

Aptitud combinatoria para rendimiento entre líneas de maíz derivadas de nuevas fuentes de resistencia al Mal de Río Cuarto

M. M. MORATA¹, D. A. PRESELLO², M. P. GONZÁLEZ³ & E. FRUTOS²

¹ADVANTA Semillas S.A.I.C., morata@advantasemillas.com.ar

²Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino.

³Cátedra de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, mgonzale@fcagr.unr.edu.ar

MORATA, M. M., D. A. PRESELLO, M. P. GONZÁLEZ & E. FRUTOS. 2006. Aptitud combinatoria para rendimiento entre líneas de maíz derivadas de nuevas fuentes de resistencia al Mal de Río Cuarto. *Rev. Fac. Agron.* 106 (1):69-83.

Los estudios de aptitud combinatoria proveen información sobre la capacidad de las líneas de maíz (*Zea mays* L.) para la formación de híbridos. Se realizó un experimento dialélico (Método 4 modelo I, Griffing, 1956) entre nueve líneas de maíz, derivadas de compuestos formados con nuevas fuentes de resistencia al mal de Río Cuarto, con el objeto de determinar la aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE) para rendimiento. Además, se evaluó vuelco y quebrado a fin de establecer el comportamiento de los híbridos para estas variables. Los ambientes de evaluación fueron las localidades Pergamino, Junín, Ferré (Buenos Aires), en la región maicera VI y las localidades Sampacho y Holmberg (Córdoba), en la región maicera IV. Considerando los efectos de ACG, la línea de mayor aporte al rendimiento fue 2600. Los híbridos que presentaron mejor ACE fueron 2600 x 2335 y 2568-2 x 2561. Los híbridos formados por LP561 presentaron bajos valores de vuelco y los formados por 2600 y LP561, bajos valores de quebrado. Los resultados de este trabajo indican que algunos de los híbridos formados por las nuevas líneas presentaron alto rendimiento y menores porcentajes de vuelco y quebrado en comparación con aquellos de híbridos formados por algunas de las líneas que habían sido usadas como fuentes de resistencia, y con aquellos mostrados por los testigos comerciales. Por lo tanto, estas líneas podrían ser usadas directamente en la formación de híbridos comerciales o en la creación de compuestos incrementando la variabilidad del germoplasma elite de maíz.

Palabras clave: *Zea mays* L., aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica, vuelco, quebrado.

MORATA, M. M., D. A. PRESELLO, M. P. GONZÁLEZ & E. FRUTOS. 2006. Combining ability for yield among maize inbred lines obtained from novel sources of resistance to «Mal de Río Cuarto». *Rev. Fac. Agron.* 106 (1):69-83.

Assessing combining ability of maize (*Zea mays* L.) inbred lines is important to predict hybrid performance. A diallel cross (Method 4 model I, Griffing, 1956) was performed among nine maize inbred lines, derived from composites formed with novel sources of resistance to Rio Cuarto disease, to assess general and specific combining ability (GCA & SCA) for yield. Others traits such as stalk and root lodging were measured. The selected environments were Pergamino, Junín and Ferré (Province of Buenos Aires), maize region # VI, and Sampacho and Holmberg (Province of Córdoba), maize region # IV. Inbred line 2600 showed the highest GCA for yield. Hybrids with the highest SCA for yield were 2600 x 2335 and 2568-2 x 2561. The hybrids formed with the inbred line LP561 exhibited low root lodging and the hybrids formed with 2600 and LP561 low stalk lodging. The results of these experiments indicate that some of the hybrids formed by the new inbred lines exhibited high yield and low percentages of root and stalk lodging compared to those of hybrids formed by some of the inbred lines that had been used as sources of resistance and to those of commercial hybrids. Therefore, these inbred lines might be directly used in hybrid formation or included in new breeding populations to increase the variability of elite maize germplasm.

Key words: *Zea mays* L., general combining ability, specific combining ability, stalk lodging, root lodging.

Recibido: 04/02/2002. Aceptado: 01/12/2004.

INTRODUCCIÓN

La producción de maíz (*Zea mays* L.) en Argentina se realiza utilizando híbridos entre líneas endocriadas. Estas líneas son seleccionadas teniendo en cuenta tanto su aptitud combinatoria para rendimiento como las características agronómicas que transfieren a sus híbridos (resistencia a enfermedades y resistencia a vuelco y quebrado). La aptitud o habilidad combinatoria para rendimiento de líneas endocriadas es un factor determinante de su utilidad en la formación de híbridos. La aptitud combinatoria general (ACG) se define como el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE), como el comportamiento esperado sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas (Sprague & Tatum, 1942; Griffing, 1956). La ACG está relacionada a factores genéticos con efecto aditivo y la ACE a factores genéticos con efecto no aditivo (dominancia y epistásis). Ambos parámetros se estiman a partir de cruces dialélicos. Se pueden utilizar diferentes versiones de experimentos dialélicos, una de las alternativas más comúnmente usadas en plantas es el dialélico simple, que consiste en un solo juego de combinaciones biparentales excluyendo a los cruzamientos recíprocos y las autofecundaciones.

Dos de las variables en que más se enfatiza la selección de germoplasma de maíz son la resistencia a vuelco y quebrado de tallo. Los híbridos comerciales actuales presentan muy buena resistencia a estas adversidades, lo que permite su cultivo en condiciones de alta densidad manteniendo las espigas al alcance de la plataforma de la cosechadora. El vuelco y quebrado son factores de marcada influencia en los rendimientos finales, principalmente cuando la cosecha no se realiza a término y la densidad de siembra es exagerada. Ambas variables son afectadas por el genotipo y por factores ambientales, estrés hídrico o vientos (Loesch, 1972). Además, los insectos barrenadores del tallo, principalmente *Diatraea saccharalis* Fabricius, interfieren en la actividad

fisiológica de la planta provocando un debilitamiento del tallo y quebrado del mismo (Dagoberto *et al.*, 1984). Los hongos también constituyen un factor adverso como agentes causales de podredumbres del tallo (Álvarez *et al.*, 1997).

La producción de maíz en nuestro país es severamente afectada por el Mal de Río Cuarto (MRC), cuyo agente causal es un virus (*Maize rough dwarf virus-Río Cuarto*, MRCV-RC) transmitido de manera persistente por *Delphacodes kuscheli* Fennah (Remes Lenicov *et al.*, 1985). La enfermedad es endémica en el sudoeste de Córdoba, este de La Pampa y San Luis y oeste de Buenos Aires; durante algunos años, las epifitias se extienden al resto de la región maicera (Presello, 1997). Cuando la enfermedad fue advertida en nuestro país, el INTA comenzó la identificación de fuentes de resistencia y los estudios genéticos para determinar el modo de herencia de la misma. Estos trabajos indicaron que las fuentes disponibles presentaban un elevado nivel de resistencia a la enfermedad y que esta resistencia es heredable con efectos génicos predominantemente aditivos (Presello *et al.*, 1995) de modo que puede ser utilizada en el desarrollo de cultivares menos susceptibles a la virosis. En algunos casos, las fuentes de resistencia fueron identificadas a partir de variedades locales o de líneas endocriadas derivadas de variedades locales (Presello *et al.*, 1996), la mayoría de las cuales presentaron problemas agronómicos, principalmente susceptibilidad a vuelco y quebrado de tallo. Consecuentemente, estas fuentes de resistencia fueron introgresadas a germoplasma elite para proceder a la posterior selección, intentando seleccionar líneas resistentes y con características agronómicas adecuadas. Este nuevo germoplasma debe ser caracterizado por su comportamiento heterótico y caracteres agronómicos para conocer su uso potencial en la formación de híbridos.

El objetivo de este trabajo fue determinar la aptitud combinatoria para rendimiento y las características agronómicas de los híbridos formados entre líneas resistentes al mal de Río

Cuarto, derivadas de compuestos que habían sido formados mediante la combinación entre variedades locales o líneas derivadas de variedades locales y germoplasma elite.

Las hipótesis de este trabajo fueron que los materiales ensayados manifiestan diferencias en ACG y ACE, y que las líneas obtenidas de compuestos formados entre fuentes de resistencia y germoplasma elite manifiestan niveles de vuelco y quebrado similares a los de los testigos comerciales.

MATERIALES Y METODOS

Material Experimental

Se utilizaron nueve líneas de maíz obtenidas de poblaciones que se formaron utilizando como donantes de resistencia líneas derivadas de variedades locales (Lorenzo, 1993) o variedades locales (Basso, 1995). Tanto unas como otras poseen un alto nivel de resistencia, aunque con características agronómicas indeseables que impiden su utilización directa como cultivares.

