

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

EVALUACIÓN DE CULTIVARES COMERCIALES DE MAÍZ
POR SU TOLERANCIA A ROYA COMÚN, CAUSADA POR
Puccinia sorghi, EN EL SUR DE CÓRDOBA

Alumno: BONAMICO María Pía
DNI 32.705.417

Director: IBAÑEZ, Mercedes Alicia
Co-Director: DI RENZO, Miguel Ángel

Río Cuarto – Córdoba
Septiembre/2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: EVALUACIÓN DE
CULTIVARES COMERCIALES DE MAÍZ POR SU
TOLERANCIA A ROYA COMÚN, CAUSADA POR
Puccinia sorghi, EN EL SUR DE CÓRDOBA

Director: IBAÑEZ, Mercedes Alicia

Co-Director: DI RENZO, Miguel Ángel

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la
Comisión Evaluadora:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a toda mi familia y a todos aquellos que se sumaron como tal, por el apoyo incondicional durante la carrera, por acompañarme y especialmente por animarme en los momentos difíciles y alegrarse junto a mí en aquellos buenos.

Gracias a Dios por haberme puesto esta prueba en el camino, para poder aprender de los esfuerzos y saborear de otra manera los éxitos, gracias por haberme dado la fuerza necesaria.

Se lo dedico a mis padres quienes fueron el ejemplo que seguí para cumplir este sueño, y por haberme dado la posibilidad de hacerlo; a mi hermano, una gran persona, que estuvo a mi lado siempre.

A Guillermo, mi gran compañero, por apoyarme y permitirme desarrollarme personalmente resignando tiempo compartido en familia.

A Marta por aliviarme en aquellos momentos que lo necesitaba y por el cuidado especial de Felipe, que me permitía poder estudiar con tranquilidad.

A mis primas, Victoria y Agustina, quienes fueron una especie de “hada madrina” durante los primeros tiempos de la carrera.

Durante este trayecto, también conocí a personas excepcionales, con quienes compartí días y noches de estudio, viajes, mates, lágrimas y risas, y que también son parte de esta etapa, se lo dedico a mis amigos de la facultad.

Finalmente se lo dedico y le agradezco a mis hijos, Felipe, quien me acompañó desde el primer día que comencé a soñar en la universidad, aún en mi vientre y fue la fuerza que necesité día a día, siendo el también un gran protagonista de esta historia; y Agustín, quien se sumó a este desafío al final del camino, llenándonos de esperanza y satisfacción personal y familiar.

Gracias a todos ellos, porque este logro en mi vida no es solo el título con el que siempre soñé, sino que va más allá, siendo una lección de vida donde aprendí que “lo imposible...solo cuesta un poco más”.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional de Río Cuarto y en especial a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por haberme formando profesionalmente, a los profesores de la carrera de Ingeniería Agronómica, quienes vuelcan todo su conocimiento y predisposición para formarnos como profesionales. A la cátedra de Mejoramiento Genético, en especial a Lic. *MSc* Mercedes Ibáñez y el Ing. Agr. *MSc* Miguel Di Renzo, por ser parte de este trabajo de investigación.

También le agradezco a la región centro del CREA, que me permitió hacer las evaluaciones en sus ensayos, al Médico Veterinario Carlos Peñafort quien puso a mi disposición los mismos, al Ing. Agr. Gustavo Martini que me brindo toda la información necesaria para efectuar las evaluaciones y al Ing. Agr. Ricardo Renaudo, al Ing. Agr. Emiliano Peretti y al Sr. Rafael Laborde, quienes me recibieron muy amablemente en los establecimientos donde efectúe las mediciones y me brindaron la información presente en éste trabajo final de grado.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	7
OBJETIVOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Ubicación y fecha de siembra de los ensayos de evaluación de roya de maíz establecidos en tres localidades durante la campaña agrícola 2008/09. **8**
- Cuadro 2.** Precipitación pluvial (mm) y su porcentaje con respecto a la media de la ciudad de Río Cuarto, en los ensayos de evaluación de roya de maíz durante la campaña agrícola 2008/09 y media de los últimos 30 años de la ciudad Río Cuarto. **10**
- Cuadro 3.** Origen, nombre y ubicación de los híbridos de maíz evaluados en los ensayos durante la campaña agrícola 2008/09. **11**
- Cuadro 4.** Modelo de fertilización realizado en los ensayos de evaluación de roya en híbridos de maíz durante la campaña agrícola 2008/09. **12**
- Cuadro 5.** Roya de maíz: escala para la evaluación del tipo de reacción de González *et al.*, 2005, modificada por Carmona (2008). **14**
- Cuadro 6.** Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Adelia María, durante la campaña agrícola 2008/09. **17**
- Cuadro 7.** Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. **18**
- Cuadro 8.** Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas entre hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. **19**
- Cuadro 9.** Severidad media (%) de roya de maíz encontrada en los tercios de las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. **21**
- Cuadro 10.** Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. **22**

- Cuadro 11.** Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables, severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. **24**
- Cuadro 12.** Severidad media y tipo de reacción medio a roya, encontradas en los híbridos de maíz evaluados en la localidad de Olaeta, campaña 2008/09. **25**
- Cuadro 13.** Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. **26**
- Cuadro 14.** Severidad media (%) de roya de maíz encontrada en los tercios de las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. **28**
- Cuadro 15.** Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. **29**
- Cuadro 16.** Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables, severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. **30**
- Cuadro 17.** Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en los híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. **31**
- Cuadro 18.** Severidad media (%) de roya de maíz encontrada entre tercios de hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. **30**
- Cuadro 19.** Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. **32**

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Producción de maíz en los principales países productores, entre las campañas agrícolas 2207/08 – 2011/12 estimación Junio. Fuente: MAIZAR, 2011. **2**
- Figura 2.** Porcentaje de exportación mundial de maíz de cada país, campaña agrícola 2011/12. Fuente: MAIZAR, 2011. **3**
- Figura 3.** Hojas del cultivo de maíz afectadas por *P. sorghi*. **4**
- Figura 4.** Escala de severidad diagramática para la estimación de roya común en maíz causada por *P. sorghi*. (Escala de Cobb) Peterson, *et al.* (1948). **14**
- Figura 5.** Análisis de los componentes principales de los caracteres rendimiento, severidad media, tipo de reacción medio y de los 18 híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. **23**
- Figura 6.** Análisis de los componentes principales de los caracteres rendimiento, severidad media, tipo de reacción medio y de los 19 híbridos de maíz evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. **29**
- Figura 7.** Análisis de los componentes principales de los componentes rendimiento, severidad media, tipo de reacción media y de los 10 híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. **33**

RESUMEN

La roya común del maíz, causada por *Puccinia sorghi*, es una enfermedad foliar que se presenta cada año en la zona maicera Argentina produciendo la reducción del rendimiento en híbridos susceptibles y moderadamente susceptibles con diferentes niveles de severidad según los genotipos evaluados, los biotipos del patógeno y las condiciones climáticas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de híbridos comerciales frente a roya en la región sur de Córdoba. Durante la campaña agrícola 2008/09 se evaluaron 18 híbridos en Adelia María, 19 en Olaeta y 10 en Vicuña Mackenna, en ensayos comparativos de rendimiento utilizando diseños en bloques al azar, con dos repeticiones. Se evaluó la severidad (porcentaje) y el tipo de reacción prevalente (1-4), de 5 plantas de cada bloque y se analizaron los promedios de las mismas. Las mediciones de severidad y tipo de reacción se tomaron en la hoja de inserción de la espiga, la inmediatamente inferior y superior, además la severidad se midió a través del corte tripartito, evaluándose en el ápice, en el medio y en la base de cada hoja. Las variables se analizaron por ambiente mediante un análisis de varianza jerárquico de efectos fijos. A cosecha, se evaluó el rendimiento por parcela y entre las variables relacionadas con la enfermedad y el rendimiento se analizó la correlación por ambiente. Los genotipos evaluados y las condiciones climáticas de la campaña agrícola determinaron una severidad muy baja a baja, prevaleciendo el tipo 2 de reacción. Diferencias estadísticas se encontraron entre híbridos, entre hojas y entre tercios evaluados en la severidad y entre híbridos y entre hojas en el tipo de reacción. No se observaron correlaciones significativas entre severidad, tipo de reacción y rendimiento, a excepción de la localidad de Adelia María donde se observó una correlación negativa entre tipo de reacción y rendimiento.

