

# EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES AISLAMIENTOS ARGENTINOS DE *Diuraphis noxia* (HOMOPTERA: APHIDOIDEA) FRENTE A OCHO CULTIVARES DE TRIGO MEDIANTE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Laura B. Almaráz, Bárbara M. Bellone, Hugo O. Chidichimo y Horacio A. Acciaresi

## RESUMEN

El uso de cultivares de trigo con resistencia genética al pulgón ruso de trigo, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) es uno de los métodos más efectivos de control. La caracterización de diferentes aislamientos resulta de interés en la obtención de germoplasma resistente debido a la posibilidad que tienen los áfidos de generar biotipos que anulan la resistencia. Se trabajó con tres poblaciones de pulgón ruso provenientes de las localidades de La Dulce y Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina, y ocho cultivares de trigo. Se evaluó el daño a través de mediciones de la clorosis, el enrollado longitudinal de las hojas y el vuelco. Los resultados se procesaron por análisis de componentes principales (ACP). La población La Dulce (LD) mostró mayor grado de agresividad, provocando

los valores más altos de clorosis. Las poblaciones Bahía Blanca 1 (BB1) y Bahía Blanca 2 (BB2) fueron menos agresivas en cuanto al daño provocado a las plantas, mostrando comportamiento similar entre sí. Los cultivares más dañados fueron Buck Poncho y PI 372129, mientras que los que menos daño sufrieron fueron Pex 9204, 94W Stars 107A-18-16 y Stars 9302. Los cultivares Gamtoos, Halt y 94W Stars 113-35-3-32 tuvieron un comportamiento intermedio. La clorosis fue el parámetro que mejor expresó las diferencias en el comportamiento poblacional. El ACP permitió determinar el comportamiento de las poblaciones de áfidos y de los cultivares de trigo a través de las cuatro variables estudiadas y el peso o carga que aportó cada una a los distintos componentes principales.

## Introducción

El pulgón ruso de trigo, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov), se encuentra distribuido en el sur de Europa, Asia Central, Medio Oriente, Norte de África y Sudáfrica, América del Norte y América del Sur (Quisenberry y Peairs, 1998). En Argentina se lo detectó en la localidad de Malargüe, Mendoza, sobre plantas de centeno (Ortego y Delfino, 1992) y en la localidad de Algarrobo, Buenos Aires, en plantas de trigo (Dughetti y Larreguy, 1993). Los ataques de mayor importancia fueron desarrollados en las zonas trigueras IV y VS que comprenden el sur de la provincia de Buenos Aires, parte de las provincias de

Córdoba, San Luis y La Pampa, abarcando ~500000ha.

Los daños causados por estos insectos en trigo han sido establecidos en diferentes estudios. Du Toit y Walters (1984), en Sudáfrica, señalaron que el pulgón ruso puede causar entre 35 y 60% de pérdidas en trigo. Por otro lado, estudios conducidos en EEUU determinaron pérdidas de rendimiento del 25% cuando la infección se producía en encañamiento (Archer y Bynum, 1992) y pérdidas entre 35 y 40% en trigos de invierno, con 10-15 áfidos por planta, durante el estadio de plántula (Kieckhefer y Gellner, 1992). Uno de los efectos del daño producido por el pulgón ruso es el enrollamiento de las hojas, lo que dificulta la efectividad del uso de insecticidas

y el control biológico. Por esta razón, el desarrollo de cultivares resistentes es considerada una práctica recomendable, tanto desde el punto de vista ecológico como económico (Webster y Kenkel, 1999).

Asimismo, la utilización de cultivares con resistencia genética a insectos disminuye las pérdidas de producción y los costos de control, resultando compatible con otras estrategias del control integrado de plagas. Por otro lado, simplifica el manejo del cultivo permitiendo el diseño de sistemas productivos de bajos insumos y menor impacto ambiental (Kogan, 1998).