Las fuentes de resistencia fueron introgradadas a germoplasma mejorado y posteriormente seleccionadas por el método de pedi-

grí tanto para caracteres agronómicos, como para resistencia a MRC. Las mismas se encontraban entre S4 y S7 dependiendo del año en que se comenzó su endocría.

En 1997/98 se obtuvieron, mediante polinizaciones manuales, los 36 híbridos experimentales posibles entre las nueve líneas. Se realizaron los cruzamientos en forma recíproca y luego se mezcló la semilla de modo que cada híbrido estuvo representado por el citoplasma de ambos progenitores.

Se utilizaron seis híbridos simples como testigos. El híbrido B73 x P578 es altamente susceptible a MRC y de resistencia intermedia a vuelco y quebrado. LP2 x LP138, LP116 x LP138 y LP2 x LP116 fueron logrados mediante la cruce entre líneas derivadas de variedades locales; son altamente resistentes a MRC (testigos resistentes) pero susceptibles tanto a vuelco como a quebrado (Lorenzo, 1993). También se utilizaron dos testigos comerciales considerados de excelente potencial de rendimiento y buen comportamiento a vuelco y quebrado. Ellos fueron: Dekalb 752 con un nivel de resistencia a MRC moderado - alto y Pioneer 3162, con resistencia moderada.

El origen y características de las líneas utilizadas en los experimentos se indican en

Tabla 1. Líneas integrantes de 36 híbridos experimentales y testigos resistentes y susceptible al Mal de Río Cuarto. Origen, resistencia a vuelco y quebrado y comportamiento frente a MRC.

Lines of the 36 experimental and control hybrids, resistant and susceptible to Mal de Río Cuarto. Origin, resistance to stalk and root lodging and MRC performance.

| Materiales | Líneas | Origen | Resistencia a Vuelco y Quebrado [†] | Resistencia a Mal de Río Cuarto [†] |
|-------------------------|--------|----------------|--|--|
| Híbridos Experimentales | 2335 | Sint. R4901 | 1 | 1 |
| | 2378 | R4903 | 1 | 2 |
| | 2431 | Sint. 90-6716 | 0 | 1 |
| | 2526 | R4911 | 2 | 2 |
| | 2561 | R4911 | 1 | 4 |
| | 2568-2 | R4912 | 1 | 2 |
| | 2580 | R4912 | 0 | 3 |
| | 2600 | R4912 | 1 | 3 |
| | LP561 | R4PC | 0 | 1 |
| | LP2 | Comp. 33B | 4.5 | 3 |
| Testigos Resistentes | LP116 | Comp. AC | 4.5 | 1 |
| | LP138 | material flint | 5 | 2 |
| Testigo Susceptible | P578 | | 3 | 5 |
| | B73 | Sint. SSS | 3 | 5 |

^(†) Los datos de resistencia a MRC pertenecen al área endémica y los de vuelco y quebrado al área núcleo. Campaña 95/96. Para ambas escalas 0: resistencia, 5: susceptibilidad. ^(††) Resistance to MRC data are from the endemic area. Resistance to stalk and root lodging data are from the core area. Season 95/96. For both scores 0: resistant, 5: susceptible.

la Tabla 1.

Las evaluaciones se realizaron durante la campaña 1998/99. Los ensayos fueron implantados en localidades de las regiones maiceras IV y VI, donde se llevó a cabo la selección de las líneas. Ambas regiones presentan diferencias no sólo desde el punto de vista del clima y suelo, sino también en la presencia de enfermedades como el MRC.

Los materiales fueron sembrados en cinco localidades, dos en la provincia de Córdoba (región IV): Sampacho y Holmberg, y tres en la provincia de Buenos Aires (región VI): Pergamino, Junín y Ferré.

Caracteres Evaluados

Porcentaje de plantas volcadas: número de plantas volcadas / número total de plantas $\times 100$. Se consideraron volcadas las plantas que presentaban un ángulo de inclinación igual o inferior a 45° respecto de la superficie del suelo.

Porcentaje de plantas quebradas: número de plantas quebradas / número total de plantas $\times 100$. Se consideraron quebradas aquellas plantas que presentaban el tallo quebrado por debajo de la espiga.

Para calcular los rendimientos se cosecharon todas las espigas, incluyendo las caídas, se desgranó mecánicamente, se midió el porcentaje de humedad mediante un humidímetro eléctrico y se expresó el rendimiento de grano en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ajustado a 15% de humedad.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados, con 3 repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 40 plantas cada una, representadas por 2 surcos de 4 mts. Se sembraron 2 granos en cada golpe y luego se raleó, ajustando a una densidad final de 68.000 plantas por hectárea.

Análisis de los datos

Se realizó la prueba de «no aditividad de Tukey» para las variables evaluadas. Aquellas

en las que los resultados de la prueba resultaron significativos, fueron sometidas a transformaciones hasta lograr una variable transformada que cumpla con dicho supuesto del análisis de varianza. Las variables porcentaje de vuelco y porcentaje de quebrado fueron transformadas en «Logaritmo de $(X + 1)$ » con lo que se corrigió la falta de aditividad (LV1 y LQ1 respectivamente).

Los análisis de varianza por localidad se realizaron con la función ANOVA-2 del programa MSTAT-C (Michigan State University, 1992) versión 1.42. En primer lugar se realizó el análisis de varianza de un diseño en bloques completamente aleatorizados, independientemente de la naturaleza genética de los materiales. Luego se realizó otro análisis excluyendo los testigos. El objetivo de este último fue estimar el error experimental sin los grados de libertad adicionales debidos a los testigos. Este error fue utilizado para verificar las hipótesis respecto a la habilidad combinatoria de las líneas.

Dentro de cada una de las regiones se comprobó la homogeneidad de varianzas mediante la Prueba de Box (Pimentel Gomes, 1978). Para aquellas variables en las que la prueba resultó no significativa se realizó el análisis combinado. En ambas regiones, se realizaron los análisis de varianza combinados por localidades para las variables rendimiento y vuelco. El modelo se describe a continuación.

Modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + \pi_i + \beta_{ij} + \tau_k + (\pi\tau)_{ik} + e_{ijk}$$

$$i = 1 \dots q, j = 1 \dots r, k = 1 \dots t.$$

Donde: μ es el efecto común a todas las observaciones, π_i es el efecto de la localidad i , β_{ij} es el efecto del bloque j dentro de la localidad i , τ_k es el efecto del tratamiento k , $(\pi\tau)_{ik}$ es el efecto de la interacción entre el tratamiento k y la localidad i , y_{ijk} es el valor de la característica en estudio observado en la

localidad *i*, en el bloque *j* y con el tratamiento *k* y e_{ijk} es el error de la observación sobre la unidad experimental (*ijk*) (Martínez Garza, 1988).

Dado que las localidades no fueron elegidas al azar y que por su escaso número no representan la variabilidad ambiental de cada una de las regiones, al igual que para tratamientos, los efectos asociados a localidades fueron considerados como fijos. El análisis dialélico se realizó con el programa GENES (Cruz, 1994).

Se realizaron comparaciones entre materiales agrupados en cinco grupos (híbridos experimentales, testigos resistentes, testigo susceptible, DK752 y PIO3162) y luego se compararon de a pares las medias de todos los tratamientos. Para ambas se utilizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS). El nivel de significación utilizado fue $\alpha = 0.05$.

Análisis de la aptitud combinatoria

Para investigar la aptitud combinatoria de las nueve líneas se utilizó el análisis dialélico Método 4, Modelo I (efectos fijos) propuesto por Griffing (1956), cuyo modelo es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + 1/bc \sum_k \sum_l e_{ijkl}$$

$i, j = 1 \dots p$
 $k = 1 \dots b$
 $l = 1 \dots c$

Donde: μ es la media de la población (común a todas las observaciones); g_i y g_j son los efectos de la aptitud combinatoria general (del padre *i* y *j*); s_{ij} , el efecto de la aptitud combinatoria específica de la cruce (tal que, $s_{ij} = s_{ji}$) y e_{ijkl} es el efecto del error de la *ijkl*ésima observación (es el efecto ambiental aleatorio de la observación). *i*: progenitor femenino, *j*: progenitor masculino, *k*: bloques, *l*: observación. (Griffing, 1956; Martínez Garza, 1983).

Se realizaron los análisis dialélicos con los datos obtenidos en los ensayos de Pergamino, Junín y Ferré. Las evaluaciones de Sampacho y Holmberg no fueron analizadas debido a que no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

RESULTADOS

Los análisis de varianza individuales por localidad y para cada variable se presentan en la Tabla 2.