Palabras clave: *maíz, roya común, severidad, tipo de reacción, rendimiento.*

SUMMARY

ASSESSMENT OF COMMERCIAL HYBRIDS MAIZE FOR TOLERANCE TO COMMON RUST, CAUSED BY *Puccinia sorghi* IN THE SOUTH OF CÓRDOBA

Common rust of maize, caused by *Puccinia sorghi* is a foliar disease that occurs each year in the corn belt of Argentina producing a reduction in grain yield in susceptible and moderately susceptible hybrids with different levels of severity. The severity of the disease depends of the genotypes evaluated, biotypes of the pathogen and climatic conditions. The aim of this study was to evaluate the performance of commercial hybrids versus common rust in the south of Córdoba. During the crop year 2008/09 eighteen, nineteen and ten commercial hybrids were evaluated in Adelia Maria, Olaeta and Vicuña Mackenna, respectively, on a completed randomized block design with two replications. The severity (percentage) and the prevalent type of reaction (1 to 4) of 5 plants of each block were analyzed. Measurements of severity and type of reaction were taken on the insertion leaf of the ear, the immediately lower and upper. The severity was measured by the tripartite court, evaluating the apex, in the middle and at the base of each leaf. Analyses of variance of hierarchical fixed effects were applied for variables by environment. During the harvesting period, the yield was evaluated in each plot and a correlation coefficient was estimate between this trait, severity and type of reaction by environment. The genotypes evaluated and the climatic conditions of the crop year determined a *very low to low* severity, prevailing the type 2 of reaction. Statistical differences were found between hybrids, between leaves and between thirds evaluated in the severity and also between hybrids and between leaves in the type of reaction. No significant correlations were observed between grain yield, severity and type of reaction, with the exception of Adelia Maria, when a negative correlation between grain yield and type of reaction was found.

Key words: *maize, common rust, severity, type of reaction, yield.*

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta gramínea anual originaria de América, introducida en Europa en el siglo XVI. Es una especie monoica, es decir presenta la inflorescencia femenina y la masculina separadas pero en la misma planta. El maíz es una alógama, especie de polinización abierta, la cual ocurre con la transferencia del polen a través del viento, desde la espiga a los estigmas de la mazorca (Silva Castro, 2005).

El rendimiento del maíz es definido a través de dos componentes numéricos: el número de granos y el peso individual, aunque el mismo está más asociado al número final de granos logrados que al peso de los mismos. Éste componente queda establecido en un período de aproximadamente 30 días centrado en la floración, motivo por el cual se definió esta etapa como período crítico. La incidencia de un estrés hídrico o lumínico provoca mayores mermas en el número de granos cuando tiene lugar en este período, que coincide con el crecimiento activo de la espiga, la emergencia de estigmas y el inicio del llenado de granos (Satorre *et al.*, 2003).

Actualmente, el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo en producción total, después del trigo. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (Paliwal, 2001). En una década el maíz se transformó en uno de los cultivos más producido del mundo, gracias a la creciente variedad de industrias que lo utilizan como materia prima. Las industrias que procesan el grano son cada vez más sofisticadas y lo transforman en todo tipo de productos de uso cotidiano como el etanol, los biomateriales y productos de molienda, teniendo estas últimas industrias un crecimiento exponencial en los países asiáticos. Además, de ser el forraje por excelencia para la producción de carnes (Fraguío, 2011).

El maíz es uno de los cereales más importantes de Argentina. La superficie sembrada es variable de acuerdo a diferentes factores que pueden influir, entre los que se pueden señalar: comportamientos del mercado, políticas impuestas por el gobierno (subsidiarias, impositivas, de exportaciones, etc.), condiciones económicas de los productores y las rotaciones planificadas por los mismos (SAGPyA, 2008). En el ciclo agrícola 2008/09 (durante el cual se efectuó la evaluación) se sembraron 3,5 millones de ha, de las cuales se cosecharon 2,7 millones de ha, con una producción total de 13 millones de t, con un rendimiento promedio de 5.596 kg ha⁻¹; en el ciclo agrícola siguiente la superficie sembrada fue prácticamente la misma (3,6 millones de ha) y con una perspectiva de

producción de 22,5 millones de tn (Pouiller, 2010). Las provincias de Córdoba, Buenos Aires, La Pampa y Santa Fe aportaron la mayor producción.

En relación a las provincias productoras, Córdoba es la de mayor producción de maíz en la Argentina, con el 38% de la producción nacional, le sigue Buenos Aires con el 28% de participación en la producción, y en tercer lugar se encuentra Santa Fe con un 14% (Pastor, 2004). Argentina es el quinto productor mundial (Figura 1), con una tendencia para la próxima campaña a incrementar su producción (MAIZAR, 2011).

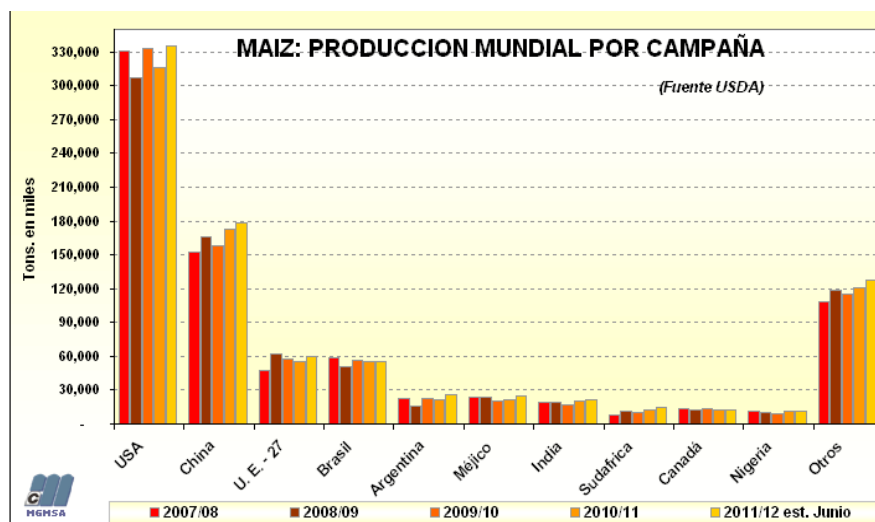


Figura 1. Producción de maíz en los principales países productores, entre las campañas agrícolas 2207/08 – 2011/12 estimación Junio. Fuente: MAIZAR, 2011.

Argentina es el 2^{do} exportador mundial luego de los Estados Unidos, aportando el 18,4% del total de maíz exportado del mundo, con una tendencia creciente (Figura 2).