Considerando que la mayoría de los cultivares utilizados como fuentes de resistencia no reúnen todas las cualida-

des agronómicas, los cultivares buenos deben ser incorporados en los programas de mejoramiento, de modo que faciliten la obtención de cultivares resistentes. Asimismo, los estudios sobre los mecanismos de resistencia: tolerancia, antibiosis y no-preferencia (Painter, 1951) son muy importantes para explicar la relación entre el insecto y su huésped (Baker *et al.*, 1992).

La caracterización de diferentes aislamientos de pulgones resulta de interés en los estudios de variabilidad poblacional que tienen relación directa con la obtención de germoplasma resistente. Ello es debido a la posibilidad que tienen los áfidos de generar nuevos biotipos, que anulan la resistencia genética (Quick *et al.*, 1991; Puterka *et al.*, 1992;

## PALABRAS CLAVE / ACP / Pulgón Ruso / Resistencia / Trigo /

Recibido: 07/05/2010. Modificado: 25/02/2011. Aceptado: 28/02/2011.

**Laura B. Almaráz.** Licenciada en Zoología, Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina. Carrera de Apoyo a la Investigación, CIC Provincia de Buenos Aires. Dirección:

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. CC 31 (1900) La Plata. Argentina. e-mail: lauralmaraz@yahoo.com

**Bárbara M. Bellone.** Licenciada en Zoología, UNLP, Argenti-

na. Investigadora, UNLP, Argentina.

**Hugo O. Chidichimo.** Ingeniero Agrónomo, UNLP, Argentina. Profesor, UNLP, Argentina.

**Horacio A. Acciaresi.** Ingeniero Agrónomo y Doctor, UNLP, Argentina. Profesor, UNLP, e Investigador, CIC Provincia de Buenos Aires, Argentina.

## EVALUATION BY PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF THREE ARGENTINEAN ISOLATIONS OF *Diuraphis noxia* (HOMOPTERA: APHIDOIDEA) ON EIGHT WHEAT CULTIVARS

Laura B. Almaráz, Bárbara M. Bellone, Hugo O. Chidichimo and Horacio A. Acciaresi

### SUMMARY

The use of wheat cultivars with genetic resistance to Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* (Kurdjumov)) is one of the most effective methods of control. The characterization of different isolations is of interest for obtaining resistant germplasm due to the possibility that the aphids generate biotypes that compensate the resistance. Three populations of aphids from the localities of La Dulce and Bahía Blanca, Buenos Aires province, Argentina, and eight wheat cultivars, were employed. Attack, chlorosis, leaf rolling and plant lodging were evaluated. The results were processed by principal component analysis (PCA). La Dulce (LD) population showed higher aggressiveness, causing the largest chlorosis values. Bahía Blanca 1

(BB1) and Bahía Blanca 2 (BB2) were less aggressive as far as the damage brought about to the plants, the two showing similar behavior. The most affected cultivars were Buck Poncho and PI 372129, while Pex 9204, 94W Stars 107A-18-16 and Stars 9302 were the less affected. Gamtoos, Halt and 94W Stars 113-35-3-32 cultivars had an intermediate behavior to the other two groups. Chlorosis was the parameter that better expressed the differences in population behavior. PCA allowed to determine the behavior of the aphid populations and the wheat cultivars through the four variables studied and the weight or load contributed by each of them to the different principal components.

## AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE TRÊS ISOLAMENTOS ARGENTINOS DE *Diuraphis noxia* (HOMOPTERA: APHIDOIDEA) FRENTE A OITO CULTIVARES DE TRIGO MEDIANTE ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Laura B. Almaráz, Bárbara M. Bellone, Hugo O. Chidichimo e Horacio A. Acciaresi