Rendimiento

Este carácter se analizó agrupando los ensayos según las regiones en estudio. En la región IV, zona endémica al MRC, el rendimiento promedio tendió a ser menor que en la región VI. Si bien no es posible determinar las

Tabla 2. Media, Cuadrado Medio (CM) de tratamientos y Probabilidad de $F_{\text{tabulada}} > F_{\text{calculada}}$ para rendimiento, vuelco y quebrado de ensayos de híbridos de maíz en 5 localidades de la zona maicera argentina.

Mean, mean square and probabilities of Table F > Calculated F for yield, and root and stalk lodging from maize hybrid trials in 5 localities of the maize growing region of Argentina.

| Localidad Variable | | Pergamino | Junín | Ferré | Sampacho | Holmberg |
|------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|----------|----------|
| Vuelco (%) (LV1) | Media | 23 | 17 | 0 | 4 | 34 |
| | CM Tratamientos | 0,722 | 0,627 | | 0,372 | 0,280 |
| | P (Ft>Fc) | 0,0000 | 0,0000 | | 0,0029 | 0,0024 |
| Quebrado (%) (LQ1) | Media | 18 | 7 | 27 | 5 | 24 |
| | CM Tratamientos | 0,346 | 0,453 | 0,142 | 0,399 | 0,191 |
| | P (Ft>Fc) | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0008 | 0,0000 |
| Rendimiento (kg.ha ⁻¹) | Media | 8922 | 8182 | 8196 | 7212 | 5828 |
| | CM Tratamientos | 5751008 | 5596560 | 3944973 | 7141410 | 3986398 |
| | P (Ft>Fc) | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0011 |

Tabla 3. Análisis de varianza combinado para rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en Pergamino-Junín-Ferré y en Sampacho-Holmberg para 36 híbridos experimentales y 6 testigos (A) y para los 36 híbridos experimentales solamente (B).

Combined ANOVA for yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in Pergamino-Junín-Ferré and Sampacho-Holmberg for 36 experimental hybrids and 6 control hybrids (A) and for the experimental hybrids only (B).

| Fuente de Variación | Pergamino-Junín- Ferré | | | Sampacho-Holmberg | | | |
|---------------------|------------------------|-----|-------------|-------------------|-----|-------------|--------|
| | G L | C M | P (Ft < Fc) | G L | C M | P (Ft < Fc) | |
| A | Localidad | 2 | 22560043 | 0,0118 | 1 | 96539795 | 0,2619 |
| | Error | 6 | 2216480 | | 3 | 50931613 | |
| | Tratamientos | 41 | 12675921 | 0,0000 | 41 | 7121201 | 0,0000 |
| | Trat. x Loc. | 82 | 1308311 | 0,0007 | 41 | 4006607 | 0,0008 |
| | Error | 245 | 757574 | | 118 | 1879116 | |
| B | Localidad | 2 | 17978328 | 0,0310 | 1 | 118857607 | 0,2221 |
| | Error | 6 | 2743395 | | 3 | 50353521 | |
| | Tratamientos | 35 | 9340074 | 0,0000 | 35 | 2937985 | 0,0825 |
| | Trat. x Loc. | 70 | 1024808 | 0,0474 | 35 | 3037128 | 0,0646 |
| | Error | 209 | 749513 | | 100 | 2044015 | |

causas de esa disminución se sugiere que, probablemente, las condiciones agro ecológicas diferentes entre regiones, la incidencia del MRC (Morata *et al.*, 2003), así como las fechas de siembra relativamente tardías respecto de las óptimas, hayan actuado como factores determinantes.

Los rendimientos promedio por localidad fueron: Pergamino $8922 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Junín $8182 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Ferré $8196 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, Sampacho $7212 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y Holmberg $5828 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

En la región VI tanto las diferencias entre tratamientos como la interacción tratamiento x localidad resultaron significativas (Tabla 3).

El análisis de varianza combinado para la serie Sampacho-Holmberg indicó diferencias

significativas entre tratamientos y en la interacción tratamientos x ambiente. Cuando se realizó el análisis excluyendo los testigos, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos ni interacción genotipo por ambiente (Tabla 3).

La comparación de las medias agrupadas por tipo de material mediante la prueba de DMS se presenta en la Tabla 4. En las localidades de Pergamino y Junín el rendimiento promedio del testigo Dekalb 752 fue superior al promedio de los demás grupos. Los híbridos experimentales y el testigo comercial Pioneer 3162 presentaron medias semejantes. Los testigos resistentes y el susceptible a Mal de Río Cuarto presentaron los promedios de

Tabla 4. Medias de híbridos experimentales de maíz (HE), testigos comerciales (DK752 y PIO3162), testigo susceptible (TS) y testigos resistentes (TR) para rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en Pergamino, Junín, Ferré, Sampacho y Holmberg.

Means for experimental maize hybrids (HE), comercial controls (DK752 and PIO3162) and susceptible and resistant controls for yield (kg/ha) in Pergamino, Junín, Ferré, Sampacho and Holmberg.

| Tratamiento | Pergamino | Junín | Ferré | Sampacho | Holmberg |
|-------------|---------------------|---------|---------|----------|----------|
| HE | 8976 ^a b | 8372 b | 8199 b | 7688 a | 6042 a |
| DK752 | 13049 a | 10716 a | 11052 a | 4935 b | 6262 a |
| PIO3162 | 9998 b | 8611 b | 7667 b | 1311 c | 4289 b c |
| TS | 7435 c | 5092 c | 7063 b | 255 c | 3073 c |
| TR | 7037 c | 5952 c | 7765 b | 6562 a b | 4549 a b |

^(a) Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05. ^(b) Means followed by same letter are not significantly different ($P < 0,05$).

Tabla 5. Medias de rendimiento de 36 híbridos experimentales de maíz y seis testigos en Pergamino, Junín y Ferré.

Yield means of 36 experimental maize hybrids and six control hybrids in Pergamino, Junín and Ferré.