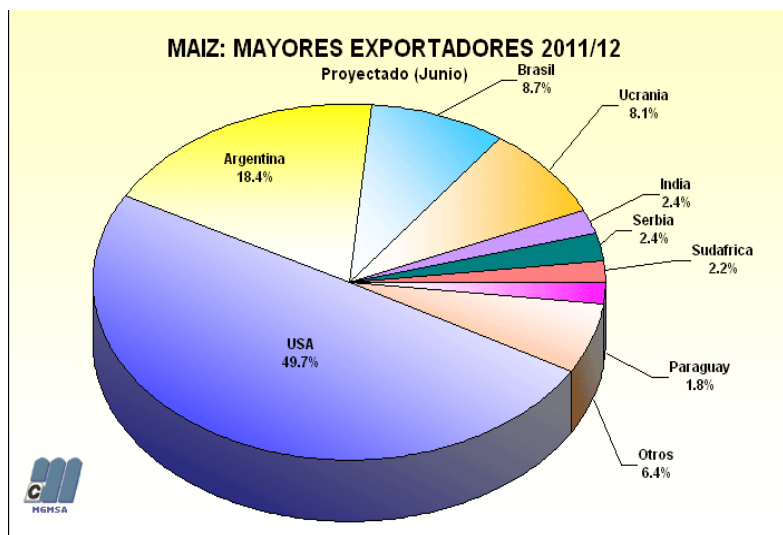


Figura 2. Porcentaje de exportación mundial de maíz de cada país, campaña agrícola 2011/12. Fuente: MAIZAR, 2011.

Cerca del 65% de lo que produce el país es exportado y se destina al mercado interno la diferencia. Dentro del país, más de un 80% se destina a la alimentación animal bajo las formas de balanceado, silaje de maíz, derivados de la molienda, o directamente grano entero, partido y/o molido, siendo las principales demandas del maíz internamente el consumo en sistemas de producción ganadera y la molienda. (Pastor, 2004).

Dos tercios de la producción de maíz en Argentina que se exporta, se hace en carácter de grano para ser empleado como grano forrajero en los destinos habituales, es decir que se caracteriza por su derivación temprana en la etapa primaria con un elevado coeficiente de exportación (Pastor, 2004). Esto resalta el potencial que presenta el país, en términos de articulaciones tecnológicas y productivas futuras, para incrementar la industrialización, aprovechando la importante diversificación de subproductos que brinda la producción de maíz (Lavarello, 2003 citado por Pastor, 2004).

La roya común, junto con el tizón foliar, son las enfermedades del maíz más importantes del centro sur de la provincia de Córdoba (García *et al.*, 2011). La misma es una enfermedad endémica de la zona maicera núcleo Argentina, cuyo nivel de severidad es diferente año tras año, dependiendo del cultivar empleado, de los biotipos del patógeno presentes y de las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo (González, 2005). Su agente causal, *Puccinia sorghi* Schw., parásito biotrófico, es un hongo heteroico. En Argentina se cumplen dos estadios de *P. sorghi* sobre maíz y tres en el hospedante alternativo, que en este caso son plantas del género *Oxalis* sp. (Presello *et al.*, 2007). Sin embargo en la región del sur de Córdoba *P. sorghi* pasa el período desfavorable

principalmente como urediniospora, no necesariamente cumpliendo su ciclo completo ocasionando infecciones en *Oxalis* sp.

La sintomatología de esta enfermedad puede presentarse en cualquier tejido verde de la planta aunque se encuentra con frecuencia sobre las dos superficies de la lámina de la hoja. Las pústulas se manifiestan en primera instancia como puntos cloróticos en la superficie de la hoja. Posteriormente se desarrollan en pústulas grandes pulverulentas, presentando el interior de coloración pardo canela, correspondiendo a las urediniosporas. Luego las pústulas se vuelven negras, cuando éstas son substituidos por las teliosporas, las cuales continúan su erupción rompiendo la epidermis, a medida que la planta madura. Generalmente esta enfermedad es más notable alrededor de la floración aunque puede aparecer desde el comienzo del ciclo del cultivo (Carmona *et al.*, 2010).



Figura 3. Hojas del cultivo de maíz afectadas por *P. sorghi*.

Las condiciones favorables para la enfermedad son temperaturas moderadas (16°C a 23°C) y alta humedad (mojado foliar). Las esporas de diseminación, que reciben el nombre de uredosporas, germinan bien a 15-18°C y penetran por los estomas (Sillón, 2009).

Prácticas como la rotación de cultivos y el manejo de los residuos no son efectivas para prevenir o reducir la enfermedad, debido a que las royas utilizan otras estrategias de supervivencia durante el periodo desfavorable para el patógeno y el inóculo se dispersa eficientemente con el viento a grandes distancias. Por lo tanto, el manejo estratégico de esta enfermedad debe realizarse principalmente a partir de la selección de híbridos de mejor comportamiento (resistencia genética) y también mediante la aplicación de fungicidas en los casos que sea necesario (De Souza, 2007).

Existen dos tipos de resistencia a *P. sorghi* en maíz, la general u horizontal y la específica, Rp (resistencia-puccinia) o vertical. La primera implica una reducción cuantitativa del número de inóculo (urediniosporas), mientras que la segunda produce una diferencia cualitativa en la repuesta de la planta a la enfermedad. La resistencia general se incrementa en hojas maduras comparadas con hojas juveniles y puede estar asociada con la tasa en la cual un genotipo forma nuevas hojas (González, 2006). Afecta el desarrollo de la enfermedad en varias formas: se reducen el número y tamaño de urediniosporas, así como la cantidad de esporulación, las tasas de germinación de urediniosporas son también inferiores y el tiempo entre la infección y la formación de urediniosporas, denominado tiempo de latencia, el cual naturalmente es muy corto para *P. sorghi* puede ser más largo en genotipos parcialmente resistentes. Estas reducciones y retrasos en la producción de inóculo reducen la tasa epidémica. La misma es multigénica, involucrando de varios a muchos genes, y las reacciones de enfermedad resultante pueden ser desde moderadamente susceptibles hasta de alta tolerancia, en función de los genes que están presentes.

La resistencia específica, debe su denominación a que sólo es eficaz contra determinadas razas del agente patógeno. La misma se hereda de modo simple y dominante (Plant wise, 2011). Se expresa como una reacción de hipersensibilidad con diferentes tipos de infección. Si bien los genes Rp en forma individual confieren altos niveles de resistencia, un compuesto de genes Rp, puede conferir resistencia no raza específica (Presello *et al.*, 2007). Los híbridos de maíz en Argentina poseen diferentes niveles de resistencia horizontal frente a *P. sorghi*, ya que los genes que le otorgan resistencia vertical tienen escasa eficiencia (González, 2000).

La roya reduce los rendimientos en híbridos susceptibles y moderadamente susceptibles. La reducción de los rendimientos se produce no solo por disminución del área fotosintéticamente activa, sino por la competencia por fotoasimilados entre dos destinos constituidos por los granos en el momento de llenado y las pústulas que generan esporas. Las pérdidas causadas por roya común del maíz son en general leves; sin embargo, ocasionalmente se presenta situaciones en las que el nivel de severidad es considerablemente alto, cuestión que está sucediendo cada vez con mayor frecuencia. En Pergamino, Martínez (1977) estimó pérdidas del 17% para niveles de severidad de 25-30% comparando tratamientos protegidos con fungicida versus no protegidos. González y colaboradores (2005) determinaron niveles de severidad de la enfermedad de hasta el 40%, dependiendo de los materiales considerados, la virulencia del patógeno y las condiciones ambientales. Según diferentes estudios, un nivel de severidad de 10% del área foliar afectada ocasiona reducciones de hasta el 8% en el peso del grano (White, 1999). Otros estudios señalan que por cada tonelada producida se pierden 2 kg por cada pústula promedio en la hoja de la

espiga, la superior y la inferior o 9,7 kg por cada 1% de severidad promedio en las mismas hojas (Carmona *et al.*, 2010).

