

POTENCIAL ALELOPÁTICO DIFERENCIAL DE CULTIVARES DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM* L.) CHILENO SOBRE BALLICA ANUAL (*LOLIUM RIGIDUM*) VAR. WIMMERA

THE DIFFERENTIAL ALLELOPATHIC POTENTIAL OF CHILEAN WHEAT CULTIVARS (*TRITICUM AESTIVUM* L.) ON ANNUAL RYEGRASS (*LOLIUM RIGIDUM*) VAR. WIMMERA

Emma Bensch T.¹; Heidi Schalchli S.¹; Ricardo Fuentes P.²; Peter Seemann F.²; Claudio Jobet F.³

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron: validar el método ECAM (Wu *et al.*, 2000a) y determinar el potencial alelopático de cincuenta cvs. de trigo cultivados en Chile sobre ballica anual (*Lolium rigidum*) var. Wimmera. El diseño experimental fue completamente al azar y en bloque con cuatro repeticiones. Se evaluó largo radical mayor de la especie receptora (ballica) a los diez días de establecida. Los datos transformados a porcentaje de inhibición del largo radical de la especie receptora en relación al testigo fueron sometidos a ANDEVA, Análisis Cluster y Duncan o Tukey ($P \leq 0.05$). El método ECAM modificado fue eficaz para evaluar el potencial alelopático de los cincuenta cultivares de trigo y, en general, se produjo inhibición del crecimiento radical de ballica con un rango de inhibición de 20 a 80%. Los cultivares más alelopáticos fueron Tukan, Oracle y Castaño y los con menor potencial Baroudeur, Paillaco y Domo.

Palabras clave: *Triticum aestivum*, *Lolium rigidum*, cultivares, crecimiento radical, ECAM, alelopatía.

ABSTRACT

The objectives of this investigation were: to validate the ECAM method and to validate the allelopathic potential of 50 wheat cultivars on *Lolium rigidum* var. Wimmera. The experimental design was completely at random or in blocks with four repetitions. The longest main root of the receptive species (*lolium* grass) was evaluated ten days after the establishment of the last one. The transformed data into percentage of inhibition of root length of the receptive species in relation to the control was analyzed using ANDEVA, cluster analysis, Duncan or Tukey ($P \leq 0.05$). The modified ECAM method was efficient to evaluate the allelopathic potential of fifty wheat cultivars. In most cases root development of *Lolium rigidum* var. Wimmera was inhibited, the range of inhibition varied for *lolium* grass between 20 to 80%. The most allelopathic cultivars were Tukan, Oracle and Castaño and with less potential Baroudeur, Paillaco and Domo.

Key words: *Triticum aestivum*, *Lolium rigidum*, cultivars, root length, ECAM, allelopathy.

INTRODUCCIÓN

La alelopatía ha sido utilizada en agroecosistemas con fines prácticos (Anaya, 1999; Anaya *et al.*, 2001). Entre otros se cita la utilización de cultivos de supresión o cubiertas alelopáticas vegetales (Chou *et al.*, 1987; Eskelsen y Crabtree, 1995; Chou, 1999; Ormeño, 1999), rotaciones alelopáticas o cultivos

compañeros (Rice, 1979; Barnes y Putnam, 1986; Wojtkowiak *et al.*, 1990; Pérez y Ormeño, 1991; Ormeño, 1992, 1999), incorporación de residuos de cultivos alelopáticos al suelo (Dilday *et al.*, 1994; Chung y Miller, 1995; Ormeño, 1999) y uso de extractos fitotóxicos de plantas alelopáticas (Chung y Miller, 1995; Duke *et al.*, 1997; Chou, 1999; Cheema y Khaliq, 2000). En el último tiempo, la

¹ Universidad de La Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.

² Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias.

³ INIA, CRI Carillanca, Fitomejoramiento y Recursos Filogenéticos. E-mail: eabensch@ufro.cl

investigación en el área se ha centrado en la búsqueda de germoplasma con potencial alelopático (Wu *et al.*, 1999). En este sentido, la identificación de cultivares con alta actividad alelopática y la transferencia de esta característica a cultivares modernos podrían contribuir a restaurar una propiedad que inadvertidamente pudo haberse perdido durante el proceso de selección, cuando los cultivares se seleccionaron para otros fines.

Estudios en arroz (Dilday *et al.*, 1994), avena (Fay y Duke, 1977), cebada (Ben-Hammouda y Oueslati, 1999), maravilla (Leather, 1983; Pérez, 1990), zapallo (Putnam y Duke, 1974; Lockerman y Putnam, 1979, citados por Wu *et al.*, 1999) y trigo (Wu *et al.*, 2001a) demuestran que hay variación en la actividad alelopática entre accesiones y que algunas de estas accesiones inhiben el desarrollo de otras especies vegetales.