| Pergamino | | Junín | | Ferré | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| Híbrido | Rend | Híbrido | Rend | Híbrido | Rend |
| DK752 | 13050 ¹ A | DK752 | 10720 a | DK752 | 11040 a |
| 2335 x 2600 | 11240 B | 2600 x LP561 | 10490 ab | 2378 x 2526 | 9944 ab |
| 2526 x 2431 | 10720 Bc | 2335 x 2600 | 10340 abc | 2526 x 2580 | 9927 ab |
| 2580 x LP561 | 10460 Bcd | 2580 x LP561 | 10220 abcd | 2526 x LP561 | 9758 bc |
| 2526 x LP561 | 10350 Bcde | 2568-2 x 2526 | 9677 abcde | 2600 x 2431 | 9484 bcd |
| 2580 x 2600 | 10290 Bcdef | 2526 x LP561 | 9572 abcdef | 2580 x LP561 | 9476 bcd |
| 2568-2 x 2526 | 10200 Bcdefg | 2378 x 2600 | 9414 abcdefg | 2335 x 2600 | 9426 bcd |
| PIO3162 | 9998 Bcdefgh | 2568-2 x LP561 | 9186 bcdefgh | 2580 x 2600 | 9321 bcde |
| 2378 x 2580 | 9996 Bcdefgh | 2600 x 2431 | 9167 bcdefghi | 2580 x 2561 | 9185 bcdef |
| 2378 x 2600 | 9986 Bcdefgh | 2335 x 2526 | 9093 bcdefghi | 2600 x LP561 | 9159 bcdef |
| 2526 x 2580 | 9930 Bcdefgh | 2431 x LP561 | 9028 cdefghij | 2580 x 2431 | 9104 bcdefg |
| 2600 x LP561 | 9926 Bcdefgh | 2526 x 2600 | 8903 defghij | 2378 x 2600 | 9021 bcdefgh |
| 2431 x LP561 | 9826 Bcdefgh | 2580 x 2600 | 8902 defghij | 2526 x 2600 | 8878 bcdefghi |
| 2600 x 2431 | 9718 Bcdefghi | 2568-2 x 2378 | 8774 efghijk | 2431 x LP561 | 8817 bcdefghij |
| 2378 x 2526 | 9448 Cdefghij | 2335 x LP561 | 8760 efghijk | 2378 x 2580 | 8703 cdefghijk |
| 2335 x 2526 | 9446 Cdefghij | 2568-2 x 2561 | 8754 efghijk | 2526 x 2431 | 8696 cdefghijk |
| 2335 x 2580 | 9445 Cdefghij | 2378 x 2526 | 8740 efghijk | LP2 x LP138 | 8617 cdefghijk |
| 2526 x 2600 | 9374 Cdefghijk | PIO3162 | 8611 efghijkl | 2600 x 2561 | 8589 cdefghijk |
| 2600 x 2561 | 9236 Cdefghijkl | 2378 x 2580 | 8445 efghijklm | 2335 x 2580 | 8435 defghijkl |
| 2568-2 x 2600 | 9132 Cdefghijkl | 2335 x 2580 | 8346 efghijklm | 2335 x 2526 | 8169 efghijklm |
| 2568-2 x 2431 | 8918 Defghijklm | 2335 x 2378 | 8312 efghijklm | 2335 x LP561 | 8020 fghijklm |
| 2568-2 x 2561 | 8825 Efghijklm | 2526 x 2431 | 8205 fghijklm | 2378 x 2431 | 7925 ghijklm |
| 2580 x 2431 | 8720 Fghijklmn | 2580 x 2431 | 8107 ghijklm | 2561 x LP561 | 7852 hijklm |
| 2580 x 2561 | 8688 Ghijklmno | 2378 x 2561 | 8002 ghijklm | 2568-2 x 2561 | 7851 hijklm |
| 2568-2 x LP561 | 8625 Ghijklmno | 2526 x 2580 | 7991 hijklmn | 2568-2 x 2526 | 7848 hijklm |
| 2568-2 x 2378 | 8489 Hijklmno | 2335 x 2431 | 7979 hijklmn | 2568-2 x 2378 | 7832 hijklmn |
| 2378 x LP561 | 8444 Hijklmno | 2568-2 x 2431 | 7957 hijklmn | 2568-2 x 2431 | 7773 ijklmno |
| 2568-2 x 2580 | 8440 Hijklmno | 2568-2 x 2580 | 7871 hijklmn | 2568-2 x 2600 | 7762 ijklmno |
| 2561 x LP561 | 8150 Jklmnop | 2568-2 x 2600 | 7826 hijklmn | PIO3162 | 7666 jklmnop |
| 2335 x LP561 | 8022 Klmnopq | 2600 x 2561 | 7756 ijklmn | 2378 x 2561 | 7665 jklmnop |
| 2378 x 2561 | 7992 Jklmnopq | 2568-2 x 2335 | 7755 ijklmn | 2568-2 x LP561 | 7540 klmnop |
| 2568-2 x 2335 | 7886 Klmnopq | 2378 x LP561 | 7619 jklmn | LP116 x LP138 | 7378 lmnop |
| 2335 x 2431 | 7830 Klmnopqr | 2580 x 2561 | 7400 klmno | LP2 x LP116 | 7300 lmnop |
| 2335 x 2561 | 7672 Lmnopqr | 2561 x LP561 | 7312 lmno | 2335 x 2431 | 7123 mnoopq |
| 2335 x 2378 | 7485 Mnopqr | 2378 x 2431 | 7229 lmnop | 2378 x LP561 | 7114 mnoopq |
| B73 x P578 | 7435 Mnopqr | 2561 x 2431 | 7148 mnop | 2568-2 x 2580 | 7079 mnoopq |
| 2561 x 2431 | 7405 Mnopqr | LP2 x LP138 | 6663 nopq | B73 x P578 | 7063 mnoopq |
| LP2 x LP116 | 7211 Nopqr | LP2 x LP116 | 6076 opqr | 2568-2 x 2335 | 6648 nopq |
| LP2 x LP138 | 7100 Opqr | 2335 x 2561 | 5820 pqr | 2335 x 2378 | 6617 opq |
| LP116 x LP138 | 6802 Pqr | 2526 x 2561 | 5287 qr | 2561 x 2431 | 6483 pq |
| 2378 x 2431 | 6465 Qr | LP116 x LP138 | 5117 r | 2335 x 2561 | 5992 q |
| 2526 x 2561 | 6342 R | B73 x P578 | 5092 r | 2526 x 2561 | 5936 q |

CV⁽¹⁾= 11,01%

CV= 10,70%

CV= 8,95%

⁽¹⁾Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05. ⁽²⁾CV: coeficiente de variación. ⁽³⁾Means followed by same letter are not significantly different (P<0.05). ⁽⁴⁾CV: coefficient of variation.

rendimientos más bajos y ambos grupos no se diferenciaron estadísticamente. En Ferré el rendimiento del testigo comercial Dekalb 752 fue mayor al resto de los grupos, los que presentaron promedios semejantes.

En la localidad de Sampacho el rendimiento promedio de los híbridos experimentales no se diferenció significativamente del de los testigos resistentes. El mejor testigo comercial fue

Dekalb 752, cuyo rendimiento fue semejante al de los testigos resistentes pero significativamente inferior al de los híbridos experimentales. El testigo susceptible presentó un nivel de productividad muy bajo a pesar de lo cual no se diferenció estadísticamente del testigo comercial Pioneer 3162. En Holmberg, donde la presión de la enfermedad fue menor a la de Sampacho los híbridos experimentales no se

Tabla 6. Análisis dialélico para rendimiento entre nueve líneas de maíz en Pergamino, Junín y Ferré.*Diallel analysis among nine maize inbred lines for yield in Pergamino, Junín and Ferré.*

| Localidad | Pergamino | | | Junín | | | Ferré | | |
|-------------|-----------|---------|-------------|-------|---------|-------------|-------|---------|-------------|
| | GL | CM | P (Ft < Fc) | GL | CM | P (Ft < Fc) | GL | CM | P (Ft < Fc) |
| Tratamiento | 35 | 4058975 | 0,0000 | 35 | 3677198 | 0,0000 | 35 | 3653577 | 0,0000 |
| ACG | 8 | 9126328 | 0,0000 | 8 | 8432776 | 0,0000 | 8 | 9487912 | 0,0000 |
| ACE | 27 | 2557537 | 0,0010 | 27 | 2268137 | 0,0000 | 27 | 1924886 | 0,0000 |
| Error | 70 | 1014322 | | 70 | 703497 | | 69 | 527550 | |

diferenciaron significativamente de Dekalb 752. Pioneer 3162 no se diferenció del promedio de los testigos resistentes y su rendimiento fue menor.

Cuando se realizó la comparación de medias de los 42 materiales ensayados en forma individual en la región VI (Tabla 5), se destacaron en las tres localidades los híbridos 2335 x 2600, 2431 x 2600, 2378 x 2600, LP561 x 2600, 2580 x LP561 y 2526 x LP561 los cuales presentaron los mayores rendimientos, si bien no lograron superar a Dekalb 752.

En Junín, seis de los híbridos experimentales (LP561 x 2600, 2335 x 2600, 2580 x LP561, 2568-2 x 2526, 2526 x LP561 y 2378 x 2600) presentaron rendimientos similares al testigo comercial mencionado, y en Ferré dos materiales (2526 x 2378 y 2526 x 2580) (Tabla 5).

El testigo comercial Pioneer 3162 mostró en Pergamino, un comportamiento similar al de los materiales más destacados, en Junín,

presentó un comportamiento intermedio entre el total de los materiales y en Ferré presentó bajos rendimientos (Tabla 5).

El testigo susceptible a Mal de Río Cuarto en todos los casos se ubicó entre los materiales de más bajo rendimiento.

Algunos de los testigos resistentes presentaron mayor rendimiento que el testigo susceptible sólo en algunas localidades, pero presentando de igual modo un rendimiento bajo (Tabla 5).

En los análisis dialélicos, los análisis de varianza (Modelo de Griffing, 1956) para los ensayos realizados en la región VI arrojaron cuadrados medios de ACG y ACE altamente significativos ($P < 0.01$) (Tabla 6).

Algunas de las líneas presentaron efectos de ACG significativos, pero éstos fueron inconsistentes entre localidades, con excepción de las líneas 2600 y 2561 que presentaron efectos positivos y negativos, respectivamente, en los tres ambientes (Tabla 7).

Tabla 7. Efectos de aptitud combinatoria general para rendimiento estimados en un experimento dialélico entre 9 líneas de maíz en Pergamino, Junín y Ferré.*Effects of general combining ability for yield estimated from a diallel experiment in Pergamino, Junín and Ferré.*

| Líneas | Pergamino | | Junín | | Ferré | |
|--------|-----------|-------------|----------|-------------|--------|-------------|
| | ACG | P (Ft < Fc) | ACG | P (Ft < Fc) | ACG | P (Ft < Fc) |
| 2335 | -396,94 | 0,0595 | -81,13 | 0,6397 | -736,7 | 0,0000 |
| 2378 | -499,94 | 0,0185 | -62,86 | 0,7167 | -109,5 | 0,4662 |
| 2526 | 572,83 | 0,0073 | 70,33 | 0,6848 | 508,5 | 0,0011 |
| 2580 | 594,32 | 0,0054 | 43,94 | 0,7997 | 806,0 | 0,0000 |
| 2600 | 1013,32 | 0,0000 | 831,81 | 0,0000 | 864,7 | 0,0000 |
| 2561 | -1070,67 | 0,0000 | -1356,51 | 0,0000 | -863,5 | 0,0000 |
| 2431 | -314,50 | 0,1336 | -307,81 | 0,0788 | -26,0 | 0,8624 |
| LP561 | 285,85 | 0,1722 | 744,51 | 0,0000 | 307,0 | 0,0440 |
| 2568-2 | -184,27 | 0,3768 | 117,71 | 0,4974 | -750,5 | 0,0000 |

Tabla 8. Efectos de aptitud combinatoria específica para rendimiento estimados a partir de un experimento dialélico entre nueve líneas de maíz.

