de rápido crecimiento inicial como muy importante, cuando no la principal, en la determinación de la capacidad de interferencia de cultivos y cultivares sobre malezas (Bertholdsson, 2004).

De los cultivares estudiados tanto Guaviyú como Carumbé y Ambev 23 han sido clasificados como materiales de alto crecimiento inicial (Hoffman et al., 2009) por lo que podría esperarse que se asemejaran en su capacidad de interferencia inicial sobre raigrás. Pese a no existir diferencias estadísticas entre estos tres cultivares, la biomasa de raigrás en Guaviyú difirió de la estimada en CLE 202 siendo un 45 % menor, mientras que en Carumbé y en Ambev 23 la biomasa de raigrás fue similar estadísticamente a la estimada en CLE 202. Esto podría interpretarse como resultado de otros efectos mas allá de las características de su crecimiento inicial.

En el estudio previo que realizaran Capurro y Sotelo (2010) y otros realizados más recientemente aún sin publicar¹, el cultivar Guaviyú ha demostrado ser el cultivar con la mayor actividad alelopática o el segundo en orden decreciente en evaluaciones comparando los mismos cultivares que se estudiaron en el presente experimento.

Los resultados en las variables altura y biomasa estimadas en los cultivares al estado de Z 3.0 mostraron diferencias estadísticas como era esperable (Cuadro 4).

Cuadro 4: Altura (cm) y biomasa (g.pl⁻¹) de los tratamientos al momento del estado Z3.0

Cultivar	Altura	Biomasa
Carumbé	37,64 A	0,51 A
Guaviyú	33,00 B	0,41 B
CLE 202	32,57 B	0,37 BC
Arrayán	30,77 B	0,36 BC
Ambev 23	30,53 B	0,32 C

Iguales letras dentro de cada columna no difieren significativamente (P> 0,10)

Según los resultados de la Caracterización de Cultivares de Cebada de Facultad de Agronomía los cultivares ensayados presentan diferencias en sus

¹ Fernandez, G. 2011. Com. personal.

características de crecimiento y sus diferencias coinciden con las estimadas en este estudio, caracterizándose Carumbé como un cultivar destacado por su producción de materia seca y altura inicial².

Estos resultados al igual de lo comentado anteriormente parecen corroborar la presencia de potencial alelopático en Guaviyú.

El crecimiento inicial de este cultivar en el presente estudio no difirió del de CLE 202 tal como puede observarse en el cuadro 4. Sin embargo, tal como se discutiera al analizar la figura 1 el cultivar Guaviyú inhibió significativamente más el crecimiento de raigrás que CLE 202.

4.2 EXPERIMENTO 2

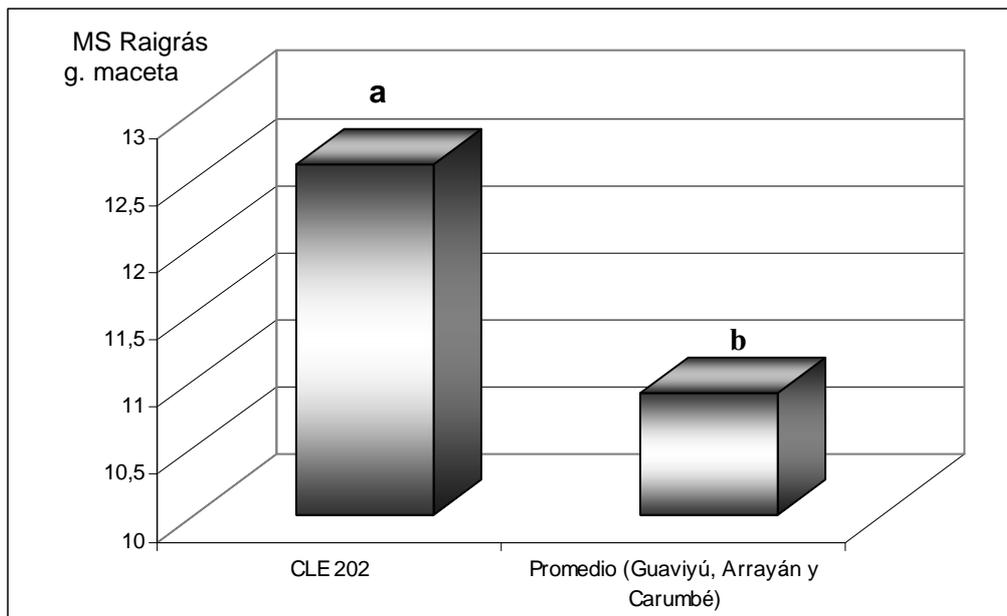
4.2.1 Estudio de los efectos de interferencia finales en raigrás y en cebada