Por la importancia del trigo a nivel mundial, se ha evaluado el potencial alelopático de accesiones de este cereal con resultados promisorios (Copaja *et al.*, 1991; Bertholdsson, 2004; Wu *et al.*, 1998, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2001b; Zheng *et al.*, 2007). En Chile no hay información publicada en el tema.

Por otra parte, los métodos de análisis son determinantes para evaluar inicialmente el potencial alelopático. Metodologías más comúnmente utilizadas en estudios alelopáticos son las descritas por Putnam y Duke (1974), Fay y Duke (1977), Dilday *et al.* (1994) y Wu *et al.* (1998). En general, estos métodos requieren un extenso período de evaluación, difícilmente separan el componente alelopático del competitivo y pueden generar situaciones que alterarían la producción de aleloquímicos. Por estas razones es prioritario estandarizar la metodología. Al respecto, Wu *et al.* (2000a) proponen el Método de Análisis de Laboratorio ECAM (equal-compartment-agar-method), que permite simular la liberación natural de aleloquímicos desde plantas vivas donantes hacia un medio de cultivo estéril y sin nutrientes, evitando el efecto de microorganismos y la competencia por nutrientes, agua y luz entre las especies vegetales evaluadas.

En este contexto, como hipótesis de trabajo se postula que cultivares de trigo difieren en el efecto alelopático sobre ballica anual (*Lolium rigidum* var. Wimmera). Para dar cumplimiento a la hipótesis de trabajo se plantean como objetivos específicos: validar el método de análisis de laboratorio ECAM (Wu *et al.*, 2000a) para las condiciones experi-

mentales de la investigación, modificarlo si fuese necesario y evaluar cincuenta cultivares de trigo de Chile, en relación a su potencial alelopático diferencial sobre ballica anual (*Lolium rigidum* var. Wimmera).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Instituto de Protección y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. Los cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) de Chile fueron obtenidos del Banco de Germoplasma del Centro Regional de Investigación Carillanca, Temuco, dependiente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y del predio experimental Maquehue, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, Temuco. Los cultivares de trigo de Australia provinieron de la Colección de Cereales de Invierno de Australia y fueron proporcionados por el Dr. G. Wu, Universidad Waga-Waga, Australia. Las semillas de ballica anual (*Lolium rigidum* var. Wimmera) se adquirieron en el comercio.

Para el establecimiento de los ensayos de laboratorio se utilizó el Método de Análisis de Laboratorio ECAM (Wu *et al.*, 2000a), el cual fue modificado y ajustado para las condiciones de laboratorio donde se desarrolló la investigación.

Ajuste del método ECAM. Para adecuar el método a las condiciones de la investigación, se realizaron dos ensayos independientes y sucesivos, establecidos en un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones; el testigo fue la especie receptora *Lolium rigidum* var. Wimmera, descrita como especie sensible a los exudados radicales de trigo (Wu *et al.*, 2000a, 2002). La evaluación del largo radical mayor de la especie receptora se realizó a los diez días de ubicada la semilla en el sistema. Se incluyeron nueve cultivares de trigo obtenidos de Chile (Agofen, Barros, Blanquillo, Cachiporra, Castaño Colorado, Colorado Torcaza, Copihue, Julio y Linaza) y uno de Australia (Triller), reportado como altamente alelopático (Wu *et al.*, 2000a). Los cultivares de trigo identificados como más alelopáticos (Agofen, Blanquillo, Castaño Colorado y Triller, junto con Paleta y Pato) se evaluaron en un segundo ensayo, bajo similares condiciones y metodología. Los datos obtenidos fueron sometidos

a Análisis de Varianza y comparación de medias por Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$).

Para una mejor comprensión del método ECAM, propuesto por Wu *et al.* (2000a), se incluyen a continuación las etapas que éste considera.

a) Desinfección. Semillas de trigo (especie dadora de aleloquímicos) y ballica (especie receptora y sensible a aleloquímicos) son sumergidas en etanol (70% por 2,5 min.), seguido de 4 enjuagues con agua destilada estéril; luego son sumergidas en hipoclorito de sodio (2,5% por 15 min.), seguido de 5 enjuagues con agua destilada estéril.

b) Pregerminación. Semillas de trigo y ballica (desinfectadas) son pregerminadas en cámara de cultivo iluminada a 25 °C, las semillas son dispuestas en placas de Petri con papel absorbente humedecido con agua destilada estéril como substrato. Las semillas de trigo son mantenidas en cámara de cultivo por 24 horas, luego enjuagadas con agua destilada estéril y vueltas a incubar por otras 24 horas; las de ballica son mantenidas en forma constante por 48 horas en cámara de cultivo.