Otra estrategia para enfrentar la enfermedad consiste en la aplicación de fungicidas, cuya eficiencia depende de la intensidad y el momento de aplicación (García *et al.*, 2011). El uso de fungicidas muestra el mayor beneficio cuando se utiliza con los genotipos más sensibles y puede proporcionar poco o ningún control adicional de *P. sorghi* en genotipos con altos niveles de tolerancia (Plant wise, 2011). En Argentina numerosas evaluaciones permiten demostrar la repuesta de la enfermedad frente a la aplicación de fungicidas. En ensayos realizados en tres localidades del norte de la provincia de Buenos Aires durante la campaña agrícola 2007/08 se pudo observar una tendencia al aumento del rendimiento donde se efectuó las aplicaciones fungicidas independientemente del momento de aplicación (Couretot *et al.*, 2008), mientras que en un ensayo realizado en el sur de Córdoba, durante los ciclos agrícolas 2007/08 y 2008/09, el control químico redujo significativa la severidad entre 3-12% en 2007/08 y entre 3-7% en 2008/09 (Granetto *et al.*, 2009). En cuanto al momento adecuado para efectuar el control, un ensayo realizado al sur de Córdoba, encontró diferencias significativas con respecto al testigo en los tres tratamientos, que correspondieron a aplicaciones de fungicidas en V10, R1 y un doble tratamiento en V10 y R1 (Oddino *et al.*, 2010); sin embargo en éste y numerosos trabajos señalan que aplicaciones tempranas logran un control más eficiente (Oddino *et al.*, 2010 y García *et al.*, 2011). Es importante considerar que se debe proteger la hoja de la espiga (HE) y las hojas inmediatamente superior (HE+1) e inferior (HE-1), ya que las mismas representan aproximadamente el 33 a 40% del área total de la planta (Formento, 2010).

HIPÓTESIS

Los genotipos de maíz evaluados en las localidades de Adelia María, Olaeta y Vicuña Mackenna se comportan de manera diferencial en su tolerancia a roya común.

OBJETIVOS

- Evaluar el comportamiento de diferentes híbridos de maíz con respecto a la roya común en las localidades de Adelia María, Olaeta y Vicuña Mackenna en el ciclo agrícola 2008/09.
- Determinar cuáles son los genotipos de mejor comportamiento frente a roya común en la campaña agrícola 2008/09.
- Determinar si existe diferencia en la severidad de la enfermedad a nivel hojas dentro de una misma planta y en el caso que exista, cuál/es es/son la/s hoja/s de la planta de maíz más afectadas por *Puccinia sorghi*.
- Establecer el tercio de la hoja que presenta mayor afección por la enfermedad, en el caso que haya diferencia entre los mismos.
- Analizar la asociación entre las variables relacionadas con la roya común y el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

Los ensayos se establecieron en tres localidades de la Región de Río Cuarto, en parcelas facilitadas por productores de maíz de AACREA Región Centro, durante la primera o segunda época de siembra del año 2008 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación y fecha de siembra de los ensayos de evaluación de roya de maíz establecidos en tres localidades durante la campaña agrícola 2008/09.

Localidad	Establecimiento	Latitud	Longitud	Siembra
Adelia María	Santa Ana	33°43'40``S	63°44'48``O	07-10-08
Olaeta	La Perdiz	32°58'52``S	63°47'50``O	11-10-08
Vicuña Mackenna	Los Alfalfares	33°57'07``S	64°19'40``O	18-12-08

Características edáficas

El lote donde se efectuó el ensayo en el establecimiento Santa Ana posee una capacidad de uso IV_{es}, presenta una textura de suelo franco arenosa a arenosa franca y pH ligeramente ácido. En cuanto a la fertilidad, el análisis químico realizado previamente a la siembra lo permitió clasificar como poco provisto de nitrógeno y bien provisto de fósforo. El porcentaje de materia orgánica fue considerado bajo, siendo de 1,41%.

En el establecimiento La Perdiz la textura corresponde a franco arenosa a arenosa franca con pH ligeramente ácido. Los análisis realizados permitieron clasificar como poco provisto de nitrógeno, fósforo y azufre, mientras que el porcentaje de materia orgánica fue por debajo del de Santa Ana con un valor de 1,2%.

La parcela empleada para la siembra de los híbridos en Los Alfalfares posee un I.C.L.1 (Lote de calidad sobresaliente), con influencia de napa freática. Es un suelo de textura arenosa franca, con un pH ligeramente ácido (6,5). Los análisis químicos previos a la siembra indicaron que estaba muy bien provisto de fósforo y poco provisto de nitrógeno y azufre, mientras que la materia orgánica fue baja (1,30%).

Características climáticas

Los datos de precipitación pluvial se tomaron en pluviómetros ubicados en los establecimientos donde se llevaron a cabo los ensayos. La precipitación pluvial registrada desde junio de 2008 a abril de 2009 fue de 496 mm para el establecimiento Santa Ana (Adelia María), 620 mm para La Perdiz (Olaeta) y 759 mm para Los Alfalfares (Vicuña Mackenna). Las precipitaciones que correspondieron a los ensayos de fecha de siembra de primera se encontraron por debajo de la media de los últimos 30 años registrada en la ciudad de Río Cuarto para el mismo período (747 mm), mientras que en el caso de Los Alfalfares las mismas fueron mayores a dicha media.

En los ensayos de fecha de siembra de primera, Santa Ana y La Perdiz, en los meses previos a la siembra (junio-septiembre), se registró una precipitación acumulada de 29 y 15 mm, mientras que en el período de octubre a abril la lluvia registrada fue de 467 y 605 mm; en el ensayo de fecha de siembra de segunda realizado en Los Alfalfares, las precipitaciones en los meses previos a la siembra (junio-noviembre) fueron de 215 mm, mientras que las registradas durante el ciclo del cultivo fueron de 544 mm. Los valores de precipitaciones medidas antes de la siembra y durante el ciclo del cultivo estuvieron en los ensayos de fecha de siembra temprana por debajo de la media de los últimos 30 años de la ciudad de Río Cuarto para el mismo período (55 y 691 mm); mientras que en el ensayo de fecha de siembra de segunda los valores de precipitaciones en el período previo a la siembra también estuvieron por debajo de la media de Río Cuarto (246 mm), caso contrario a las registradas durante el ciclo del cultivo, donde fueron superiores (501 mm) (Cuadro 2).

Con respecto al establecimiento Santa Ana, las precipitaciones caídas antes de la siembra en todos los meses estuvieron por debajo de la media de los últimos 30 años, mientras que durante el ciclo del cultivo, los meses de diciembre y febrero fueron superiores. En La Perdiz sucedió lo mismo previo a la siembra aunque con menores lluvias todos los meses, recuperándose después, especialmente en noviembre y enero. En el ensayo de maíz de segunda fecha de siembra (Los Alfalfares), fue el que menos sufrió el estrés hídrico, estando únicamente, durante el ciclo del cultivo, los meses de febrero, marzo y abril por debajo de las medias de los últimos 30 años.

Cuadro 2. Precipitación pluvial (mm) y su porcentaje con respecto a la media de la ciudad de Río Cuarto, en los ensayos de evaluación de roya de maíz durante la campaña agrícola 2008/09 y media de los últimos 30 años de la ciudad Río Cuarto.

Precipitación (mes)	Establecimiento						Río Cuarto mm
	Santa Ana		La Perdiz		Los Alfalfares		
	mm	%	mm	%	mm	%	
Julio	6	44	0	0	25	179	14
Agosto	0	0	0	0	0	0	11
Septiembre	23	75	15	49	35	113	31
Octubre	34	47	82	114	26	36	72
Noviembre	111	94	167	141	129	109	118
Diciembre	97	124	92	72	187	146	128
Enero	74	54	103	75	124	90	137
Febrero	130	151	85	98	193	224	86
Marzo	17	18	62	66	40	43	93
Abril	4	7	14	25	0	0	56
Total	496	66	620	83	759	102	744
Julio-Siembra	29	53	15	27	215	87	55† - 246‡
Ciclo Cultivo	467	67	605	87	544	109	691† - 501‡

† fecha de siembra temprana; ‡ fecha de siembra tardía.

Material genético

Los híbridos evaluados fueron obtenidos de diferentes fuentes del CREA, Región Centro. El estudio incluyó 30 híbridos, de los cuales no todos estuvieron presentes en los tres ensayos evaluados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Origen, nombre y ubicación de los híbridos de maíz evaluados en los ensayos durante la campaña agrícola 2008/09.