Cabe recordar que en este experimento el tratamiento correspondiente al cultivar Ambev 23 tuvo que ser eliminado por las razones expuestas en Materiales y Métodos.

Los resultados de las estimaciones de la materia verde y seca de raigrás al momento de madurez fisiológica de cebada no permitieron detectar efectos diferenciales de interferencia entre los cultivares ($P > 0.10$).

Pese a este resultado, el contraste entre la biomasa seca de raigrás en CLE 202 vs. el promedio de la biomasa seca estimada en los cultivares con supuesto potencial alelopático señaló diferencias, indicando supresión del crecimiento de raigrás en los cultivares con potencial alelopático.

² Hoffman, E. 2011. Com. personal.



Diferencias entre letras difieren significativamente ($P=0,08$).

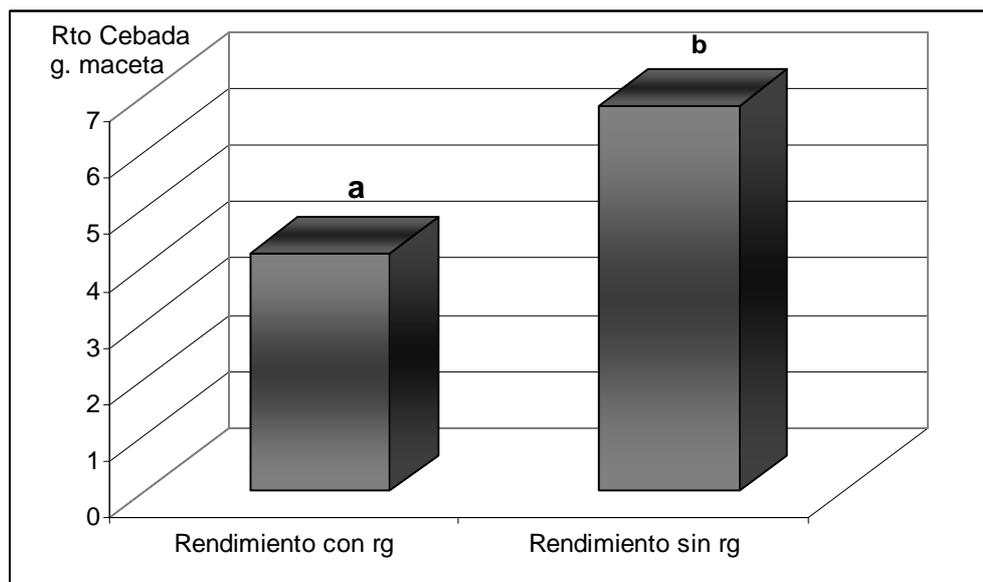
Figura 2: Biomasa seca de raigrás (g/maceta) para CLE 202 y el promedio de los cultivares con potencial alelopático.

El promedio de la biomasa seca de raigrás creciendo junto con los cultivares potencialmente alelopáticos fue un 86% del que se estimó en CLE 202, resultado de un, 13%, 9% y 19% de reducción estimado en Guaviyú, Arrayán y Carumbé respectivamente.