### RESUMO

O uso de cultivares de trigo com resistência genética ao pulgão russo do trigo, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) é um dos métodos mais efetivos de controle. A caracterização de diferentes isolamentos resulta de interesse na obtenção de germoplasma resistente devido à possibilidade que têm os afídeos de gerar biótipos que anulam a resistência. Trabalhou-se com três populações de pulgão russo provenientes das localidades de La Dulce e Bahía Blanca, província de Buenos Aires, Argentina, e oito cultivares de trigo. Avaliou-se o dano através de medições da clorose, ou enrolamento longitudinal das folhas e a virada. Os resultados se processaram por análises de componentes principais (ACP). A população La Dulce (LD) mostrou maior grau de agressividade, provocando os valores mais altos de clorose. As

populações Bahía Blanca 1 (BB1) e Bahía Blanca 2 (BB2) foram menos agressivas em quanto ao dano provocado às plantas, mostrando comportamento similar entre si. Os cultivares mais danificados foram Buck Poncho e PI 372129, enquanto que os que menos dano sofreram foram Pex 9204, 94W Stars 107A-18-16 e Stars 9302. Os cultivares Gamtoos, Halt y 94W Stars 113-35-3-32 tiveram um comportamento intermédio. A clorose foi o parâmetro que melhor expressou as diferenças no comportamento populacional. O ACP permitiu determinar o comportamento das populações de afídeos e dos cultivares de trigo através das quatro variáveis estudadas e o peso ou carga que aportou cada uma aos distintos componentes principais.

Burd *et al.*, 1993; Baker *et al.*, 1994; Basky, 2003; Haley *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2004; Weiland *et al.*, 2008).

Entre los métodos multivariados, el análisis de componentes principales (ACP) representa de manera gráfica la dirección en la cual la dispersión de los datos es máxima, permitiendo separar los casos en función de la variable más representativa para cada uno (Jackson, 1991). Puterka *et al.* (1992), utilizando análisis multivariado, estudiaron la variación biotípica de aislamientos de *D. noxia* colectados en distintas partes del mundo.

En los programas de mejoramiento genético por tolerancia a *D. noxia*, el uso del ACP permitiría determinar las diferencias de comportamiento de diversos aislamientos de áfidos frente a distintos genotipos de trigo. Lazzari *et al.* (2009), estudiando el comportamiento de trigos con diferentes genes de resistencia a pulgón ruso (Dn4, Dn6, Dn7 y Dnx) por medio del empleo del ACP, determinaron que el número de áfidos y el enrollamiento foliar explicaban el 80% de la varianza entre genotipos.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el comporta-

miento de tres aislamientos (poblaciones) de pulgón ruso frente a distintos cultivares de trigo utilizados como fuentes de resistencia (biotipo I de *D. noxia*) y establecer la factibilidad del uso del ACP como una herramienta que permita la selección de esas fuentes, así como de los parámetros de daño de mayor importancia de las plantas a considerar en los programas de mejoramiento de trigo.

### Materiales y Métodos

Los estudios fueron llevados a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias y Foresta-

les, Universidad Nacional de La Plata, Argentina, durante 2005, en un insectario, bajo condiciones controladas de 21°C y fotoperíodo de 14h de luz y 10h de oscuridad.

Se utilizaron tres poblaciones de pulgón ruso, una de ellas recolectada en La Dulce (LD; 38°45'S, 58°30'O) y dos en las cercanías de Bahía Blanca (BB1 y BB2; 38°S, 62°16'O), ambas localidades de la provincia de Buenos Aires. Las tres poblaciones se mantuvieron aisladas en un insectario sobre plántulas de trigo (cv Buck Poncho), susceptibles al ataque del pulgón ruso, bajo las mismas condi-

ciones de temperatura y fotoperiodo.

Los cultivares utilizados fueron: Buck Poncho (BP), cultivar desarrollado en Argentina (susceptible; Bellone *et al.*, 2002), Halt (resistente; Quick *et al.*, 1996), PI 372129 (resistente; Quick *et al.*, 1991), Stars 9302 (resistente; Baker *et al.*, 1994), y Stars 107A-18-16, Stars 113-35-3-32, Pex 9204 y Gamtoos (resistentes; comunicación personal de David Porter, 1998).