c) Descripción general del método ECAM. En un frasco de vidrio con capacidad para 500 ml, que contiene un volumen de 30 ml de medio de cultivo agar-agua al 3%, sin nutrientes (esterilizado mediante autoclave a 120 °C por 20 min) se depositan 12 semillas pregerminadas con el embrión hacia arriba de cada cultivar de trigo en una de las mitades de la superficie del medio de cultivo, luego el sistema es cerrado con una lámina de parafilm

(para evitar contaminación y evaporación desde la superficie del agar) y ubicado en cámara de cultivo por 7 días. Transcurrido este período, 12 semillas pregerminadas de ballica son seleccionadas y dispuestas en el compartimento no ocupado por el trigo; el sistema es separado verticalmente en dos compartimentos iguales por una lámina de papel blanco (previamente autoclavada), la que se sitúa a 1,0 cm sobre la superficie del medio de cultivo; nuevamente el sistema es cerrado con una lámina de parafilm y trasladado a cámara de cultivo por 10 días. Con el propósito de reducir la contaminación, la siembra de semillas debe realizarse bajo cámara de flujo laminar. A los 10 días postsiembra de la ballica se evalúa el largo radical mayor de esta especie. En este sistema los cultivares de trigo son considerados como tratamientos, en la confrontación trigo-ballica y el testigo corresponde a la relación ballica-ballica.

Potencial alelopático diferencial de cincuenta cultivares de trigo sobre *L. rigidum*. Un total de cincuenta cultivares de trigo, cultivados o que se han dejado de cultivar en el sur de Chile, fueron evaluados en relación al efecto alelopático sobre ballica (Cuadro 1). Para la confrontación en el sistema se utilizó la relación de plántulas dador-receptor de 12-12. La inhibición (%) del largo radical se calculó en relación al testigo constituido por la confrontación ballica-ballica. Se utilizó el Método ECAM modificado, detallado en Resultados y Discusión.

Cuadro 1

Cultivares de trigo evaluados, ordenados según hábito de desarrollo

Primaveral	Invernal		Alternativo	
Chifen	Renan	Tukan	Castaño	Quijote
Panquifen	Avital	Aztec	Huenufen	Renaico
Loncofen	Genial	Contra	Budifen	Dollinco
Toquifen	Baroudeur	Oracle	Rancofen	Bingo
Naofen	Forby	Oratorio	Lanco	Trauco
Carahue	Pepital	Orestis	Perquenco	
Dalcahue	Kona	Tilburi	Otto	
Malihue	Puken	Isangrein	Paleta	
Domo	Pankul	Tibet	Lumaco	
Antilhue	Texel		Crac	
Fama	Rialto		Metrenco	
Furio	Pajero		Paillaco	

Total cultivares: 12 primaverales, 21 invernales y 17 alternativos.

Fuente: Cartillas técnicas CRI Carillanca y Semillas Baer.

Comunicación personal: Claudio Jobet F. Ing. Agrónomo Ph.D, CRI Carillanca y Juan Carlos García D. Ing. Agrónomo, Universidad de La Frontera.

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento. Los cultivares de trigo fueron los tratamientos y el testigo fue un sistema ballica-ballica. Se consideraron 12 semillas de trigo y ballica por cada repetición. La evaluación del largo radical mayor de ballica se realizó 10 días postsiembra de esta especie. Los resultados fueron transformados a valores de porcentaje de inhibición del largo radical de la especie receptora en relación al testigo y sometidos a Análisis Cluster, para detectar diferencias entre los promedios de los grupos derivados del Análisis Cluster; se aplicó Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio preliminar y ajuste del Método ECAM. Se detectó efecto alelopático diferencial entre cultivares, en el caso del cultivar de Australia Triller, reportado como muy alelopático por Wu *et al.* (2000a); la inhibición del crecimiento radical sobre ballica fue superior comparado con los cultivares de Chile, de los cuales se desconocía su potencial alelopático, corroborando así su característica alelopática. Sólo el cv. Castaño colorado expresó similar comportamiento alelopático; en los otros cultivares la inhibición varió entre 25 y 50% respecto del testigo ballica-ballica. Este resultado fue coincidente con la caracterización alelopática reportada por los autores para el cv de Australia; asimismo, se generó información preliminar que permitió distinguir niveles extremos de alelopatía en los cvs. de trigo de Chile.