Comparando las reducciones estimadas en este momento con las cuantificadas en momento Z 3.0 en el primer experimento destacan dos diferencias. En primer lugar las disminuciones en la biomasa de raigrás resultaron mucho menores y por otra parte, el comportamiento comparativo de los cultivares no es exactamente el mismo, determinando Carumbé mayores inhibiciones en raigrás que Guaviyú en este caso.

En las variables materia seca y rendimiento de cebada el ANAVA detectó efectos muy significativos para la interferencia de raigrás, efectos significativos de cultivar solo en rendimiento y no resultó significativa la interacción cultivar por raigrás en ninguna de las dos variables.

El efecto de la interferencia de raigrás en el rendimiento en grano fue muy importante y determinó una pérdida promedio de 39% en el rendimiento en grano de cebada (Figura 3) , 47% en CLE 202 y 36 % para el promedio de los cultivares con potencial alelopático.



Diferencias entre letras difieren significativamente ($P=0,08$).

Figura 3: Rendimiento de cebada con y sin presencia de raigrás.

Pese a que el ANAVA no detectó efectos de interacción cultivar x raigrás, las pérdidas por efecto de la interferencia de la maleza en los cultivares variaron desde solo un 24% en el caso de Guaviyú hasta un 47% en los casos de Arrayán y CLE 202.

El cálculo de los índices de tolerancia o habilidad para soportar la interferencia (HSI) tal como los propusiera Watson et al. (2006), confeccionado con los resultados de materia seca y rendimiento en grano de cebada para los cultivares estudiados, refleja esta variabilidad (cuadro 5).

Cuadro 5: Habilidad para soportar la interferencia de raigrás de los tratamientos expresada según rendimiento (%)

Cultivar	Habilidad para soportar la interferencia
	Rendimiento de cebada (%)
Guaviyú	75,57
Arrayán	53,27
Carumbé	60,60
CLE 202	53,32

La mayor tolerancia (mayor HSI) de Guaviyú así como la baja tolerancia de CLE 202 no llaman la atención considerando sus respectivas habilidades para suprimir la interferencia.

Guaviyú mostró en forma consistente en los dos experimentos capacidad de disminuir el crecimiento de raigrás y por lo tanto puede considerarse esperable que bajo una menor presión de interferencia de la maleza el rendimiento del cultivar enmalezado fuera mas cercano al rendimiento estimado en las parcelas libres de raigrás. Igualmente en el caso de CLE 202 lo esperable era que se produjeran pérdidas importantes siendo que fue el cultivar en el que siempre se estimaron las menores supresiones de la maleza.

También el comportamiento de Arrayán puede considerarse lo esperable siendo que este cultivar mostró pocos efectos sobre raigrás sin distinguirse de forma importante, en ningun caso, de CLE 202.

Sin embargo, los resultados para Carumbé son algo diferentes. Aunque este cultivar mostró reducciones iniciales muy similares a las de Guaviyú a nivel de la biomasa de raigrás con respecto al cultivar CLE 202, e inclusive mayores en la determinacion final, perdió mucho rendimiento por efecto de la maleza, presentando un índice de tolerancia a la competencia poco mayor al de CLE 202.

Estos resultados estarían indicando que Carumbé muestra importante susceptibilidad a la interferencia, lo cual se evidencia si se calcula la pérdida de rendimiento en relación a la biomasa de raigrás en competencia (cuadro 6).

Cuadro 6: Pérdida de rendimiento (%) en relación a la biomasa de raigrás al momento de madurez fisiológica de cebada

Cultivar	Pérdida de rendimiento (%)	Biomasa de raigrás (g.maceta)	Biomasa Rg/Pérdida Rendimiento
Guaviyú	24	10,98	2,18
Arrayán	47	11,48	4,09
Carumbé	39	10,28	3,79
CLE 202	47	12,62	3,72

Como puede observarse en el cuadro, Guaviyú que se mostrara en reiteradas determinaciones en este estudio como supresora de raigrás es además el cultivar con la menor susceptibilidad a la pérdida por efecto de la interferencia.