### Ensayos de tolerancia

Se realizaron estudios de tolerancia (Painter, 1951) para cada población de áfido. Los mismos se condujeron en bandejas de plástico conteniendo una mezcla tierra:arena 3:1. Las semillas de cada cultivar fueron previamente germinadas en cajas de Petri, para asegurar un crecimiento uniforme de las plántulas. Las bandejas se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cuando el coleoptilo midió 2cm, se infestaron con 10 adultos ápteros de pulgón ruso por planta. A las 24h se revisó y se emparejó la carga de pulgones a  $10 \pm 2$  por planta.

La tolerancia fue evaluada semanalmente de manera comparativa con el testigo susceptible, hasta la muerte de dicho control (~30 días a partir de la infección).

Los parámetros considerados fueron: ataque, como medida del nivel poblacional (número de áfidos/planta), clorosis foliar, enrollado foliar longitudinal y vuelco de la plántula. La cuantificación de dichos parámetros se realizó por medio de una escala visual (0= sin daño, 5= daño máximo) de acuerdo a lo propuesto por Bellone *et al.* (2001). La clorosis, registrada con igual escala visual, representa los valores de estriado, daño típico producido por este áfido, y/o puntuaciones y manchas.

Los resultados se procesaron por medio del análisis de componentes principales (ACP), utilizando el programa

TABLA I  
PORCENTAJE DE VARIANZA ACUMULADA POR CADA COMPONENTE PRINCIPAL Y CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES (ATAQUE, CLOROSIS, ENROLLADO Y VUELCO) A DICHOS COMPONENTES PRINCIPALES

	CP1	CP2	CP3	CP4
Eigenvalues	2,8	0,7	0,3	0,2
Porcentaje	69,2	17,9	7,3	5,6
Porcentaje acumulado	69,2	87,1	94,4	100,0
Peso de cada variable				
Ataque	0,466	-0,670	-0,241	-0,526
Clorosis	0,547	0,001	-0,465	0,696
Enrollado	0,535	-0,034	0,833	0,136
Vuelco	0,445	0,742	-0,178	-0,469

estadístico MVSP (Kovach, 1999). Los datos se centraron y estandarizaron a fin de homogeneizar las varianzas (Jackson, 1991). Al realizar el ACP en función de las variables estudiadas (ataque, clorosis, enrollado y vuelco) los datos se agruparon por poblaciones y por cultivares, y se determinaron tantos componentes principales como variables (cuatro).

Para determinar la significancia de las diferencias entre los valores registrados para cada parámetro estudiado entre poblaciones y cultivares se realizó un ANOVA No-paramétrico (Kruskal-Wallis).

### Resultados

#### Evaluación de las poblaciones

En el agrupamiento por poblaciones se consideró hasta el componente principal 3 (CP3) porque se observó la máxima dispersión de los datos, y la varianza acumulada fue del 94,4%. El CP1 aportó un 69,2% de varianza, el CP2 un 17,9% y el CP3 un 7,3% (Tabla I). Se comprobó que todas las variables considera-

das se ubicaron con tendencia positiva sobre el CP1 y la importancia de cada variable fue similar (Tabla I); los casos se presentaron en una nube densa (Figura 1). Al considerar el CP2 y CP3 (Figura 2), se observó la máxima dispersión de los datos. Sobre el CP2 las variables de mayor relevancia fueron el vuelco y el ataque, con valores positivos y negativos respectivamente. En el CP3 se observó que las variables de mayor contribución fueron el enrollado y la clorosis (Tabla I), la primera en la parte positiva y clorosis sobre la parte negativa. La población LD fue la que produjo mayor clorosis, separándose de las poblaciones BB1 y BB2. Este parámetro fue el único que presentó diferencias significativas (Kruskal-Wallis,  $p=0,0098$ ). En la población BB2 se observó una tendencia a una mayor concentración de casos sobre la variable ataque, mientras que en la población BB1 ello ocurrió sobre el enrollado.

En la población BB2 se observó una tendencia a una mayor concentración de casos sobre la variable ataque, mientras que en la población BB1 ello ocurrió sobre el enrollado.