Se detectó que la habilitación del protocolo descrito por Wu *et al.* (2000a) precisaba de algunos ajustes para aminorar el nivel de contaminación de las plántulas y para habilitar la confrontación *in vitro* de la especie dadora (trigo) y receptora (ballica); además se observó que la intensidad lumínica de 3.560 lux fue excesiva, favoreciendo el desarrollo vegetativo por sobre el radical, lo que trajo consigo disminución de la fiabilidad de la evaluación. En este contexto se estimó desarrollar estudios tendientes a definir un protocolo, tanto de desinfección como de secuencia de acciones, que superara las restricciones anteriores y se adecuara a las condiciones de material biológico, equipo e infraestructura utilizados en esta investigación. Para superar la contaminación fúngica se evaluaron seis tratamientos. El mejor resultado se obtuvo con: in-

mersión y agitación por 30 min de 100 g de semilla en solución acuosa de Benlate 50% WP+Captan 80%WP (1,8%+2,7%), lavado en agua destilada estéril durante cuatro veces sucesivas, inmersión en etanol (70%) por 2,5 min, lavado durante cuatro veces en agua destilada estéril e inmersión final en hipoclorito de sodio (2,5%) por 15 min, lavado final en agua destilada estéril. Esta secuencia constituye una modificación al proceso de desinfección de la semilla descrito por Wu *et al.* (2000a).

Los ajustes para la habilitación del sistema ECAM fueron los siguientes: a) reemplazo de la lámina de papel que separa el frasco verticalmente por una lámina de cartulina firme de color blanco, a la que se le realizaron muescas en la parte superior para que quedase suspendida desde los bordes del frasco, sin tocar el medio de cultivo. Esta modificación evitó la absorción de agua desde el medio y el humedecimiento de la lámina de separación; b) disposición de la lámina de separación, antes de la siembra de ballica, para evitar que el follaje del trigo ocupe parte del espacio de la ballica; c) instalación de la lámina de cartón a 0,5 cm sobre la superficie del agar y no a 1,0 cm, lo que restringió el crecimiento radical de trigo por sobre la superficie del agar hacia el lugar de la especie receptora, descartando el factor competitivo por espacio. El ajuste para pregerminado de la semilla consistió en disminuir a 24 h el período de pregerminación de ballica. Con esto se logró una mayor homogeneidad en la emergencia de esta especie y para trigo se mantuvo el período de 48 h.

El protocolo ECAM modificado fue probado nuevamente para evaluar alelopatía sobre ballica de cinco cultivares de trigo de Chile (Blanquillo, Castaño colorado, Agofen, Paleta y Pato) y el cv. de Australia Triller, teniendo como testigo la relación ballica-ballica (Figura 1). Durante este experimento disminuyó la contaminación fúngica y hubo diferencia significativa entre los seis cultivares de trigo respecto del testigo, difiriendo significativamente de los otros cinco cultivares el cv. Blanquillo. Los valores de inhibición fluctuaron entre 41 y 79%. Estos valores se enmarcan en los reportados por Wu *et al.* (2000a), quienes señalan cifras entre 24 y 90% de inhibición del largo radical de ballica por parte de líneas de trigos australianos, canadienses, chinos, sudafricanos y afganos. Con los resultados obtenidos se estima que el método ECAM modificado permitió evaluar eficazmente el proceso alelopático. Aislado la competencia por

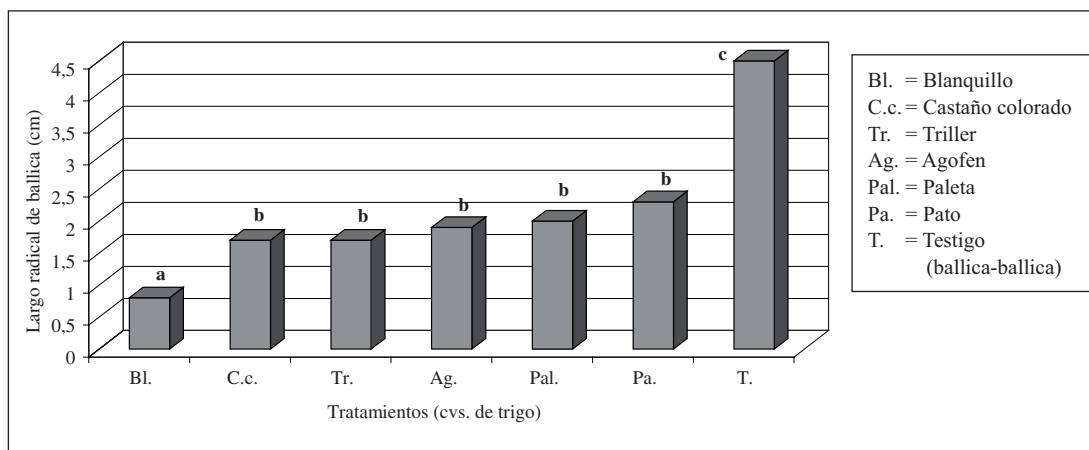


Figura 1. Efecto alelopático de seis cultivares de trigo sobre el largo radical de ballica.

espacio y luz disminuyó la contaminación fúngica y las raíces de las plantas donantes de trigo se distribuyeron regularmente en el medio de cultivo, interactuando adecuadamente con las de ballica en la relación dador-receptor.