Por otra parte cabe mencionar que en este experimento, al igual que en el experimento 1 se realizaron estimaciones de desarrollo en raigrás tal como se detallara en materiales y métodos.

Al igual que en primer experimento el análisis estadístico de los resultados de las estimaciones de desarrollo fenológico de raigrás no permitió detectar efectos de interferencia diferencial de los cultivares sobre la maleza ($p > 0,10$).

4.3 ANÁLISIS CONJUNTO DE AMBOS EXPERIMENTOS

Del análisis de los dos experimentos en conjunto puede deducirse que los efectos de supresión de los cultivares sobre la maleza parecen estar determinados tempranamente y asociados a efectos alelopáticos.

La materia seca final de raigrás estimada en los distintos cultivares se corresponde con la que se determinara en Zadoks 3.0 y no parece ser el resultado exclusivo de los efectos del tamaño y/o crecimiento inicial de los cultivares.

También la pérdida de rendimiento parece estar directamente asociada con la capacidad supresora inicial. Carumbé aún disminuyendo la biomasa final de raigrás de forma similar a Guaviyú, no logró diferenciarse de CLE 202 en la

supresión inicial y terminó demostrando alta susceptibilidad a la pérdida de rendimiento en grano.

Estos resultados estarían indicando que aún cuando para el manejo de las poblaciones de raigrás es importante que se mantenga capacidad de supresión en los cultivares hasta el final del ciclo, lograr bajos niveles de pérdida exige la utilización de cultivares que supriman tempranamente la presión de interferencia.

5. CONCLUSIONES

5.1 EXPERIMENTO 1

Los cultivares estudiados no afectaron el desarrollo ni la altura de raigrás hasta Zadoks 3.0 aunque si la materia seca producida por la maleza en ese momento.

Guaviyú redujo en un 45% la biomasa seca de raigrás estimada en el cultivar de bajo potencial alelopático incluido como testigo, CLE 202.

El crecimiento inicial de los cultivares (altura y biomasa) no mostró relación con las reducciones del crecimiento de raigrás indicando la posible presencia de efectos alelopáticos.

5.2 EXPERIMENTO 2

El promedio de la biomasa seca de raigrás estimada al momento de la madurez fisiológica de cebada en los cultivares con potencial alelopático, aún sin diferencia entre ellos, fue menor que la estimada en CLE 202.

La interferencia de raigrás afectó muy significativamente tanto la materia seca como el rendimiento en grano de cebada.

El rendimiento en grano de CLE 202 disminuyó un 47% por efecto de la presencia de raigrás, y la reducción promedio para los cultivares con potencial alelopático fue de un 36 %, siendo la menor pérdida (24%) determinada en Guaviyú.

La mayor habilidad para soportar la interferencia (HSI) que presentó el cultivar Guaviyú se asoció con menores niveles de pérdida de rendimiento por unidad de biomasa de raigrás al momento de la madurez fisiológica de cebada.