#### Evaluación de los cultivares

En el análisis del comportamiento de los cultivares se consideraron los CP1 y CP2, ya que se observó una dispersión de los datos importantes para diferenciar los cultivares y la varianza acumulada fue de 87,0%, aportando el CP1 un 69,2% y el CP2 un 17,9%. Se encontraron diferencias significativas para todas las variables analizadas (Kruskal-Wallis,  $p=0,0000$ ). En el biplot generado por el análisis de ataque, clorosis, enrollado y vuelco, y cultivares, se observó que sobre el sector con valores positivos del CP1 aumentaron todos los parámetros analizados, coincidiendo con lo observado en el análisis de las poblaciones (Figura 3). El cultivar PI 372129 se ubicó sobre el sector positivo del CP1, juntamente con el trigo susceptible Buck Poncho (Figura 4). En el otro

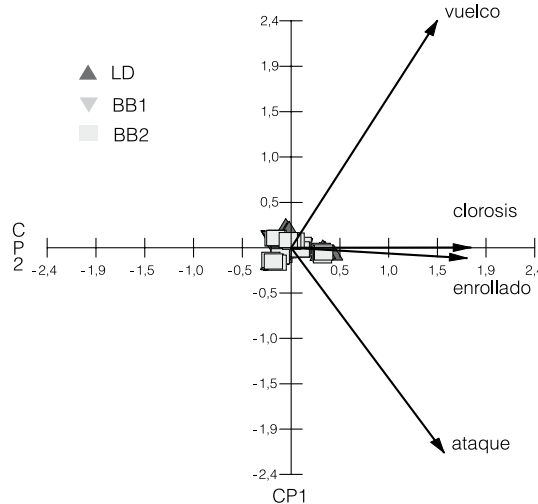


Figura 1. Análisis de componentes principales CP1 y CP2. Biplot de casos por variables, con respecto a poblaciones.

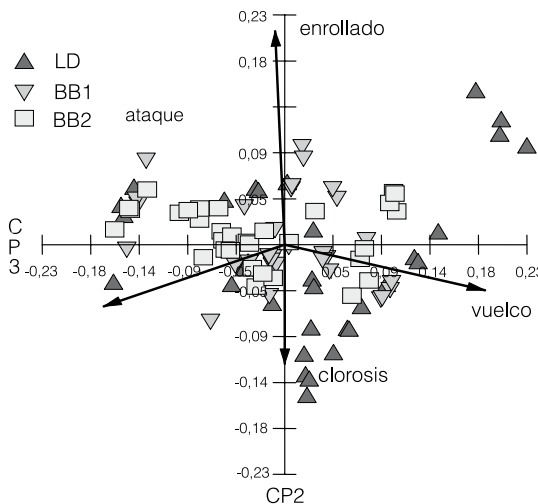


Figura 2. Análisis de componentes principales CP2 y CP3. Biplot de casos por variables, con respecto a poblaciones.

extremo se ubicaron Pex 9204, Stars 107A-18-16 y Stars 9302, siendo éstos los más tolerantes. En tanto, los cultivares Gamtoos, Halt y Stars 113-35-3-32 presentaron valores intermedios de resistencia.

### Discusión

Respecto al análisis de las poblaciones de *D. noxia*, se evidenció que la población LD, con distinta ubicación geográfica, se separa de las demás por presentar mayores valores de clorosis. Por otro lado, existió homogeneidad para BB1 y BB2, que fueron recolectadas en la misma región. Dicho comportamiento podría explicarse mediante cierto grado de estabilidad biotípica para esa área geográfica. Puterka *et al.* (1992), estudiando aislamientos de *D. noxia* provenientes de distintas partes del mundo (Francia, URSS, Siria, Jordania, EEUU y Turquía) determinaron un alto grado de diversidad biotípica en el áfido y establecieron que la utilidad del germoplasma resistente en los planes de mejoramiento desarrollados para la obtención de cultivares resistentes tendría límites geográficos. Asimismo, Basky *et al.* (2001), evaluando poblaciones de *D. noxia* de Sudáfrica y Hungría sobre trigos susceptibles y resistentes de Sudáfrica, y cebada susceptible de Hungría, encontraron comportamientos diferentes a los esperados y también conclu-

yeron que la resistencia del germoplasma tuvo límites geográficos debido a la variación en el ecosistema. La clorosis resultó el parámetro que expresó con diferencias significativas el comportamiento poblacional, tal como fue observado por Puterka *et al.* (1992) al estudiar variaciones biotípicas de *D. noxia*.