En la Figura 2 se destaca la inhibición del sistema radical de la especie sensible (ballica) provocada por un cultivar de trigo con potencial alelopático negativo, en comparación al testigo.

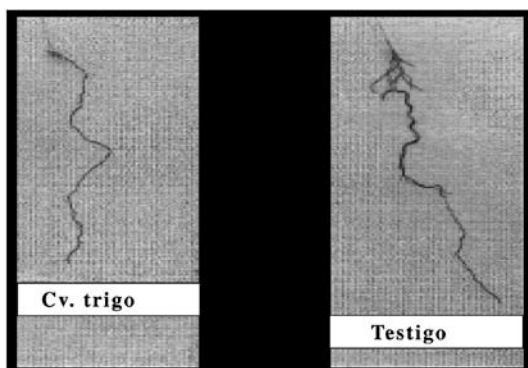


Figura 2. Inhibición del sistema radical de *L. rigidum* provocada por exudados radicales de cv. de trigo y del testigo (*Lolium rigidum* L.).

Potencial alelopático diferencial de cincuenta cultivares de trigo sobre *L. rigidum*. En el Cuadro 2 se incluye la inhibición del crecimiento radical de ballica para cada uno de los cultivares evaluados, los cuales variaron entre 20 y 80%, con un promedio de 51,7% y un 50% de los cultivares por sobre este valor. Todos los cultivares ejercieron un efecto alelopático inhibitorio del largo radical con diferencia

significativa entre los grupos; el promedio fue: Tukan (80%), seguido de nueve cultivares con un promedio de 68,6%, cinco con 65,0%, seis con 59,8%, tres con 53,3%, once con 49,0%, seis con 42,2%, cinco con 35,6% y cuatro con 24,0%. La menor inhibición se obtuvo con Baroudeur (20%).

A partir del Análisis Cluster se constituyeron diez grupos principales, con un alto índice de similitud en el grupo y de disimilitud entre éstos, lo que indica que la acción alelopática de los cultivares que conformaron un mismo grupo es similar pero no idéntica; el promedio de estos grupos fue significativamente discriminado entre sí, en algunos casos un cultivar puede integrar dos grupos cuando el valor de inhibición está en el límite y se produce una interacción entre los grupos de disimilitud (Figura 3). Al comparar la disimilitud se estableció diferencia significativa (Figura 4 y Cuadro 3) con la significancia estadística obtenida; estos resultados demuestran la diversidad y distancia del potencial alelopático de los genotipos de trigo evaluados. Cabe hacer mención que los grupos quedaron conformados indistintamente por cultivares de distinto hábito, sin establecer tendencia de similitud en relación a este parámetro; el testigo conformó un grupo aparte.

Con los resultados obtenidos se corroboran los antecedentes reportados por Lemerle *et al.*, 1996; Wu *et al.*, 1998, 2000a y 2001b, en el sentido de que *Lolium rigidum* fue una especie altamente sensible a los exudados radicales de trigo y en consecuencia permitió discriminar con un alto grado de certeza entre los cultivares evaluados; tal así aconteció en