6. RESUMEN

L. multiflorum es una especie capaz de desarrollar fuertes interferencias en cultivos de invierno, responsables de severas disminuciones de rendimiento como también en la calidad de grano en el cultivo de cebada, por lo que resulta imprescindible su control. En el país el control se realiza básicamente con herbicidas pues no existen otras alternativas. Sin embargo, las opciones herbicidas para la solución de estos problemas son restringidas, de costo elevado y presentan eficacia variable, altamente dependiente de las condiciones ambientales en el entorno al periodo de la aplicación, de la densidad y del grado de desarrollo de la maleza. El uso de estrategias alternativas que permitan sustituir o complementar el uso de herbicidas resulta de alto interés en el control de raigrás (*Lolium multiflorum*) en los cultivos invernales del país. Estudios realizados en el país por Capurro y Sotelo (2010) mostraron importante variabilidad en los cultivares de cebada, encontrando materiales que no poseen potencial alelopático y aquellos que a nivel de bioensayos mostraron una reducción del crecimiento radicular de raigrás mayor al 30 %. El presente trabajo tuvo por objetivos estudiar el efecto de la interferencia en el crecimiento y desarrollo de raigrás bajo condiciones controladas de un cultivar que no demostrara potencial alelopático (CLE 202) y de los 4 cultivares que demostraran mayor potencial alelopático (Guaviyú, Ambev 23, Carumbé y Arrayán) en los trabajos previos de Capurro y Sotelo (2010). A tales efectos se instalaron dos experimentos complementarios bajo condiciones semicontroladas en la Estación Experimental “Dr. Mario A Cassinoni” de la Facultad de Agronomía durante el periodo de junio a diciembre del año 2010. El primer experimento consistió en el crecimiento conjunto de raigrás con los 5 cultivares de cebada anteriormente mencionados, los tratamientos fueron dispuestos en bloques completos al azar (DBCA) con 4 repeticiones y se estimó periódicamente en raigrás el desarrollo fenológico utilizando la escala Zadoks. En Zadoks 3.0 se cosechó la parte aérea de raigrás y de cebada y se procedió a la estimación del peso verde y seco de las muestras. En el segundo experimento los tratamientos consistieron en la evaluación de los mismos 5 cultivares con y sin raigrás y hasta madurez fisiológica. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (DCBA) con arreglo factorial, con 2 factores siendo el factor 1 el cultivar (5), y el factor 2 raigrás (con y sin). Se determinó el desarrollo fenológico de raigrás periódicamente utilizando la Escala de Zadoks. Al momento de la madurez fisiológica de la cebada se estimó peso fresco y seco de raigrás; peso seco y rendimiento en grano de cebada. A partir de estas determinaciones se calculó el índice de tolerancia a la competencia (Watson et al., 2006). En el primer experimento, hasta Zadoks 3.0, los cultivares estudiados no afectaron el desarrollo ni la altura de raigrás aunque si la materia seca producida por la

maleza. El crecimiento inicial de los cultivares (altura y biomasa) no mostró relación con las reducciones del crecimiento de raigrás indicando la posible presencia de efectos alelopáticos. En el segundo experimento el promedio de la biomasa seca de raigrás estimada al momento de la madurez fisiológica en cebada en los cultivares con potencial alelopático, aún sin diferencia entre ellos, fue menor que la estimada en CLE 202. La interferencia de raigrás afectó muy significativamente tanto a la materia seca como el rendimiento en grano de cebada. El rendimiento en grano de CLE 202 disminuyó un 47% por efecto de la presencia de raigrás, y la reducción promedio para los cultivares con potencial alelopático fue de un 36 %, siendo la menor pérdida (24%) determinada en Guaviyú. La mayor habilidad para soportar la interferencia (HSI) que presentó el cultivar Guaviyú se asoció con menores niveles de pérdida por biomasa de raigrás al momento de la madurez fisiológica de cebada.

Palabras clave: *Lolium multiflorum*; *Hordeum vulgare*; Potencial alelopático de cultivares de cebada; Actividad alelopática potencial.