#### Respecto a los comporta-

mientos observados en los genotipos de trigo frente a los aislamientos de áfidos estudiados, se registraron diferencias con lo establecido por otros autores. Así, mientras algunos cultivares manifestaron su re-

sistencia (Pex 9204, Stars 107A-18-16 y Stars 9302), otros se comportaron como medianamente resistentes (Gamtoos, Halt y Stars 113-35-3-32), y el PI 372129 tuvo un comportamiento similar a Buck Poncho (susceptible). Estos resultados difieren de lo establecido por Bellone *et al.* (2002) y por Smith *et al.* (2004) en estudios realizados en Argentina y Chile y Etiopía, respectivamente.

Asimismo, coincidiendo en parte con los presentes resultados, Basky (2003), estudiando aislamientos de pulgón ruso recolectados en Sudáfrica y Hungría, determinó al cv Halt, entre otros cultivares resistentes a los áfidos de Sudáfrica, como severamente dañado por las poblaciones provenientes de Hungría.

De la misma manera, Collins *et al.* (2005a), evaluando la colección de germoplasma de trigo en EEUU, encontraron al trigo Halt como susceptible al pulgón ruso (biotipo 2).

Por otro lado, en este estudio se observó que el cv Gamtoos resultó medianamente resistente a las diferentes poblaciones de *D. noxia* evaluadas. Este comportamiento no coincide con lo establecido por Du Toit (1992) y Collins *et al.* (2005b), quienes deter-

minaron que el cv Gamtoos resultaba ser susceptible al ataque de *D. noxia*.

Todas las variables estudiadas (ataque, clorosis, enrollado y vuelco) resultaron con diferencias significativas al comparar los cultivares. Lazari *et al.* (2009) coincidieron en parte con estos resultados, ya que realizando distintas determinaciones de daño provocado por el pulgón ruso (biotipo 2) sobre diversos cultivares de trigo, encontraron diferencias significativas en clorosis y enrollamiento.

Analizando las respuestas de los cultivares utilizados en los estudios, estaríamos ante la presencia de un biotipo distinto de los anteriormente descritos.

El análisis de componentes principales permitió separar los aislamientos según origen geográfico: LD difirió de BB1 y BB2, que se comportaron en forma similar. Asimismo diferenció tres grupos de cultivares con respecto a su tolerancia: Buck Poncho y PI 372129 (susceptibles); Pex 9204, Stars 107A-18-16 y Stars 9302 (resistentes) y Gamtoos, Halt y Stars 113-35-3-32 (medianamente resistentes). El ACP determinó la importancia de cada componente principal y evidenció el peso que cada variable aporta a ese componente.

### Conclusiones

La población La Dulce se separa de las poblaciones Bahía Blanca 1 y Bahía Blanca 2, que se comportan en forma similar entre ellas. La clorosis surge como la variable que se podría utilizar en la diferenciación de poblaciones.

Se diferencian tres grupos de cultivares con respecto a la tolerancia al daño del pulgón. Así, las variables ataque, clorosis, enrollado y vuelco muestran una importancia similar sobre el Componente Principal 1 y diferencias significativas en sus valores.