Origen	Híbrido	Ubicación
Syngenta	NK 880 TD Max	Adelia María - Olaeta - Vicuña Mackenna
Syngenta	NK 910 TD Max	Adelia María – Olaeta
La Tijereta	LT 622 MG	Adelia María - Vicuña Mackenna
La Tijereta	LT 622 MGRR	Olaeta
La Tijereta	LT 632 MG	Adelia María – Olaeta
La Tijereta	LT 618 MG	Vicuña Mackenna
SPS	SPS 2790 MG	Adelia María
Pannar	PAN Pex 168 MG	Adelia María – Olaeta
Don Mario	H 2740 MG	Adelia María – Olaeta
Don Mario	H 2741 MG	Olaeta
KWS ARG	KM 4911 TD Max	Adelia María – Olaeta
Illinois	I 880 MG	Adelia María – Olaeta
Nidera	AX 852 MG	Vicuña Mackenna
Nidera	AX 852 HX	Vicuña Mackenna
Nidera	AX 878 MG	Adelia María – Olaeta
Nidera	AX 882 MG CL	Olaeta
Nidera	AX 882 MG	Adelia María
Nidera	AX 894 MG	Adelia María
Nidera	AX 894	Olaeta
Nidera	AX 886 MG	Adelia María – Olaeta
Monsanto	AW 190 MG RR	Adelia María – Olaeta
Monsanto	DK 747 MG RR	Adelia María – Olaeta
Monsanto	DK 700 MG	Vicuña Mackenna
Monsanto	DK 670 MG	Vicuña Mackenna
Monsanto	DK 699 MG	Vicuña Mackenna
Pionner	P 2069 Y	Adelia María – Olaeta
Pionner	P 2053Y	Adelia María – Olaeta
Pionner	P 1979 Y	Adelia María - Olaeta - Vicuña Mackenna
Pionner	31 Y 04	Vicuña Mackenna
AD SUR	AD 60 AY	Olaeta

Manejo Agronómico

El cultivo antecesor de los ensayos fue: maíz en Santa Ana, soja de primera en La Perdiz y trigo ciclo corto en Los Alfalfares. El sistema de laboreo seleccionado en los tres ensayos fue siembra directa, el cual estuvo acompañado por el manejo agronómico que se consideró el más adecuado para cada establecimiento, de manera tal de poder expresar el potencial de los híbridos, sin limitantes de nutrientes, competencia de malezas, etc.

En los ensayos realizados en Santa Ana (Adelia María) y La Perdiz (Olaeta) la siembra se efectuó con una densidad teórica de 75.000 semillas por ha, con una distancia entre hileras de 70 cm, mientras que en Vicuña Mackenna la densidad de siembra lograda fue de 70.476 semillas por ha, lo que equivale a 3,7 semillas por m de surco, con un distanciamiento de los mismos de 52,5 cm.

El modelo de fertilización empleado en los ensayos consistió en la aplicación de nutrientes a la siembra y posteriormente una refertilización (Cuadro 4), que incorporó 65,8 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) en Santa Ana, 117,2 kg ha⁻¹ de N en La Perdiz y 83 kg ha⁻¹ de N en Los Alfalfares, también se aportó 72,8, 85 y 0 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) y 9,36, 21,6 y 6,9 kg ha⁻¹ de azufre (S), respectivamente.

Cuadro 4. Modelo de fertilización realizado en los ensayos de evaluación de roya en híbridos de maíz durante la campaña agrícola 2008/09.

Establecimiento	Siembra			Refertilización		
	Posición	Dosis	Producto	Dds	Dosis	Producto
Santa Ana	Lateral	140 kg ha ⁻¹	MAP	59	180 l ha ⁻¹	SolMix 80-20
La Perdiz	Lateral	110 kg ha ⁻¹	MAP-S	38	200 kg ha ⁻¹	Urea
	Línea	70 kg ha ⁻¹	MAP-S			
Los Alfalfares	Lateral	100 kg ha ⁻¹	Urea	132	1 ha ⁻¹	SolMix 80-20

Dds= Días después de la siembra.

El control químico de malezas efectuado en el ensayo de Santa Ana consistió en una aplicación en presiembra de glifosato y atrazina al 90% a razón de 1,14 l ha⁻¹ y 1,97 kg ha⁻¹ respectivamente, posteriormente en preemergencia se aplicó S-Metolacloro al 96% y glifosato a una dosis de 1,03 l ha⁻¹ y 2,13 l ha⁻¹. En La Perdiz previo a la siembra se efectuó un control de malezas con los mismos productos químicos y similares dosis utilizadas en Santa Ana, posterior a la misma se realizaron 2 aplicaciones S-Metolacloro al 96% a razón

de 1,06 y 1,3 l ha⁻¹, 2 de atrazina al 50% de 2 y 3 l ha⁻¹ y 2 de glifosato de aproximadamente 1 l ha⁻¹ cada una. Mientras que en Los Alfalfares consistió en la aplicación en preemergencia de atrazina al 90% y S-Metolacloro al 96%, a razón de 1,5 kg ha⁻¹ y 1 l ha⁻¹ respectivamente. Posteriormente se hizo una aplicación suplementaria de glifosato en manchones y una segunda aplicación de atrazina junto con aceite cuando el cultivo se encontraba en V6.

Diseño experimental

El diseño utilizado fue el de bloques completos al azar, con dos repeticiones.

Las parcelas experimentales fueron de diferentes dimensiones en cada una de las evaluaciones, en el de Santa Ana (Adelia María) cada híbrido contaba con una parcela de 9,8 m de ancho (14 surcos a 70 cm de distanciamiento), en La Perdiz (Olaeta) la parcela de los materiales a evaluar era de 8,4 m de ancho (12 surcos a 70 cm de distancia entre uno los mismos), mientras que en el ensayo realizado en Los Alfalfares (Vicuña Mackenna) las parcelas tuvieron 5,25 m de ancho (10 surcos a 52,5 cm de distanciamiento).

Método de evaluación y variables observadas

El método empleado para evaluar *Puccinia sorghi* en los híbridos de maíz fue el propuesto por Carmona (2008), denominado corte tripartito, el cual debe su nombre a que para facilitar la medición y uso de la escala propone dividir las hojas en tres porciones, llamadas a partir de aquí, ápice (A), medio (M) y base (B). El método consiste en evaluar cinco plantas al azar sobre el surco central de la faja de híbrido, separadas una de otra por 10 metros aproximadamente. A cada planta se le evalúa la hoja de la espiga (HE), la de arriba (HE+1) y la de abajo (HE-1). Como la hoja de maíz es de gran longitud, para facilitar la medición y uso de escala, se corta la misma en tres porciones. A cada segmento se le evalúa la severidad utilizando la escala de Peterson *et al.* (1948), que está dividida en 5 categorías (1, 2, 3, 4, 5) a las que le corresponde un determinado porcentaje del área afectada (Figura 4).