7. SUMMARY

L. multiflorum is a species capable of developing strong interference in winter crops, responsible not only for severe decreases in yield but also in the quality of grains barley crops; therefore, its control is vital. In Uruguay, control is basically kept with herbicides since there are no other alternatives. However, herbicide options for solving these problems are limited, expensive and have inconsistent efficacy, depending mainly on environmental conditions in the application period, density and degree of development of weeds. The use of alternative strategies that allow replacement or complementing the use of herbicides results of high interest in controlling ryegrass (*Lolium multiflorum*) in winter crops of the country. Research done in the country by Capurro and Sotelo (2010) showed significant variability in the barley cultivars, finding materials that do not have allelopathic potential and those that in bioassays showed reduced root growth of ryegrass greater than 30%. The aim of this research was to study the effect of the interference on the growth and development of ryegrass under controlled conditions in a cultivar that demonstrated allelopathic potential (CLE 202) and 4 cultivars that showed greater allelopathic potential (Guaviyú, Ambev 23, Carumbé and Arrayán) in the previous work of Capurro and Sotelo (2010). For this purpose two complementary experiments were conducted under controlled conditions at Experimental Station "Dr. Mario A Cassinoni "University of Agriculture and Farming at Uruguay during the period of June to December 2010. The first experiment consisted of ryegrass growing together with the 5 barley cultivars mentioned above, the treatments were arranged in randomized complete block design (RCBD) with 4 repetitions and the periodically phenological development in ryegrass using the Zadoks scale was estimated. In Zadoks 3.0 was harvested the aerial parts of ryegrass and barley and it was then proceeded to estimate the green and dry weight of the samples. In the second experiment, the treatments consisted of evaluation of these five cultivars with and without ryegrass. The design of this experiment was a randomized complete block design (DCBA) with factorial arrangement with 2 factors being the cultivar factor 1 (5), and factor 2 ryegrass (with and without). The phenological development of Ryegrass was determined periodically using the Zadoks Scale. At the time of physiological maturity of barley the experiment it was estimated fresh and dry weight of ryegrass, dry weight and grain yield of barley. From these determination, it was calculated an index of tolerance to competition or the ability to withstand interference (HSI = Ability to Withstand Competition AWC). In the first experiment the cultivars studied did not affect neither the development nor the height of ryegrass to Zadoks 3.0; although dry matter produced by the weed at that time was indeed altered. The initial growth of the cultivars (height and biomass) was not associated with reductions in the growth of ryegrass, indicating the possible presence of allelopathic effects. In

the second experiment it was concluded that the average dry biomass of ryegrass estimated at the time of physiological maturity in barley in cultivars with allelopathic potential, even if there was no difference between them was less than the estimated in CLE 202. Ryegrass interference affected both dry matter and grain yield of barley in a significant way. Grain yield of CLE 202 decreased by 47% due to the presence of ryegrass, and the average reduction for cultivars with allelopathic potential was 36%, with the least loss (24%) determined in Guaviyú. The greater ability to withstand interference (HSI) presented by Guaviyú cultivar was associated with lower levels of loss per biomass of raygrass, at the time of physiological maturity of barley.

Key words: *Lolium multiflorum*; *Hordeum vulgare*; Allelopathic potential of barley cultivars; Potential allelopathic activity.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACCIARESI, A.; ASENJO, A. 2003. Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.) *Ecología Austral*. 13 (1): s.p.
2. ASGHARI, J.; TEWARI, J.P. 2007. Allelopathic potentials of eight barley cultivars on *Brassica jucea* (L) Czern. and *Setaria viridis* (L) p. Beauv. *Journal Agricultural Science Technolnology*. 9: 165-176.
3. ASHRAFI, Z.Y.; SADEGHI, S.; MASHHADI, H.R. 2007. Allelopathic effects of barley (*Hordeum vulgare*) on germination and growth of wild barley (*H. spontaneum*). *Weed Science*. 13 (1-2): 99-112.
4. BARNES, J.P.; PUTNAM, A.R. 1983. Rye residues contribute weed suppression in no-tillage cropping systems. *Journal of Chemical Ecology*. 9(8): 1045-1057.
5. BATISH, D.R.; SINGH, H.P.; KOHLI, R.K.; KAUR, S. 2001. Crop allelopathy and its role in ecological agriculture. *Journal Crop Production*. 4: 121-161.
6. BEN-HAMMOUDA, M.; GHORBAL, H.; KREMER, R.J.; OUESLATI, O. 2001. Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedling growth of bread and durum wheat. *Agronomie*. 21: 65-71.
7. BERTHOLDSSON, N.O. 2004. Variation in allelopathic activity over 100 years of barley selection and breeding. *Weed Research*. 44 (2): 78-86.
8. _____. 2005. Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Research*. 45: 94–102.
9. BHOWMICK, P.C.; DOLL, J.D. 1982. Corn and Soybean response to alleopathic effects of weed and crop residues. *Agronomy Journal*. 74: 601-606.
10. BLANCO, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 27(3): 5-16.