Effects of specific combining ability for yield estimated from a diallel experiment among nine maize inbred lines.

| L | Pergamino | | | | | | | |
|-------|---|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2378 | 2526 | 2580 | 2600 | 2561 | 2431 | LP561 | 2568-2 |
| 2335 | -593,5 [†] (0,2426) [‡] | 294,6 (0,5604) | 272,2 (0,5906) | 1648,4 (0,0016) | 164,0 (0,7456) | -434,5 (0,3912) | -842,9 (0,0986) | -508,4 (0,3162) |
| 2378 | | 399,3 (0,4305) | 926,3 (0,0701) | 496,6 (0,3275) | 587,0 (0,2477) | -1696,4 (0,0012) | -317,3 (0,5307) | 167,8 (0,6957) |
| 2526 | | | -213,2 (0,6733) | -1187,7 (0,0211) | -2136,1 (0,0001) | 1488,2 (0,0042) | 518,9 (0,3064) | 836,0 (0,1014) |
| 2580 | | | | -296,5 (0,5579) | 189,0 (0,7086) | -535,4 (0,2914) | 603,6 (0,2347) | -945,9 (0,0645) |
| 2600 | | | | | 317,6 (0,5303) | 43,2 (0,9319) | -348,6 (0,4911) | -673,0 (0,1857) |
| 2561 | | | | | | -185,4 (0,7139) | -40,6 (0,9360) | 1104,6 (0,0316) |
| 2431 | | | | | | | 879,2 (0,0852) | 441,2 (0,3840) |
| LP561 | | | | | | | | -452,2 (0,3723) |
| Junín | | | | | | | | |
| 2335 | 84,0 (0,8418) | 732,1 (0,0853) | 11,4 (0,9784) | 1218,2 (0,0049) | -1114,0 (0,0098) | -3,6 (0,9932) | -274,7 (0,5146) | -653,3 (0,1238) |
| 2378 | | 361,0 (0,3923) | 92,3 (0,8264) | 273,1 (0,5171) | 1049,7 (0,0147) | -772,2 (0,0698) | -1434,7 (0,0010) | 346,8 (0,4111) |
| 2526 | | | -495,3 (0,2416) | -371,1 (0,3793) | -1799,1 (0,0001) | 70,5 (0,8670) | 385,0 (0,3618) | 1116,9 (0,0096) |
| 2580 | | | | -345,4 (0,4130) | 340,5 (0,4196) | -1,15 (0,9979) | 1060,5 (0,0137) | -662,9 (0,1185) |
| 2600 | | | | | -91,0 (0,8289) | 271,6 (0,5194) | 540,0 (0,2021) | -1495,4 (0,0007) |
| 2561 | | | | | | 440,2 (0,2975) | -447,4 (0,2897) | 1621,1 (0,0002) |
| 2431 | | | | | | | 219,6 (0,6022) | -224,8 (0,5936) |
| LP561 | | | | | | | | -48,3 (0,9086) |
| Ferré | | | | | | | | |
| 2335 | -734,8 (0,0469) | 198,4 (0,5866) | 167,0 (0,6471) | 1100,0 (0,0034) | -606,0 (0,0997) | -312,6 (0,3923) | 250,9 (0,4918) | -63,0 (0,8628) |
| 2378 | | 1346,4 (0,0004) | -192,0 (0,5987) | 67,8 (0,8525) | 439,5 (0,2303) | -137,7 (0,7057) | -1282,5 (0,0007) | 493,4 (0,1787) |
| 2526 | | | 414,2 (0,2580) | -693,7 (0,0602) | -1916,9 (0,0000) | 15,1 (0,9670) | 744,4 (0,0442) | -108,0 (0,7671) |
| 2580 | | | | -548,2 (0,1357) | 1043,6 (0,0054) | 125,9 (0,7299) | 164,6 (0,6518) | -1175,1 (0,0019) |
| 2600 | | | | | 389,0 (0,2878) | 446,6 (0,2229) | -210,9 (0,5633) | 550,7 (0,1340) |
| 2561 | | | | | | -826,2 (0,0260) | 210,6 (0,5639) | 1266,4 (0,0008) |
| 2431 | | | | | | | 337,4 (0,3561) | 351,5 (0,3365) |
| LP561 | | | | | | | | -214,6 (0,5565) |

[†]efecto, [‡]probabilidad

Los efectos de ACE fueron positivos en las tres localidades para 2335 x 2600 y 2568-2 x 2561 y negativos para 2561 x 2526. Algunas de las otras combinaciones presentaron

efectos significativos pero inconsistentes entre localidades (Tabla 8).

Vuelco

El porcentaje de vuelco promedio fue: 23%

Tabla 9. Análisis de varianza para porcentaje vuelco en ensayos repetidos en Pergamino-Junín-Ferré y Sampacho-Holmberg, incluyendo híbridos experimentales y testigos (A) y para híbridos experimentales solamente (B).

ANOVA for root lodging in trials repeated at Pergamino-Junín-Ferré and Sampacho-Holmberg with experimental and control hybrids (A) and for experimental hybrids only (B).

| | Fuente de Variación | Pergamino-Junín-Ferré | | | Sampacho-Holmberg | | |
|---|---------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------------|-------|-------------|
| | | G L | C M | P (Ft < Fc) | G L | C M | P (Ft < Fc) |
| A | Localidad | 2 | 46,73 | 0,000 | 1 | 69,04 | 0,004 |
| | Error | 6 | 0,37 | | 4 | 2,05 | |
| | Tratamientos | 41 | 0,78 | 0,000 | 41 | 0,41 | 0,000 |
| | Trat. x Loc. | 82 | 0,28 | 0,000 | 41 | 0,24 | 0,036 |
| | Error | 246 | 0,09 | | 164 | 0,16 | |
| | Localidad | 2 | 39,32 | 0,000 | 1 | 65,11 | 0,005 |
| B | Error | 6 | 0,40 | | 4 | 2,00 | |
| | Tratamientos | 35 | 0,60 | 0,000 | 35 | 0,20 | 0,064 |
| | Trat. x Loc. | 70 | 0,24 | 0,000 | 35 | 0,21 | 0,055 |
| | Error | 210 | 0,10 | | 140 | 0,14 | |

Tabla 10. Medias de vuelco (%) de híbridos experimentales de maíz (HE), testigos comerciales (DK752 y PIO3162), testigo susceptible (TS) y testigos resistentes (TR) en Pergamino, Junín, Sampacho y Holmberg.

Means of root lodging (%) of experimental maize hybrids (HE), comercial controls (DK752 and PIO3162), susceptible control (TS) and resistant controls (TR) in Pergamino, Junín, Sampacho and Holmberg.

| Tratamiento | Pergamino | Junín | Sampacho | Holmberg |
|-------------|---------------------|--------|----------|----------|
| HE | 23,1 [‡] c | 14,2 b | 3,4 b | 34,5 a b |
| DK752 | 0,0 a | 0,8 a | 0 a | 11,8 a |
| PIO3162 | 1,9 b | 2,5 a | 0 a | 4,4 a |
| TS | 19,1 c | 42,4 c | 0 a | 24,8 a b |
| TR | 44,0 d | 54,6 c | 18,9 c | 61,3 b |

[‡] Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05. [‡] Means followed by same letter are not significantly different (P<0.05).

en Pergamino, 17% en Junín, 0% en Ferré, 4% en Sampacho y 34% en Holmberg.

En la región VI, el análisis combinado de las localidades indicó efectos significativos de la localidad, interacción tratamientos x localidad, y diferencias significativas entre tratamientos. La misma situación se dio analizando los híbridos experimentales solamente (Tabla 9).

En la región IV, el ensayo de Holmberg fue severamente afectado por vientos durante la granazón, que elevaron los porcentajes de vuelco a valores inusualmente altos, mientras que el ensayo de Sampacho fue levemente afectado registrándose escasos o nulos porcentajes de plantas volcadas. El análisis combinado mostró diferencias significativas para localidad, tratamientos e interacción tratamiento x localidad. Cuando el análisis de varianza para vuelco fue realizado sobre los materiales experimentales, la interacción tratamiento x localidad resultó no significativa al igual que el efecto de tratamientos (Tabla 9).