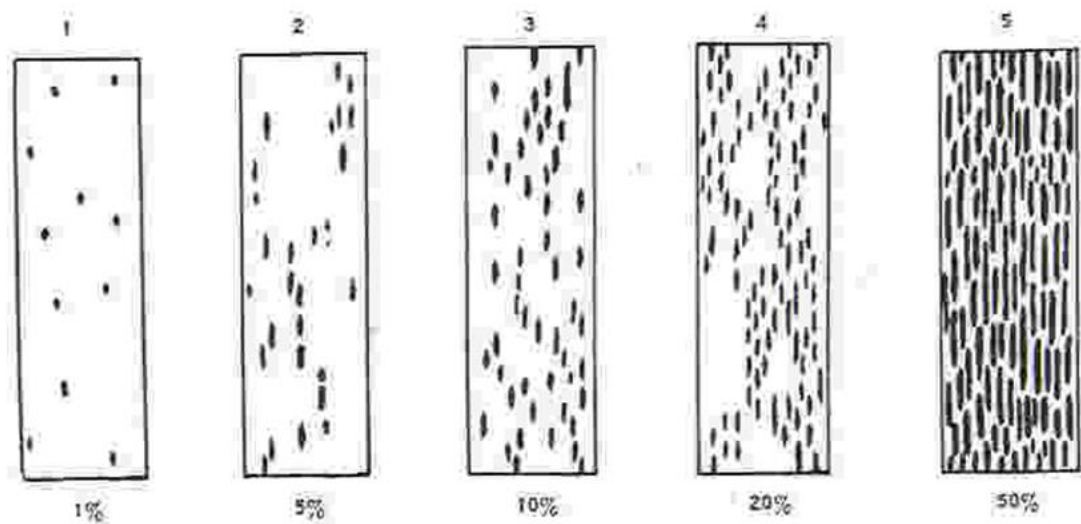

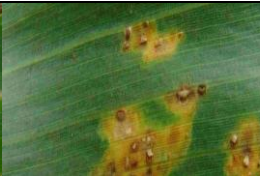




Figura 4. Escala de severidad diagramática para la estimación de roya común en maíz causada por *P.sorghii*. (Escala de Cobb) Peterson, *et al.* (1948).

También se realiza una evaluación cualitativa que permita analizar el tipo de reacción, utilizando una escala de observación de menor a mayor grado de susceptibilidad (González *et al.*, 2005, modificado por Carmona (2008)) observando el tipo y tamaño de las pústulas y lesiones sobre la HE-1, HE y HE+1 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Roya de maíz: escala para la evaluación del tipo de reacción de González *et al.*, 2005, modificada por Carmona (2008).

Tipo de reacción			
1	2	3	4
			
Ausencia de síntomas o puntos necróticos o cloróticos.	Pústulas pequeñas con o sin puntos necróticos.	Pústulas grandes.	Pústulas grandes con áreas necróticas que se unen.

Las variables analizadas para evaluar roya común fueron dos, severidad media, tipo de reacción medio y rendimiento por parcela.

La severidad media (%) se evaluó en HE-1, HE y HE+1 y a su vez de cada hoja se analizaron tres porciones, ápice, media y base, para ello se empleo la escala de Peterson *et al.* (1948) asignándole una categoría a cada unidad de evaluación, a la que le corresponde un porcentaje de severidad. Para analizar ésta variable a través del análisis de la varianza (ANOVA), se obtuvo el porcentaje de severidad medio de cada tercio de las hojas HE-1, HE y HE+1, de las cinco plantas que integran el bloque.

En cuanto a la variable tipo de infección medio, se utilizó la escala modificada por González *et al.* (2005), Carmona (2008) y se evaluó en las tres hojas HE-1, HE y HE+1 de cada planta. Para realizar el ANOVA se efectuó un promedio del valor de la variable obtenido de cada una de las hojas de las cinco plantas evaluadas del bloque.

El rendimiento (kg ha^{-1}) se obtuvo de cada parcela de los híbridos evaluados. Cada uno fue ajustado al porcentaje de humedad que poseía el testigo.

Análisis estadístico

Cada variable fue estudiada inicialmente mediante un enfoque univariado con un análisis de varianza jerárquico en un diseño en bloques completos al azar. Los factores para la variable severidad media (%) fueron híbrido, hojas de híbridos (HE-1, HE y HE+1) y tercio de hoja (ápice, medio y base), los cuales están anidados, mientras que para la variable tipo de reacción medio los factores fueron híbridos y hojas de híbridos. Los factores para ambas variables fueron considerados como efectos fijos. Las medias se compararon utilizando la prueba de DGC con un nivel de significación del 5%.

Los datos de las distintas variables fueron utilizados para estimar las correlaciones entre todos los caracteres utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Estos coeficientes de correlación permitieron describir la magnitud de la asociación lineal entre dos variables.

Posteriormente, las variables fueron analizadas con un enfoque multivariado como el análisis de componentes principales (Johnson, 2000). Este método de análisis permite hallar una representación gráfica o biplot de la variabilidad de los caracteres estandarizados, lo que facilita la interpretación del comportamiento de los híbridos respecto a las variables y la interrelación entre variables e híbridos, obtenida sobre la base del patrón total de los datos.

En el biplot, se grafican los híbridos como puntos y las variables como vectores desde el origen. La distancia entre híbridos y variables no tiene interpretación, pero las direcciones de los vectores desde el origen sí pueden ser interpretadas. Los híbridos que se grafican en una misma dirección que una variable tienen valores relativamente altos para esa

variable y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables, pueden ser interpretados en términos de las correlaciones entre variables. Un ángulo próximo a 90° indica que dos variables no se encuentran correlacionadas. Alejamientos de este valor tanto sea en valores menores como mayores a 90° implican correlaciones positivas o negativas, respectivamente. Es decir, un ángulo cercano a cero implica que ambas variables están fuertemente correlacionadas en forma positiva y un ángulo llano indica que dos variables muestran fuerte correlación negativa. Cuando las longitudes de los vectores son similares el gráfico sugiere contribuciones similares de cada variable a los componentes principales.

Los análisis univariados y multivariados fueron realizados con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Ensayo del establecimiento Santa Ana (Adelia María)

En el Cuadro 6 se encuentran los resultados de los análisis de varianza de las variables medidas en el ensayo realizado en Santa Ana, localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09. En el mismo se puede observar que para las variables severidad y tipo de reacción, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos ($p < 0,0001$), como también entre las hojas de cada híbrido ($p < 0,0001$ y $p = 0,0494$, respectivamente para cada variable). Mientras que entre los tercios de hoja se mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en la variable severidad media.

Cuadro 6. Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Adelia María, durante la campaña agrícola 2008/09.

F.V.	gl	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
		CM	Significancia	CM	Significancia
Bloque	1	0,10	n.s.	0,01	n.s.
Híbrido	17	5,15	***	0,47	***
Híbrido>Hoja	36	0,59	***	0,07	*
Híbrido>Hoja>Tercio	108	2,07	***		
Error	161	0,24		0,05	
Total	323				

CM= cuadrado medio.

***, * = diferencias estadísticas con $p < 0,0001$ y $p < 0,05$. n.s.= efecto no significativo.

El Cuadro 7 presenta la media del comportamiento de los 18 híbridos para las dos variables analizadas y el comportamiento individual de cada uno de los híbridos. La variabilidad presentada en severidad media está explicada en un 23,63% por los mismos y el tipo de reacción medio por un 61,00%.

En el análisis de la severidad media se presentaron 3 grupos estadísticamente diferentes y para tipo de reacción 4, según la prueba de DGC ($p \leq 0,05$). Los híbridos H 2740 MG e I 880 MG presentaron valores superiores al 1,5% de severidad, PANPex 168 MG entre 1 y 1,5% (1,15), mientras que los demás estuvieron por debajo del 1%. El híbrido P 2053 Y

fue el de mejor comportamiento (1,10), siendo I 880 MG el que presentó el mayor valor para tipo de reacción (2,37).