11. BOWMAN, G.; SHIRLEY, C.; CRAMER, C. 1998. Managing cover crops profitably. 2nd. ed. Burlington, Sustainable Agriculture Publications. v.1, 212 p.
12. CABALLERO, G. 2004. Efecto de los terpenoides naturales y hemisíntéticos sobre "leptinotarsa decemlineata (say) (coleóptera: chrysomelidae) y "spodoptera exigua (hubner) (lepidóptera: nocturnae). Tesis Dr. Madrid, España. Universidad Complutense. Facultad de Ciencias. 119 p.
13. CAPURRO, P.; SOTELO, M. 2010. Interferencia alelopática de cultivares de cebada sobre *Lolium multiflorum* L. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 44 p.
14. DHIMA, K.V.; VASILAKOGLU, I.B.; ELEFTHEROHORINOS, I.G.; LITHOUGIDIS, A.S. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. *Crop Science*. 46: 345-352.
15. EDWARDS, W.R.; HALL, J.A.; ROWLAN, A.R.; SCHNEIDER-BARFIELD, T.; SUN, T.J.; PATIL, M.S.; PIERCE, M.L.; FULCHER, R.G.; BELL, A.A.; ESSENBERG, M. 2008. Light filtering by epidermal flavonoids during the resistant response of cotton to *Xanthomonas* protects leaf tissue from light-dependent phytoalexin activity. *Phytochemistry*. 69: 2320-2328.
16. EINHELLING, F.A.; LEATHER, G. 1988. Potencial for exploiting allelopathy to enhance crop production. *Journal of Chemical Ecology*. 14 (10): 1829-1849.
17. _____. 1996. Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*. 88: 886-893.
18. _____. 2004. Mode of allelochemical action of phenolic compounds. In: Macias, F.A.; Galindo, J.C.G.; Molinillo, J.M.G.; Cutler, H. G. eds. *Allelopathy; chemistry and mode of action of allelochemicals*. Boca Ratón, FL, CRC. pp. 217-238.
19. FERREIRA, A.; ALVES, M. E. 2000. Alelopatía; uma área emergente da ecofisiología. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 12:175-204.

20. FISCHER, N.H. 1986. The function of mono and sesquiterpenes as plant germination and growth regulators. *In*: Putnam, A.R.; Tang, C.S. eds. The science of Allelopathy. New York, Wiley. pp. 203–218.
21. GUBBELS, G.H.; KENASCHUK, E.O. 1989. Agronomic performance of flax grown on canola, barley and flax stubble with and without tillage prior to seeding. *Canadian Journal of Plant Science*. 69: 31-38.
22. HAIG, T. 2008. Allelochemicals in plants. *In*: Zeng, R.S.; Mallik A.U.; Shi, M.L. eds. Allelopathy in sustainable agriculture and forestry. New York, Springer. pp. 63-104.
23. HANSON, A.D.; TRAYNOR, P.L.; DITZ, K.M.; REICOSKY, D.A. 1981. Gramine in barley forage; effects of genotype and environment. *Crop Science*. 21: 726-730.
24. JONES, E.; JESSOP, R.S.; SINDEL, B.M; HOULT, A. 1999. Utilising crop residues to control weeds. *In*: Australian Weeds Conference (12th.,1999, Devonport). Proceedings. Bishop, Boersma/Barnes. pp. 373-376.
25. KREMER, R.J.; BEN-HAMMOUDA, M. 2009. Allelopathic plants. Barley (*Hordeum vulgare* L). (en línea). *Allelopathy Journal*. 24(2): 225-242. Consultado 4 may. 2011. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/36221500/cswq-0424-kremer.pdf>
26. KRUSE, M.; STRANDBERG, M.; STRANDBERG, B. 2000. Ecological effects of allelopathic plants; a review. (en línea). Ministry of Environment and Energy. NERI Technical Report no. 315. 66 p. Consultado 10 may. 2011. Disponible en http://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrappporter/rapporter/fr315.pdf
27. LIU, D.L.; LOVETT, J.V. 1993. Biologically active secondary metabolites of barley. I. Developing techniques and assessing allelopathy in barley. *Journal of Chemical Ecology*. 19 (10): 2217-2230.
28. MANN, H.H.; BARNES, T.W. 1952. The competition between barley and certain weeds under controlled conditions. V. Competition with clover considered as a weed. *Annals of Applied Biology*. 39: 111-119.