Las pruebas DMS, para la comparación de los diferentes grupos, indicaron en Pergamino y en Junín a los testigos comerciales como los materiales de mejor comportamiento; los híbridos experimentales presentaron valores intermedios, diferenciándose estadísticamente tanto de los testigos comerciales como de los testigos resistentes que fueron severamente afectados por vuelco. En Junín el testigo susceptible se manifestó también muy afectado (Tabla 10). La localidad Ferré

no presentó plantas volcadas.

En Sampacho los híbridos experimentales mostraron bajo porcentaje de vuelco. Los testigos comerciales y el susceptible a MRC no presentaron plantas volcadas. A pesar de la baja expresión de esta variable los testigos resistentes presentaron porcentajes de vuelco elevados y significativamente diferentes de los híbridos experimentales. En Holmberg no se detectaron diferencias entre híbridos experimentales, comerciales y el material susceptible. Tampoco hubo diferencias significativas entre híbridos experimentales, resistentes y susceptible. Pioneer 3162 presentó el menor vuelco promedio (Tabla 10).

En la región VI (Pergamino y Junín) (Tabla 11), los mejores materiales en respuesta a vuelco fueron: 2335 x LP561, 2335 x 2378, 2335 x 2526, y 2580 x LP561. En Junín se destacaron además de los mencionados, las cruzas 2526 x LP561, 2600 x LP561 y 2561 x LP561 y en Pergamino, el híbrido 2568-2 x 2335. Los testigos resistentes junto al susceptible se ubicaron entre los materiales con mayor vuelco. Los materiales con mayor susceptibilidad a vuelco comunes a Pergamino y a Junín fueron: 2526 x 2561, 2580 x 2561, 2600 x 2561, 2561 x 2431, 2526 x 2580 y 2580 x 2431.

Quebrado

El quebrado de tallo promedio en las distintas localidades fue 18% en Pergamino, 7% en Junín, 27% en Ferré, 5% en Sampacho y

Tabla 11. Medias de vuelco (%) en Pergamino y Junín en 36 híbridos experimentales de maíz y testigos.
Means of root lodging of 36 experimental and control maize hybrids in Pergamino and Junín.

| Pergamino | | Junín | |
|----------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| Híbrido | Vuelco | Híbrido | Vuelco |
| 2526 x 2561 | 75,9 ^a | LP116 x LP138 | 73,3 A |
| LP116 x LP138 | 58,1 abc | LP2 x LP138 | 49,6 Ab |
| 2580 x 2561 | 57,5 abc | B73 x P578 | 42,4 Abc |
| 2600 x 2561 | 59,5 abc | LP2 x LP116 | 40,9 Abcd |
| LP2 x LP138 | 56,0 abcd | 2526 x 2561 | 38,5 Abcd |
| 2568-2 x 2600 | 52,6 abcd | 2580 x 2431 | 39,8 Abcd |
| 2561 x 2431 | 48,9 abcd | 2580 x 2561 | 36,3 Abcde |
| 2526 x 2580 | 50,0 abcdef | 2526 x 2580 | 36,5 Abcdef |
| 2526 x 2600 | 48,9 abcdef | 2600 x 2561 | 29,7 Abcdefg |
| 2580 x 2431 | 45,6 abcdef | 2378 x 2600 | 26,1 Abcdefgh |
| 2568-2 x 2561 | 40,9 abcdef | 2378 x 2580 | 22,6 Abcdefgh |
| 2378 x 2561 | 38,6 abcdef | 2561 x 2431 | 22,0 Abcdefghi |
| 2568-2 x 2431 | 21,4 abcdef | 2580 x 2600 | 17,6 Abcdefghij |
| 2600 x 2431 | 22,0 abcdef | 2335 x 2580 | 17,9 Abcdefghij |
| B73 x P578 | 19,1 bcdefg | 2568-2 x 2431 | 15,7 Bcdefghijk |
| 2378 x 2600 | 23,8 bcdefgh | 2568-2 x 2600 | 14,1 Bcdefghijk |
| 2378 x 2580 | 18,1 bcdefgh | 2568-2 x 2335 | 12,4 Bcdefghijk |
| LP2 x LP116 | 17,7 cdefgh | 2568-2 x 2561 | 28,4 Bcdefghijkl |
| 2568-2 x 2580 | 15,2 cdefgh | 2378 x 2561 | 12,0 Bcdefghijkl |
| 2378 x 2526 | 17,9 cdefgh | 2335 x 2561 | 10,2 Cdefghijklm |
| 2580 x 2600 | 24,9 defgh | 2431 x LP561 | 9,1 Cdefghijklm |
| 2561 x LP561 | 14,6 defgh | 2378 x 2431 | 9,0 Cdefghijklmn |
| 2335 x 2600 | 15,7 efgh | 2526 x 2431 | 7,7 Defghijklmno |
| 2378 x 2431 | 16,6 efgh | 2378 x 2526 | 7,3 Efghijklmno |
| 2568-2 x 2526 | 23,6 fghij | 2568-2 x 2378 | 7,6 Efghijklmno |
| 2568-2 x LP561 | 11,6 fghij | 2568-2 x 2580 | 13,0 Efghijklmno |
| 2526 x 2431 | 9,9 fghijk | 2378 x LP561 | 11,4 Fghijklmnop |
| 2335 x 2580 | 9,3 fghijk | 2526 x 2600 | 8,6 Ghijklmnop |
| 2600 x LP561 | 6,7 fghijkl | 2335 x 2600 | 10,2 Ghijklmnop |
| 2526 x LP561 | 5,9 fghijkl | 2600 x 2431 | 10,5 Ghijklmnop |
| 2335 x 2431 | 6,0 fghijkl | 2568-2 x LP561 | 5,3 Hijklmnop |
| 2431 x LP561 | 5,2 ghijkl | 2335 x 2431 | 6,5 Iijklmnop |
| 2335 x 2561 | 9,4 hijkl | 2568-2 x 2526 | 7,0 Iijklmnop |
| 2568-2 x 2378 | 12,9 ijkl | 2580 x LP561 | 5,0 Jklmnopq |
| 2378 x LP561 | 5,1 jkl | 2335 x LP561 | 4,0 Klmnopq |
| 2580 x LP561 | 4,4 jklm | 2561 x LP561 | 2,4 Lmnopq |
| 2568-2 x 2335 | 3,6 jklm | 2335 x 2378 | 3,7 Mnopq |
| 2335 x 2526 | 3,0 jklm | 2600 x LP561 | 3,3 Mnopq |
| 2335 x 2378 | 6,7 klm | PIO3162 | 2,5 Nopq |
| PIO3162 | 1,9 lm | 2335 x 2526 | 1,6 Opq |
| DK752 | 0,0 m | DK752 | 0,8 Pq |
| 2335 x LP561 | 0,0 m | 2526 x LP561 | 0,0 Q |

CV= 29,78%

CV=42,06%

*Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05. CV: coeficiente de variación. *Means followed by same letter are not significantly different (P<0.05). CV: coefficient of variation.

24 % en Holmberg.

Los análisis de varianzas en ambas regiones se realizaron en forma individual para cada localidad. No se realizaron análisis combinados, dado que no se detectó homogeneidad de varianzas. Los análisis manifestaron diferencias significativas entre tratamientos, a

excepción de los realizados en las localidades de Junín y Sampacho para los híbridos experimentales (Tabla 12).

A continuación se compararon las medias agrupadas por tipo de materiales. En las localidades del área núcleo se observó buen comportamiento de los híbridos experimentales, los

Tabla 12. Análisis de varianza para quebrado de caña (%) en Pergamino, Junín, Ferré, Sampacho y Holmberg. (A) 36 híbridos experimentales y testigos y (B) solo los híbridos experimentales.