Cuadro 7. Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
P 2053 Y	0,04	A	1,10	A
P 1979 Y	0,10	A	1,37	B
NK 880 TD Max	0,10	A	1,43	B
AX 878 MG	0,10	A	1,43	B
AW 190 MG RR	0,16	A	1,73	C
AX 886 MG	0,17	A	1,68	C
AX 882 MG	0,18	A	1,87	C
LT 632 MG	0,17	A	1,70	C
AX 894 MG	0,18	A	1,83	C
NK 910 TD Max	0,24	A	1,83	C
SPS 2790 MG	0,32	A	1,83	C
KM 4911 TD Max	0,41	A	1,73	C
LT 622 MG	0,41	A	1,77	C
DK 747 MG RR	0,51	A	1,90	C
P2069Y	0,68	A	1,60	C
PANPex 168 MG	1,15	B	2,00	C
H 2740 MG	1,61	C	1,93	C
I 880 MG	1,87	C	2,37	D
Promedio	0,29		1,72	
PCALT	0,34		0,26	

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

En las variables severidad media y tipo de reacción medio se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los valores medios de las diferentes hojas analizadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas entre hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	Severidad media (%)						Tipo de reacción medio					
	HE-1		HE		HE+1		HE-1		HE		HE+1	
P 2053 Y	0,08	A	0,02	A	0,02	A	1,20	A	1,00	A	1,10	A
P 1979 Y	0,05	A	0,05	A	0,20	A	1,20	A	1,30	A	1,60	B
NK 880 TD Max	0,17	A	0,10	A	0,03	A	1,50	B	1,50	B	1,30	A
AX 878 MG	0,05	A	0,10	A	0,15	A	1,40	A	1,30	A	1,60	B
AW 190 MG RR	0,12	A	0,15	A	0,22	A	1,60	B	1,70	B	1,90	B
AX 886 MG	0,20	A	0,18	A	0,15	A	1,78	B	1,58	B	1,68	B
AX 882 MG	0,10	A	0,25	A	0,18	A	1,60	B	2,00	B	2,00	B
LT 632 MG	0,08	A	0,17	A	0,25	A	1,40	A	1,70	B	2,00	B
AX 894 MG	0,18	A	0,18	A	0,17	A	1,80	B	1,90	B	1,80	B
NK 910 TD Max	0,23	A	0,27	A	0,23	A	1,90	B	1,80	B	1,80	B
SPS 2790 MG	0,17	A	0,40	A	0,40	A	1,70	B	2,00	B	1,80	B
KM 4911 TD Max	0,32	A	0,40	A	0,52	A	1,70	B	1,80	B	1,70	B
LT 622 MG	0,33	A	0,40	A	0,50	A	2,00	B	1,60	B	1,70	B
DK 747 MG RR	0,33	A	0,63	A	0,55	A	1,70	B	2,00	B	2,00	B
P 2069 Y	0,48	A	0,81	B	0,74	B	1,80	B	1,00	A	2,00	B
PANPex 168 MG	0,80	B	1,27	B	1,38	B	2,00	B	2,00	B	2,00	B
H 2740 MG	0,92	B	1,57	B	2,33	C	1,90	B	1,90	B	2,00	B
I 880 MG	1,20	B	1,35	B	3,05	D	2,30	C	2,50	C	2,30	C
Promedio	0,32		0,46		0,62		1,69		1,70		1,79	

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

HE-1= Hoja inferior a la espiga; HE= Hoja de la espiga; HE+1= Hoja superior a la espiga.

La variabilidad presentada en severidad media está explicada en un 5,75% por las hojas dentro de los híbridos y en tipo de reacción por un 20,54%. En severidad media los tres híbridos que presentaron diferencias entre hojas fueron P 2069 Y, H 2740 MG e I 880 MG, difiriendo en P 2069 Y, He-1 de He+1 y He y en H 2740 MG y I 880MG, He-1 y He de He+1. Para la variable tipo de reacción medio los cinco híbridos que presentaron diferencias

entre hojas fueron P 2069 Y, P 1979 Y, NK 880 TD Max, AX 878 MG y LT 632 MG. En el híbrido P 2069 Y He difirió de He-1 y He+1, en los híbridos P 1979 Y, NK 880 TD Max y AX 878 MG He-1 y He difirieron de He+1 y en el híbrido LT 632 MG He-1 fue diferente estadísticamente que He y He+1. En ambas variables la hoja HE-1 presentó los menores valores, contrariamente, HE+1 es donde se encontraron los valores más altos.

En los tercios (A, M y B) de las hojas analizadas (HE-1, HE, HE+1) de los híbridos evaluados se detectaron diferencias estadísticamente significativas para la variable severidad media (Cuadro 6). La variabilidad presentada en la variable está explicada en un 60,25% por los tercios de las hojas de los híbridos.

En la severidad media, la hoja HE-1 presentó menos diferencias significativas entre los tercios de los híbridos analizados, contrariamente, HE+1 es donde se encontraron las mayores variabilidades. En el análisis por tercios, el basal presentó los mayores valores de severidad media, independientemente de la hoja consideradas (HE-1, HE y HE+1), mientras que el ápice tuvo los valores más bajos.

En los híbridos KM 4911 TD Max y SPS 2790 MG los tercios A y M presentaron diferencia estadísticamente significativa respecto al de B en las hojas HE y HE+1, y en los materiales LT 622 MG, DK 747 MG RR, P 2069 Y, PANPex 168 MG, H 2740 MG e I 880 MG, el tercio de la hoja B difirió de A y M en las tres hojas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Severidad media (%) de roya de maíz encontrada en los tercios de las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	HE-1			HE			HE+1		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
P 2053 Y	0,15 D	0,00 D	0,10 D	0,00 D	0,00 D	0,05 D	0,00 D	0,00 D	0,05 D
P 1979 Y	0,00 D	0,00 D	0,15 D	0,00 D	0,00 D	0,15 D	0,00 D	0,15 D	0,45 D
NK 880 TD Max	0,00 D	0,00 D	0,50 D	0,00 D	0,00 D	0,30 D	0,00 D	0,00 D	0,10 D
AX 878 MG	0,00 D	0,00 D	0,15 D	0,00 D	0,05 D	0,25 D	0,00 D	0,00 D	0,45 D
AW 190 MG RR	0,00 D	0,05 D	0,30 D	0,00 D	0,05 D	0,40 D	0,05 D	0,05 D	0,55 D
AX 886 MG	0,00 D	0,00 D	0,59 D	0,00 D	0,07 D	0,47 D	0,00 D	0,00 D	0,45 D
AX 882 MG	0,00 D	0,00 D	0,30 D	0,00 D	0,10 D	0,65 D	0,00 D	0,10 D	0,45 D
LT 632 MG	0,00 D	0,05 D	0,20 D	0,00 D	0,05 D	0,45 D	0,00 D	0,05 D	0,70 D
AX 894 MG	0,00 D	0,00 D	0,55 D	0,00 D	0,00 D	0,55 D	0,00 D	0,00 D	0,50 D
NK 910 TD Max	0,00 D	0,10 D	0,60 D	0,00 D	0,30 D	0,50 D	0,00 D	0,00 D	0,70 D
SPS 2790 MG	0,00 D	0,05 D	0,45 D	0,00 D	0,15 D	1,05 C	0,00 D	0,00 D	1,20 C
KM 4911 TD Max	0,00 D	0,25 D	0,70 D	0,00 D	0,30 D	0,90 C	0,00 D	0,00 D	1,55 C
LT 622 MG	0,00 D	0,15 D	0,85 C	0,00 D	0,25 D	0,95 C	0,00 D	0,20 D	1,30 C
DK 747 MG RR	0,00 D	0,10 D	0,90 C	0,00 D	0,25 D	1,65 C	0,00 D	0,15 D	1,50 C
P 2069 Y	0,00 D	0,35 D	1,08 C	0,24 D	0,12 D	2,08 C	0,00 D	0,43 D	1,80 C
PANPex 168 MG	0,05 D	0,40 D	1,95 C	0,00 D	0,70 D	3,10 B	0,00 D	0,65 D	3,50 B
H 2740 MG	0,00 D	0,55 D	2,20 C	0,00 D	0,60 D	4,10 B	0,05 D	0,55 D	6,40 A
I 880 MG	0,00 D	0,50 D	3,10 B	0,00 D	0,65 D	3,40 B	0,00 D	1,70 C	7,45 A
Promedio	0,01	0,14	0,82	0,01	0,20	1,17	0,01	0,22	1,62

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

HE-1= Hoja inferior a la espiga; HE= Hoja de la espiga; HE+1= Hoja superior a la espiga; A= Ápice; M= Medio; B= Base.