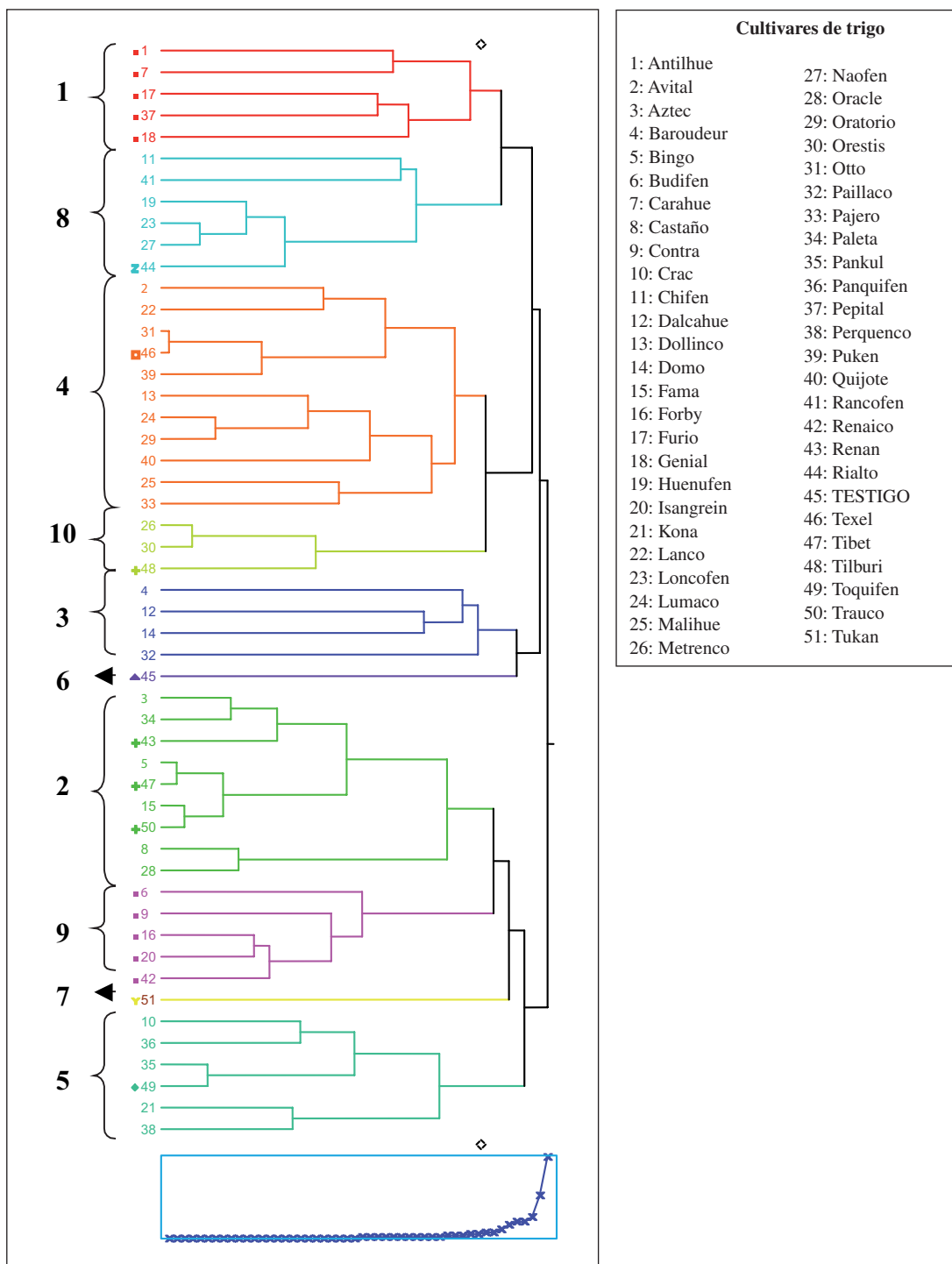


Figura 3. Dendrograma de similitud de cincuenta cultivares de trigo y el testigo en relación al potencial alelopático sobre *L. rigidum*.

Cuadro 2

Inhibición (%) del crecimiento radical de *L. rigidum* por exudados radicales de cultivares de trigo

Cultivar	Inhibición Largo radical ⁽¹⁾ (%)	Cultivar	Inhibición Largo radical ⁽¹⁾ (%)	Cultivar	Inhibición Largo radical ⁽¹⁾ (%)
Baroudeur	20	Otto	48	Pankul	62
Paillaco	23	Quijote	48	Contra	63
Domo	24	Puken	49	Isangrein	64
Dalcahue	29	Dollinco	49	Renaico	65
Antilhue	32	Lumaco	49	Forby	66
Carahue	32	Oratorio	49	Budifen	67
Pepital	36	Lanco	49	Bingo	67
Furio	39	Malihue	51	Tibet	67
Genial	39	Pajero	52	Renan	68
Rancofen	39	Tilburi	52	Fama	68
Huenufen	42	Metrenco	54	Trauco	68
Naofen	42	Orestis	54	Aztec	69
Loncofen	43	Perquenco	57	Paleta	69
Chifen	43	Kona	58	Castaño	70
Rialto	44	Crac	60	Oracle	71
Avital	47	Toquifen	61	Tukan	80
Texel	48	Panquifen	61		

(1) Inhibición largo radical calculado en relación al testigo (ballica-ballica).