ANOVA for stalk lodging in Pergamino, Junín, Ferré, Sampacho and Holmberg. (A) experimental and control hybrids and, (B) only the experimental hybrids.

| FV | Pergamino | | | Junín | | | Ferré | | | Sampacho | | | Holmberg | | |
|--------|-----------|------|------------|-------|------|------------|-------|------|------------|----------|------|------------|----------|------|------------|
| | GL | C M | P(Ft < Fc) | GL | C M | P(Ft < Fc) | GL | C M | P(Ft < Fc) | GL | C M | P(Ft < Fc) | GL | C M | P(Ft < Fc) |
| Rep | 2 | 0,07 | 0,5466 | 2 | 0,74 | 0,0166 | 2 | 0,01 | 0,6837 | 2 | 0,35 | 0,1440 | 2 | 0,49 | 0,0000 |
| A Trat | 41 | 0,35 | 0,0000 | 41 | 0,45 | 0,0001 | 41 | 0,14 | 0,0000 | 41 | 0,40 | 0,0008 | 41 | 0,19 | 0,0000 |
| Error | 82 | 0,12 | | 82 | 0,17 | | 82 | 0,03 | | 82 | 0,17 | | 82 | 0,04 | |
| Rep | 2 | 0,06 | 0,5990 | 2 | 0,63 | 0,0337 | 2 | 0,01 | 0,8263 | 2 | 0,31 | 0,1846 | 2 | 0,37 | 0,0000 |
| B Trat | 35 | 0,29 | 0,0016 | 35 | 0,27 | 0,0730 | 35 | 0,11 | 0,0000 | 35 | 0,23 | 0,1761 | 35 | 0,12 | 0,0000 |
| Error | 70 | 0,13 | | 70 | 0,18 | | 70 | 0,03 | | 70 | 0,18 | | 70 | 0,04 | |

que presentaron porcentajes de quebrado menores o iguales a los testigos comerciales. Por otra parte, los híbridos experimentales presentaron significativamente menos quebrado que los testigos susceptibles y resistentes (Tabla 13).

En la región IV se obtuvieron resultados similares, es decir que los híbridos experimentales presentaron iguales o menores porcentajes de quebrado que los testigos comerciales, mientras que los resistentes fueron severamente afectados. En la localidad de Sampacho, el testigo susceptible severamente afectado por MRC no presentó quebrado (Tabla 13).

En la comparación de medias individuales (Tabla 14), la región VI mostró materiales comunes de buen comportamiento: 2561 × LP561, 2580 × LP561, 2378 × 2600, 2600 ×

2431, y 2600 × LP561. La localidad de Junín presentó bajo porcentaje de quebrado. En Pergamino, 17 materiales no mostraron diferencias significativas respecto del material menos afectado (2526 × 2600) y en Ferré, 9 híbridos tuvieron un comportamiento similar al material 2378 × 2580. Los testigos resistentes y el susceptible, en todos los casos se encontraron entre los más quebrados. De los comerciales Dekalb 752 no se diferenció del menos quebrado en Pergamino. Pioneer 3162 no se diferenció de materiales de comportamiento intermedio en Ferré.

En la región IV, Sampacho presentó bajo porcentaje promedio de quebrado de caña. En Holmberg los materiales de menor porcentaje de quebrado promedio fueron el 2561 × LP561 y el 2335 × 2431, los cuales no se diferenciaron significativamente de Dekalb 752. El hí-

Tabla 13. Medias de quebrado (%) de híbridos experimentales de maíz (HE), testigos comerciales (DK752 y PIO3162), testigo susceptible (TS) y testigos resistentes (TR) en Pergamino, Junín, Ferré, Sampacho y Holmberg.

Means of stalk lodging (%) for experimental maize hybrids (HE), commercial controls (DK752 and PIO3162), susceptible control (TS) and resistant control hybrids (TR) in Pergamino, Junín, Sampacho and Holmberg.

| Tratamientos | Pergamino | | Junín | | Ferré | | Sampacho | | Holmberg | |
|--------------|-------------------|-----|-------|-----|-------|---|----------|---|----------|---|
| HE | 15,1 [†] | a b | 4,59 | a | 23,7 | a | 3,3 | a | 20,4 | a |
| DK752 | 10,0 | a | 9,64 | b | 23,6 | a | 4,6 | b | 7,6 | a |
| PIO3162 | 24,7 | b | 12,3 | b | 34,0 | a | 0,0 | a | 14,7 | a |
| TS | 41,7 | b | 35,6 | c | 62,4 | b | 0,0 | a | 59,2 | b |
| TR | 43,5 | b | 25,1 | b c | 57,1 | b | 23,3 | c | 72,1 | b |

[†]Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05.[‡]Means followed by same letter are not significantly different (P<0.05).

Tabla 14. Medias de quebrado (%) en Pergamino, Ferré y Holmberg para 36 híbridos experimentales y seis testigos de maíz.

Means of stalk lodging in Pergamino, Ferré y Holmberg for of 36 experimental and six control maize hybrids.

| Híbrido | Pergamino Quebrado | Ferré Híbrido | Quebrado | Holmberg Híbrido | Quebrado |
|----------------------|-----------------------|----------------------|------------|----------------------|------------|
| 2335 x 2580 | 49,5 [†] | LP2 x LP138 | 63,6 | LP116 x LP138 | 90,3 |
| 2568-2 x 2335 | 44,8 | B73 x P578 | 62,4 | LP2 x LP116 | 67,7 |
| LP116 x LP138 | 48,9 | LP116 x LP138 | 62,5 | LP2 x LP138 | 58,2 |
| LP2 x LP116 | 42,1 | 2568-2 x 2335 | 56,5 | 2568-2 x 2335 | 58,3 |
| B73 x P578 | 41,7 | 2335 x 2526 | 54,0 | B73 x P578 | 59,2 |
| LP2 x LP138 | 39,5 | LP2 x LP116 | 45,1 | 2568-2 x 2378 | 40,8 |
| 2335 x 2561 | 31,8 | 2335 x 2580 | 39,1 | 2335 x 2378 | 49,7 |
| PIO3162 | 24,7 | 2335 x 2378 | 37,7 | 2378 x 2580 | 31,8 |
| 2526 x 2580 | 23,0 | 2526 x LP561 | 35,0 | 2568-2 x 2580 | 32,7 |
| 2568-2 x 2431 | 23,2 | 2335 x 2561 | 33,4 | 2335 x 2580 | 31,4 |
| 2568-2 x 2580 | 21,7 | 2335 x LP561 | 33,8 | 2335 x 2561 | 25,7 |
| 2335 x 2526 | 24,8 | PIO3162 | 34,0 | 2526 x 2580 | 24,6 |
| 2568-2 x 2526 | 21,8 | 2378 x 2431 | 30,8 | 2580 x 2431 | 21,7 |
| 2378 x 2561 | 17,6 | 2335 x 2600 | 26,5 | 2378 x 2526 | 25,4 |
| 2568-2 x 2561 | 23,4 | 2335 x 2431 | 27,0 | 2378 x 2600 | 20,5 |
| 2335 x 2378 | 17,6 | 2526 x 2431 | 25,6 | 2526 x 2431 | 20,3 |
| 2378 x 2526 | 18,0 | 2568-2 x LP561 | 24,5 | 2526 x LP561 | 21,8 |
| 2526 x 2431 | 14,8 | 2526 x 2600 | 24,5 | 2561 x 2431 | 17,3 |
| 2580 x 2561 | 13,5 | 2568-2 x 2600 | 25,6 | 2568-2 x 2431 | 18,3 |
| 2580 x 2600 | 14,0 | 2431 x LP561 | 23,4 | 2580 x LP561 | 18,2 |
| 2378 x 2431 | 15,9 | 2568-2 x 2378 | 22,9 | 2335 x LP561 | 16,9 |
| 2378 x 2580 | 13,0 | 2568-2 x 2580 | 22,6 | 2335 x 2526 | 17,4 |
| 2568-2 x 2600 | 12,4 | 2568-2 x 2431 | 22,1 | 2568-2 x 2561 | 17,4 |
| 2526 x LP561 | 14,4 | 2526 x 2561 | 21,3 | 2568-2 x 2526 | 15,9 |
| 2335 x 2431 | 12,0 | 2568-2 x 2526 | 23,4 | 2431 x LP561 | 17,4 |
| 2335 x 2600 | 9,6 | DK752 | 23,6 | PIO3162 | 14,7 |
| 2568-2 x 2378 | 11,5 | 2561 x 2431 | 20,1 | 2526 x 2600 | 15,6 |
| 2431 x LP561 | 8,7 | 2568-2 x 2561 | 18,5 | 2580 x 2561 | 16,0 |
| 2378 x 2600 | 9,7 | 2378 x LP561 | 19,2 | 2580 x 2600 | 17,1 |
| 2600 x LP561 | 7,5 | 2526 x 2580 | 22,2 | 2335 x 2600 | 13,4 |
| 2335 x LP561 | 7,5 | 2378 x 2561 | 18,7 | 2600 x 2561 | 13,3 |
| 2561 x 2431 | 6,3 | 2580 x 2431 | 17,6 | 2378 x 2561 | 13,9 |
| DK752 | 10 | 2378 x 2600 | 13,9 | 2526 x 2561 | 13,9 |
| 2600 x 2431 | 5,3 | 2600 x 2561 | 14,4 | 2378 x LP561 | 12,3 |
| 2568-2 x LP561 | 8,4 | 2580 x 2561 | 13,5 | 2568-2 x LP561 | 12,0 |
| 2580 x 2431 | 9,4 | 2378 x 2526 | 13,8 | 2568-2 x 2600 | 12,4 |
| 2580 x LP561 | 5,2 | 2561 x LP561 | 12,6 | 2378 x 2431 | 12,1 |
| 2526 x 2561 | 3,7 | 2580 x LP561 | 13,5 | 2600 x LP561 | 10,6 |
| 2600 x 2561 | 5,9 | 2580 x 2600 | 12,1 | 2600 x 2431 | 11,1 |
| 2378 x LP561 | 5,1 | 2600 x LP561 | 11,1 | 2335 x 2431 | 9,11 |
| 2561 x LP561 | 3,7 | 2600 x 2431 | 11,0 | DK752 | 7,62 |
| 2526 x 2600 | 7,7 | 2378 x 2580 | 10,7 | 2561 x LP561 | 6,55 |
| | CV= 31,61% | | CV= 12,14% | | CV= 15,75% |

[†]Medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente a un nivel de probabilidad de 0,05. CV: coeficiente de variación. [‡] Means followed by same letter are not significantly different (P<0.05). CV: coefficient of variation.

brido 2568-2 x 2335 no se diferenció significativamente de los testigos resistentes, que fueron los de más alto porcentaje de quebrado, en ninguna de las localidades analizadas (Tabla 14).