El uso del ACP posibilitó una clara visualización de diferencias y similitudes de comportamiento entre los ais-

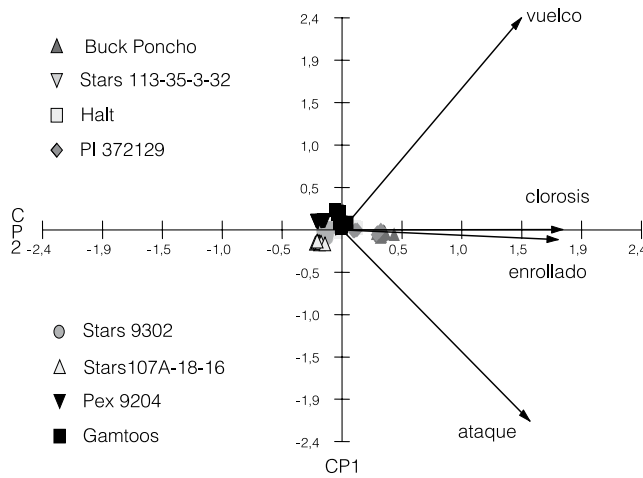


Figura 3. Análisis de componentes principales CPI y CP2. Biplot de casos por variables, con respecto a cultivares.

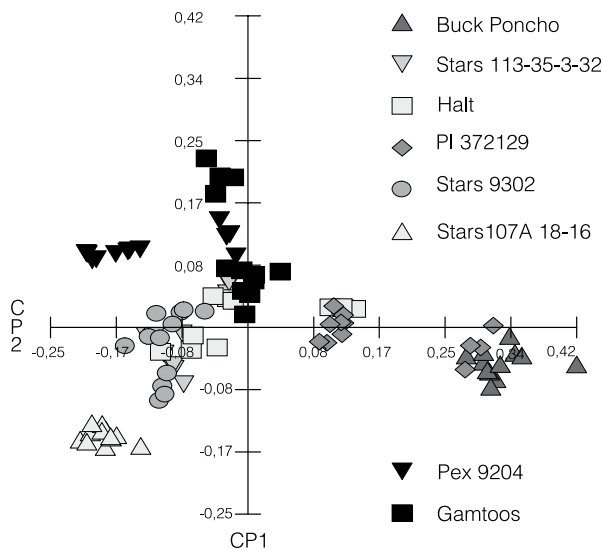


Figura 4. Análisis de componentes principales CPI y CP2 con respecto a cultivares.

lamientos de áfidos, así como entre los cultivares de trigo.

El estudio y calificación de las poblaciones de áfidos tal como la aquí estudiada, resultan necesarios para mantener vigente los conocimientos sobre la evolución de la resistencia frente a la continua aparición de biotipos del áfido.