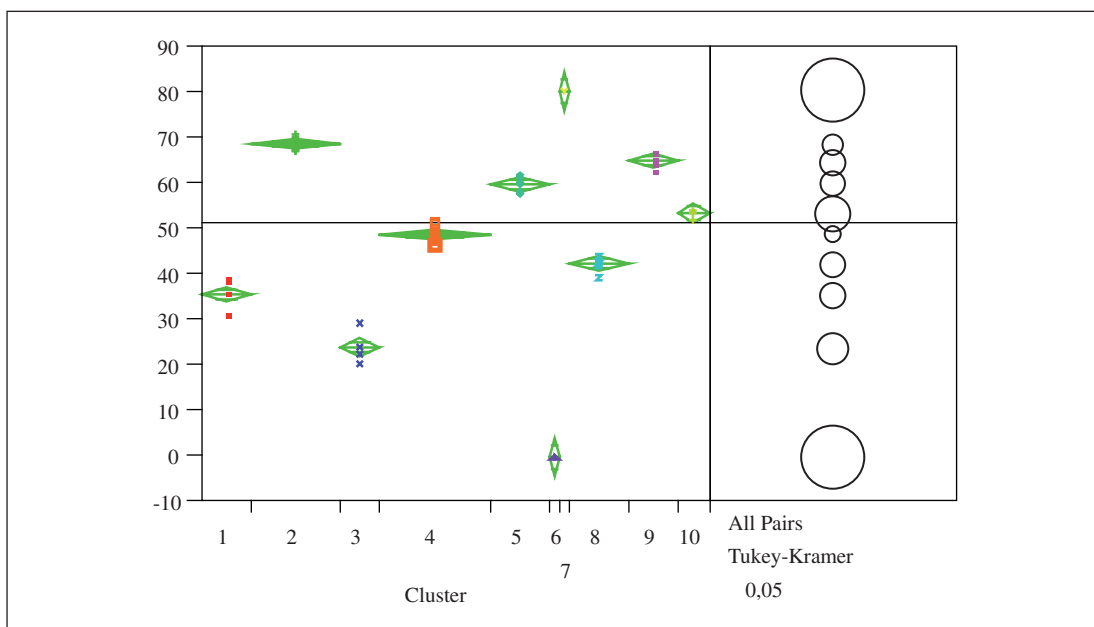


Figura 4. Gráfico de escala multidimensional y de distancia estadística para inhibición radical de *L. rigidum*.

Cuadro 3

Significancia de disimilitud entre promedios de inhibición del largo radical (%) de *L. rigidum*, para grupos Cluster de similitud conformados por cultivares de trigo evaluados

Grupos Cluster	Cultivares que conforman cada grupo	Promedio inhibición grupo (%)
1	Antilhue, Carahue, Pepital, Furio, Genial	35,6 h
2	Bingo, Tibet, Fama, Trauco, Renan, Paleta, Aztec, Castaño, Oracle	68,6 b
3	Baroudeur, Paillaco, Domo, Dalcahue	24,0 i
4	Avital, Otto, Texel, Quijote, Lanco, Pukén, Dollinco, Lumaco, Oratorio, Malihue, Pajero	49,0 f
5	Perquenco, Kona, Crac, Panquifen, Toquifen, Pankul	59,8 d
7	Tukan	80,0 a
8	Rancofen, Huenufen, Naofen, Loncofen, Chifen, Rialto	42,2 g
9	Contra, Isangrein, Renaico, Forby, Budifen	65,0 c
10	Tilburi, Orestis, Metrenco	53,3 e

La inhibición del largo radical se calculó en relación al testigo (ballica-ballica).

L. rigidum integró el grupo 6 del Análisis Cluster.

Letras distintas entre grupos indican diferencia significativa según Tukey ($P \leq 0,05$).

esta investigación. Otro aspecto que se reporta dice relación con la estimulación del crecimiento radical de ballica mediado por los exudados radicales de trigo (Wu *et al.*, 2001b), efecto no observado en este estudio.

CONCLUSIONES

1. El método ECAM modificado permitió evaluar eficazmente el proceso alelopático entre la especie dadora (*Triticum aestivum*) y la especie receptora (ballica anual).

2. Los cincuenta cultivares de trigo ejercieron efecto alelopático inhibitorio significativo sobre el crecimiento radical de *Lolium rigidum* var. Wimmera; el rango varió entre 80 y 20%, con 50% de los cultivares por sobre el 50% de inhibición.
3. Los cultivares con mayor potencial alelopático inhibitorio (rango: 70-80%) fueron Tukan, Oracle y Castaño y los con menor potencial alelopático inhibitorio (rango: 20-24%) Baroudeur, Paillaco y Domo.

LITERATURA CITADA

- ANAYA, A. 1999. Allelopathy as tool in the management of biotic resources in Agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18:697-739.
- ANAYA, A.; CRUZ-ORTEGA, R. 2001. La alelopatía: algunos estudios de caso y posibles aplicaciones. In: Anaya, A., Espinosa-García, F. y Cruz-Ortega, R. (eds). *Relaciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*. Instituto de Ecología, UNAM. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México. pp. 33-68.
- BARNES, J.; PUTNAM, A. 1986. Evidence for allelopathy by residues and aqueous extract of rye (*Secale cereale* L.). *Weed Science* 34:384-390.
- BEN-HAMMOUDA, M.; OUESLATI, O. 1999. A germination bioassay to test the allelopathic potential of barley. *RACHIS Newsletter* 18:51-54.
- BERTHOLDSSON, N. 2004. Variation in allelopathic activity in spring wheat. In: *Proceedings of Second European Allelopathy Symposium-Allelopathic: from understanding to application*. p. 22. Pulawy, Poland, June 4, 2004.
- CHEEMA, Z.; KHALIQ, A. 2000. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79:105-112.
- CHOU, CH.; HWANG, S.; PENG, C.; WANG, Y.; HSU, F.; CHUNG, N. 1987. The selective allelopathic interaction of pasture-forest intercropping in Taiwan. *Plant Soil* 98:31-41.
- CHOU, CH. 1999. Roles of allelopathy in plant biodiversity and sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 18:609-636.