DISCUSIÓN

Las condiciones hídricas y climáticas generales de la campaña fueron favorables para el desarrollo del cultivo, viéndose reflejadas

en una producción a nivel nacional de aproximadamente 19 millones de toneladas de maíz, lo que significó un rendimiento promedio de 5950 Kg. ha⁻¹ (Darwich, 1998). Los rendimientos promedios de las localidades evaluadas superaron este promedio (excepto en la localidad de Holmberg donde las condiciones meteorológicas afectaron severamente el cultivo debido a tormentas con vientos muy fuertes en la etapa de granazón).

Los híbridos derivados de las nuevas líneas, presentaron mayor productividad a cam-

po que aquellos generados entre las líneas utilizadas como fuente de resistencia al mal de Río Cuarto. Varios cruzamientos presentaron en la región VI un comportamiento similar al de DK752 en algunas localidades y superior al de PIO3162 en las tres localidades. En la región IV, con alta intensidad e incidencia del mal de Río Cuarto, los híbridos experimentales presentaron muy buen comportamiento en comparación con los comerciales, lo que puede ser debido a la alta resistencia de aquéllos (Morata *et al.*, 2003). Dado que durante el proceso de selección, estas líneas fueron probadas por su aptitud combinatoria con diferentes probadores, estos resultados indican que la selección podría haber sido efectiva para mejorar el rendimiento, característica deficitaria en los compuestos que les dieron origen.

Los porcentajes de vuelco presentados por los testigos resistentes a MRC fueron muy elevados. Por otro lado, los híbridos experimentales manifestaron un rango de porcentajes de vuelco que varió desde híbridos con un comportamiento similar al de los comerciales, hasta aquellos con porcentajes de vuelco similares a los de los testigos resistentes. Estos resultados indican que algunas líneas presentan un progreso significativo respecto a resistencia a vuelco con relación a las utilizadas como fuentes de resistencia a MRC. Entre las líneas evaluadas, LP561 se destacó por producir híbridos de elevada resistencia a vuelco. Algunos cruzamientos presentaron una alta susceptibilidad a esta adversidad, lo que podría deberse, en parte, a su mayor altura de planta (resultados no presentados) y no sería recomendable su uso directo como cultivares.

En promedio, los híbridos experimentales presentaron un comportamiento óptimo para quebrado de tallo en ambas regiones, con valores menores o iguales a los de los testigos comerciales e inferiores a los testigos resistentes, indicando que la selección pudo haber sido efectiva también para este carácter. Las líneas LP561 y 2600 mostraron el me-

jor comportamiento para esta variable, siendo las más recomendables para su uso futuro.

En conclusión, los híbridos experimentales evaluados aquí presentan un rendimiento superior al de los testigos comerciales cuando son evaluados bajo ataque del mal de Río Cuarto. Algunas de las líneas utilizadas como progenitores presentan muy buena aptitud combinatoria, generando híbridos de productividad comparable a la de testigos comerciales y marcadamente superior al de los testigos resistentes, aún con niveles de incidencia del mal de Río Cuarto muy bajos. Parte de estos híbridos también presentaron bajos porcentajes de vuelco y quebrado, característica altamente deseable para su uso como híbridos comerciales y deficitaria en los materiales utilizados como fuente de resistencia a MRC. Esto indica que algunas de las líneas podrían ser utilizadas en la producción de semilla de cultivares comerciales. Además, se detectaron líneas mutuamente heteróticas de utilidad en la formación de nuevas poblaciones de cría e incrementando la variabilidad del germoplasma elite de maíz.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, M. del P., G. Eyherabide & D. A. Presello.** 1997. Comportamiento de Híbridos Comerciales de Maíz bajo Infestación Natural y Artificial del Barrenador del Tallo (*Diatraea saccharalis* Fab.). Revista de Tecnología Agropecuaria Vol. II, nro5. INTA EEA Pergamino. pp: 40-43.
- Basso, C. M.** 1995. Caracterización de fuentes de resistencia genética a «Mal de Río Cuarto» (MRDV-RC) en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.), bajo condiciones de infección natural. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Rosario-INTA Pergamino, Pergamino, Argentina. 55 pp
- Cruz, C. D.** 1994. Programa de análise de Modelos Biométricos Aplicado ao Fitomelhoramento Genético. UFV-CNPQ. Version 1.0. Minas Gerais. Brasil.
- Dagoberto, E., J. Pizarro, N. Iannone & C. De Dios.** 1984. Oportunidad económica de cosecha en cultivos de maíz afectados por *Diatraea*

- Saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae). III Congreso Nacional MAÍZ. AIANBA (Ed.). Pergamino. pp. 110-116.
- Darwich, N.** 1998. La fertilización del maíz. Cuadernillo Maíz. Agromercado XXIII. Julio 1998. pp. 27-31.
- Griffing, B.** 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Science. 9: 463-493.
- Loesch, P. J.** 1972. Diallel Analysis of Stalk Quality Traits in Twelve Inbred Lines of Maize. Crop Science 12, 3: 261-264.
- Lorenzo, N. J. A.** 1993. Aptitud Combinatoria entre líneas de maíz por respuesta al Mal de Río Cuarto (MRCV), Rendimiento, Vuelco y Quebrado. M. Sc. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias, UN Rosario-INTA Pergamino, Pergamino, Argentina.
- Martínez Garza, A.** 1983. Diseños y Análisis de Experimentos de Cruzas Dialélicas. 2º ed. Ed. Col. Postgr. Chapingo, México. 252 pp.
- Martínez Garza, A.** 1988. Diseños Experimentales. Métodos y elementos de teoría. 1º ed. Ed. Trillas, Mexico. 756 pp.
- Michigan State University.** 1992. MSTAT - C. (Paquete estadístico) Freed, R. D. & S. P. Eisensmith, MSTAT Directors. Crop and Soil Sciences Department. M. S. U. EEUU. Version 1.42.
- Morata, M. M., D. A. Presello, M. del P. González & E. Frutos.** 2003. Aptitud combinatoria entre líneas de maíz resistentes a mal de Río Cuarto. Fitopatología Brasileira 28: 236-244.
- Presello, D.** 1997. Estimación de pérdidas causadas por el mal de Río Cuarto en el norte de la Provincia de Buenos Aires. Campaña 1996/97. Revista de Tecnología Agropecuaria Vol 2, Nro 5.
- Presello, D. A., E. Frutos & A. E. Celiz.** 1995. Efectos genéticos asociados con la resistencia genética a mal de Río Cuarto en líneas endocriadas de maíz. Actas de la III reunión latinoamericana y XVI reunión de la zona andina de investigadores en maíz. CIMMYT. Bolivia. Tomo II: 407-416.
- Presello, D. A., M. E. Ferrer, L. Solari & A. E. Celiz.** 1996. Resistencia al virus del mal de Río Cuarto en variedades locales argentinas de maíz. INTA-Revista de Investigaciones Agropecuarias 27: 97-104.
- Pimentel Gomes, F.** 1978. Curso de Estadística Experimental. Hemisferio Sur, Buenos Aires. 323pp.
- Remes Lenicov, A. M., A. Tesón, E. Dagoberto & N. Huguet.** 1985. Hallazgo de uno de los vectores del mal de Río Cuarto en maíz. Gaceta Agronómica 5: 251-258.
- Sprague, G. F. & L. Tatum.** 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Journal of American Society of Agronomy 34: 923-932.