## REFERENCIAS

- Archer TL, Bynum D Jr (1992) Economic injury level for the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) on dryland winter wheat. *J. Econ. Entomol* 85: 987-992.
- Baker CA, Webster JA, Porter DR (1992) Characterization of Russian wheat aphid resistance in a hard white spring wheat. *Crop Sci.* 32: 1442-1446.
- Baker CA, Porter DR, Webster JA (1994) Registration of Stars 9302 W and Stars 9303 W, Russian wheat aphid resistant wheat germplasm. *Crop Sci.*: 1135-1136.
- Basky Z (2003) Biotypic and pest status differences between Hungarian and South African populations of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia*. *Pest Manag. Sci.* 59: 1152-1158.
- Basky Z, Hopper KR, Jordaan J, Saayman T (2001) Biotypic differences in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) between South African and Hungarian agro-ecosystems. *Agric. Ecosyst. Env.* 83: 121-128.
- Bellone BM, Almaráz LB, Chidichimo HO (2001) Comportamiento de cultivares comerciales de trigo frente al ataque del pulgón ruso, *Diuraphis noxia* (Mord) en Argentina. *Actas XIII Cong. Nac. Entomología.* (5-7/12/2001). Temuco:Chile.
- Bellone BM, Almaráz LB, Chidichimo HO (2002) Pulgón ruso, *Diuraphis noxia* (Mord): Evaluación de la tolerancia de cultivares comerciales de trigo y fuentes de resistencia. *XXXI Congreso Argentino de Genética. La Plata.*
- Burd JD, Burton RL, Webster JA (1993) Evaluation of Russian wheat aphid damage on resistant and susceptible hosts with comparisons of damage ratings to quantitative plant measurements. *J. Econ. Entomol.* 86: 974-980.
- Collins MB, Haley SD, Peairs FB, Rudolph JB (2005a) Biotype 2 Russian wheat aphid resistance among germplasm accessions. *Crop. Sci.* 45: 1877-1880.
- Collins MB, Haley SD, Randolph TL, Peairs FB, Rudolph JB (2005b) Comparison of Dn4 and Dn7-Carrying Spring wheat genotypes artificially infested with Russian wheat aphid biotype 1. *J. Econ. Entomol.* 98: 1698-1703.
- Dughetti AC, Larreguy VE (1993) *El Pulgón Ruso del Trigo Diuraphis noxia (Homoptera Aphididae)*. Boletín Técnico N° 2. INTA, Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.
- Du Toit F (1992) Russian wheat aphid resistance in a wheat line from the Caspian Sea area. *Cereal Res. Comm.* 20: 55-61.
- Du Toit F, Walters MC (1984) Damage assessment and economic threshold values for the chemical control of the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) on winter wheat. En Walters MC (Ed.) *Progress in Russian Wheat Aphid (Diuraphis noxia Mordv.) Research of the Republic of South Africa.* Technical Communication 191. Department of Agriculture. Sur Africa. pp. 58-62.
- Haley SD, Peairs FB, Walker CB, Rudolph JB, Randolph TL (2004) Occurrence of a new Russian wheat aphid biotype in Colorado. *Crop. Sci.* 44: 1589-1592.
- Jackson JE (1991) *A User's Guide to Principal Components.* 1ª ed. Wiley. Nueva York, EEUU, 592 pp.
- Kieckhefer RW, Gellner JL (1992) Yield losses in winter wheat caused by low-density cereal aphid populations. *Agron. J.* 84: 180-183.
- Kogan M (1998) Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary development. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 243-270.
- Kovach WL (1999) *MVSP - A Multivariate Statistical Package for Windows.* Ver. 3.1. Kovach Computing Services. Pentraeth, Wales, RU. 133 pp.
- Lazzari S, Starkey S, Reese J, Ray-Chandler A, McCubrey R, Smith M (2009) Feeding behaviour of Russian wheat aphid (Hemiptera:Aphididae) biotype 2 in response to wheat genotypes exhibiting antibiosis and tolerance resistance. *J. Econ. Entomol.* 102: 1291-1300.
- Ortego J, Delfino MA (1992) Presencia de *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Homoptera:Aphididae) en la Argentina. *VIII Jornadas Fitosanitarias Argentinas.* (Set. 1992). Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Painter RH (1951) *Insect Resistance in Crop Plants.* Mac Millan. Nueva York, EEUU. 520 pp.
- Puterka GJ, Burd JD, Burton RL (1992) Biotypic variation in a worldwide collection of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Entomol.* 85: 1497-1506.
- Quick JS, Nkongolo KK, Myer W, Peairs FB, Weaver B (1991) Russian wheat aphid reaction and agronomic and quality trait of a resistant wheat. *Crop Sci.* 31: 50-53.
- Quick JS, Ellis GE, Normann RM, Stromberger JA, Shanahan JF, Peairs FB Rudolph JB, Lorenz K (1996) Registration of "Halt" wheat. *Crop Sci.* 36: 210.
- Quisenberry SS, Peairs FB (1998) *A Response Model for an Introduced Pest -The Russian Wheat Aphid.* Entomological Society of America. Lanham, MD, EEUU. 442 pp.
- Smith CM, Belay T, Stauffer C, Stary P, Kubeckova I, Starkey S (2004) Identification of Russian wheat aphid populations virulent to Dn4 resistance genes. *J. Econ. Entomol.* 97: 1112-1117.
- Webster JA, Kenkel P (1999) Benefits of managing small-grain pests with plant resistance. En Wiseman BR, Webster JA (Eds.) *Economic, Environmental and Social Benefits of Resistance in Field Crops.* Entomological Society of America. Lanham, MD, EEUU. pp 87-114.
- Weiland AA, Peairs FB, Randolph TL, Rudolph JB, Haley SD, Puterka GJ (2008) Biotypic diversity in Colorado Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) populations. *J. Econ. Entomol.* 101: 569-574.