29. MEREDITH, A. 2008. Allelopathy in Rye (*Secale cereale*). Tesis Msc. Raleigh, NC, United States. North Carolina State University. 135 p.
30. NAMBILI, J.N. 2008. The interference potential of nine selected South African spring wheat with selected weed species. Tesis Master of Science. Stellenbosch, Sudafrica. Universidad de Stellenbosch. 117 p.
31. OLIVEROS-BASTIDAS, A.; MACIAS, F.; FERNANDEZ, C.; MARIN, D.; MOLINILLO, J. 2009. Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas. *Química Nova*. 32 (1): 198-213.
32. OLOFSDOTTER, M.; JENSEN, L. B.; COURTOIS, C. 2002. Improving crop competitive ability using allelopathy; an example from rice. *Plant Breeding*. 121: 1-9.
33. OVEISI, M.; MASHHADI, H.R.; BAGHESTANI, M.A.; ALIZADEH, H.M.; BADRI, S. 2008. Assessment of the allelopathic potential of 17 Iranian barley cultivars in different development stages and their variations over 60 years of selection. *Weed Biology and Management*. 8: 225-232.
34. OVERLAND, L. 1966. The role of allelopathic substances in the "smother crop" barley. *American Journal of Botany*. 53(5): 423-432.
35. PUTNAM, A.R.; DEFRANK, J.; BARNES, J.P. 1983a. Exploitation of allelopathy for weed control in annual and perennial cropping systems. *Journal of Chemical Ecology*. 9(8): 1001-1010.
36. _____; _____. 1983b. Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*. 2 (2): 173-181.
37. RICE, E. 1984. *Allelopathy*. 2nd. ed. Orlando, Academic Press. 422 p.
38. SAMPIETRO, D. 2003. Alelopatía; concepto, características, metodología de estudio e importancia. (en línea). San Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. 14 p. Consultado 14 abr. 2011. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.htm

39. 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(4):783-792.
40. WALTERS, D.R. 2003. Polyamines and plant disease. *Phytochemistry*. 64: 97-107.
41. WEIDENHAMER, J.D. 1996. Distinguishing resource competition and chemical interference; overcoming the methodological impasse. *Agronomy Journal*. 88: 866-875.
42. WESTON, L.A.; DUKE, S.O. 2003. Weed and crop allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 22: 367-389.
43. _____. 2005. History and current trends in the use of allelopathy for weed management. *HortTechnology*. 15 (3): 529-534.
44. WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 2000. Evaluation of seedling allelopathy in 453 wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*) by the equal-compartment-agar method. *Australian Journal of Agricultural Research*. 51: 937-944.
45. _____.; _____.; _____.; AN, M.; LIU, D. 2007. Autotoxicity of wheat (*Triticum aestivum* L.) as determined by laboratory bioassays. *Plant Soil*. 296: 85-93.
46. YU, J.; VASANTHAN, T.; TEMELLI, F. 2001. Analysis of phenolic acids in barley by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 4352-4358.
47. ZAMORANO, C. 2006. Alelopatía; un nuevo reto en la ciencia de las arvenses en el trópico. *Agronomía*. 14 (1): 7-15.