- CHUNG, I.; MILLER, D. 1995.** Natural herbicide potential of alfalfa residue on selected weed species. *Agronomy Journal* 87:920-925.
- COPAJA, S.; NIEMEYER, H.; WRATTEN, S. 1991.** Hydroxamic acids levels in Chilean and British wheat seedlings. *Annals of Applied Biology* 118: 223-227.
- DILDAY, S.; LIN, J.; YANG, W. 1994.** Identification of allelopathy in the USDA-ARS rice germplasm collection. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34:907-910.
- DUKE, S.; SMEDA, R.; WESTON, L. 1997.** Potential for utilization of allelopathy for weed management. *In: Palestras e mesas redondas. XXI Congresso Brasileiro da ciencia das plantas daninhas.* 6 a 11 de julho de 1997.
- ESKELSEN, S.; CRABTREE, G. 1995.** The role of allelopathy in Buckwheat (*Fagopyrum sagittatum*) inhibition of Canada thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science* 43:70-74.
- FAY, P.; DUKE, W. 1977.** An assessment of allelopathic potential in *Avena* germplasm. *Weed Science* 25:224-228.
- LEATHER, G. 1983.** Sunflowers (*Helianthus annuus*) are allelopathic to weeds. *Weed Science* 31:37-42.
- LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; COUSENS, R.; COOMBES, N. 1996.** The potential for selecting wheat varieties strongly competitive against weeds. *Weed Research* 36:505-513.
- ORMEÑO, J. 1992.** Efectos alelopáticos del centeno (*Secale cereale* L.) sobre malezas que crecen normalmente asociadas a cereales. XI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). Viña del Mar. 23-27 de noviembre.
- ORMEÑO, J. 1999.** Manejo y control de malezas con plantas alelopáticas: Centeno. *In: Agricultura orgánica. Céspedes, C. y Carvajal, P. Trama. Talcahuano.* pp. 121-137.
- PÉREZ, F. 1990.** Allelopathic effect of hydroxamic acids from cereals on *Avena fatua* L. and *A. sativa* L. *Phytochemistry* 29:773-776.
- PÉREZ, F.; ORMEÑO, J. 1991.** Difference in hidroxamic acid in roots and roots exudates of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) possible role in allelopathy. *Journal of Chemical Ecology* 17:1037-1043.
- PUTNAM, A.; DUKE, V. 1974.** Biological suppression of weeds: evidence for allelopathy in accessions of cucumber. *Science* 185:370-372.
- RICE, E. 1979.** Allelopathy. New York. Orlando, Academy press. 353 p.
- WOJTKOWIAK, D., POLITYCKA, B., SCHNEIDER, M.; PERKOWSKI, J. 1990.** Phenolic substances as allelopathic agents arising during the degradation of rye (*Secale cereale* L.) tissues. *Plant Soil* 124:143-147.
- WU, H.; HAIG, T.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D. 2000b.** Distribution and exudation of allelochemicals in wheat *Triticum aestivum*. *Journal of Chemical Ecology* 26:2141-2154.
- WU, H., HAIG, T., PRATLEY, J., LEMERLE, D.; AN M. 2002.** Biochemical basis for wheat seedling allelopathy on the suppression of annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50:4567-4571.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 1999.** Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Research* 39:171-180.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 2000a.** Laboratory screening for allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) accessions against annual ryegrass (*Lolium rigidum*). *Australian Journal Research* 51:259-266.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 2001a.** Allelopathy in wheat (*Triticum aestivum*). *Annals of Applied Biology* 139:1-9.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 2001b.** Wheat allelopathic potential against a herbicide-resistant biotype of annual ryegrass. *In: Proceeding of the 10th Australian Agronomy Conference.* Hobart, Australia.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T.; VERBEEK, B. 1998.** Differential allelopathic potential among wheat accessions to annual ryegrass. *In: Proceeding of the 9th Australian Agronomy Conference* (Eds. D.L. Michalk, J.E. Pratley). Wagga-Wagga, NSW. pp. 567-571.
- WU, H.; PRATLEY, J.; LEMERLE, D.; HAIG, T. 2000c.** 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.
- ZHENG, Y.; ZHAO, Y; DONG, F.; LIU, J.; YAO, J.; HURLE, K. 2007.** Allelopathic effects of wheat extracts and DIMBOA on weeds. *Allelopathy Journal* 19: 171-178.