La matriz de correlación entre cada par de características se presenta en el Cuadro 10, donde se observa que 2 coeficientes fueron significativos ($p < 0,05$). Las correlaciones entre severidad media y tipo de reacción medio fue positiva y alta. Las correlación negativa estuvo dada por tipo de reacción y rendimiento, indicando que a mayor tipo de reacción,

menor rendimiento. La asociación entre severidad media y rendimiento fue negativa pero no significativa, lo que puede indicar independencia entre las variables o una relación no lineal.

Cuadro 10. Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09.

	Severidad media (%)		Rendimiento (kg ha ⁻¹)		Tipo de reacción medio
Severidad media (%)	1,00				
Rendimiento	-0,37	n.s.	1,00		
Tipo de reacción medio	0,72	***	-0,59	*	1,00

***,* = diferencias estadísticas con $p < 0,01$ y $p < 0,0001$; n.s.= efecto no significativo.

En la Figura 5 se presenta el gráfico del análisis de componentes principales (CP) con las dos variables analizadas y el rendimiento. Entre los dos primeros CP explicaron el 92,3% de la variabilidad total. Las variables que más contribuyen a la CP1 en forma positiva fueron las variables severidad media y tipo de reacción medio. Mientras que rendimiento fue la variable que más contribuyó en forma negativa. En la Figura 5 también puede observarse el grado de asociación entre las variables que está determinada por la separación angular que forman sus proyecciones. De acuerdo con la separación angular, la mayor asociación positiva está dada entre las variables severidad media y tipo de reacción medio. La variable severidad media no presenta asociación con el rendimiento diferenciándose del tipo de reacción, la cual si la presenta, indicando que cuando aumentan los valores de esta variable disminuye el rendimiento. En cuanto a los híbridos evaluados podemos decir que I 880 MG, H 2740 MG y PANPex 168 MG presentaron los mayores valores para las variables severidad media y tipo de reacción medio. Los híbridos P 2053 Y, P 2069 Y, P 1979 Y y DK 747 MG RR presentaron los mayores valores de rendimiento, mientras que I 880 MG, AX 894 MG y SPS 2709 MG fueron los de menor rendimiento.

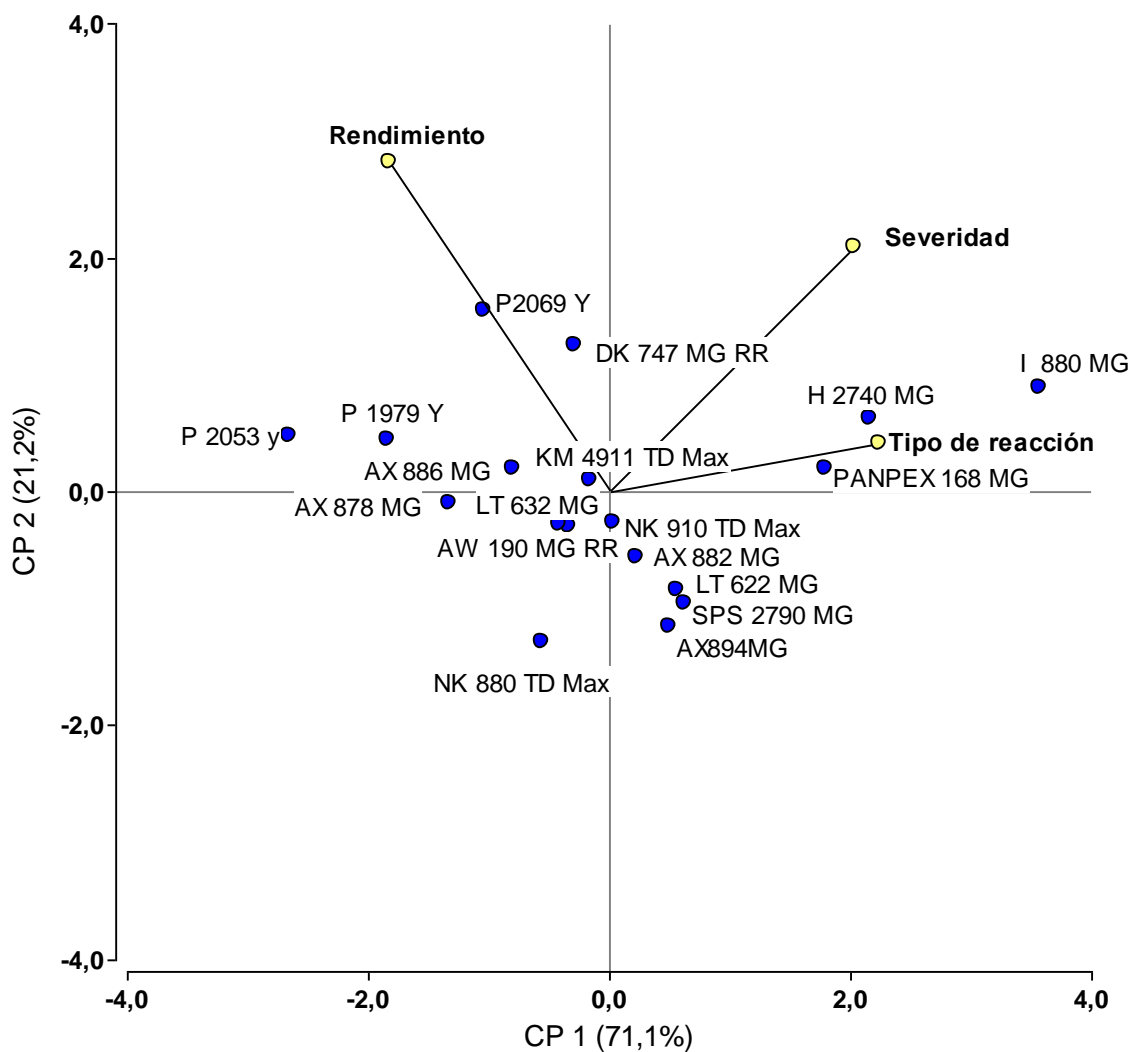


Figura 5. Análisis de los componentes principales de los caracteres rendimiento, severidad media, tipo de reacción medio y de los 18 híbridos evaluados en la localidad de Adelia María, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Ensayo del establecimiento La Perdiz (Olaeta)

En el Cuadro 11 se encuentran los resultados de los análisis de varianza de las variables medidas en el ensayo realizado en La Perdiz, localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09. Ya sea para la variable de severidad media como para tipo de reacción medio hubo diferencias estadísticamente significativas entre híbridos ($p < 0,0001$) y entre hojas dentro de los híbridos ($p < 0,05$). Entre los tercios de hoja se mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en la variable severidad media.

Cuadro 11. Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables, severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09.

F.V.	gl	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
		CM	Significancia	CM	Significancia
Bloque	1	0,01	n.s.	0,00	n.s.
Híbrido	18	3,78	***	0,22	***
Híbrido>Hoja	38	0,31	**	0,03	*
Híbrido>Hoja>Tercio	114	0,59	***		
Error	170	0,14		0,01	
Total	341				

CM= cuadrado medio.

***, **, * = diferencias estadísticas con $p < 0,0001$, $p < 0,001$ y $p < 0,05$. n.s.= efecto no significativo.

La media del comportamiento de los 19 híbridos evaluados para las variables analizadas y el comportamiento individual de cada uno de los híbridos se presenta en el Cuadro 12. La variabilidad en severidad media es explicada en un 39,73% por los híbridos y en tipo de reacción por un 69,04%.

En ambas variables se pudieron distinguir grupos estadísticamente diferentes según la prueba de DGC ($p \leq 0,05$), en severidad media se diferenciaron 5 grupos y en el tipo de reacción medio, 3 grupos. El híbrido que presentó el mejor comportamiento frente a roya (*P. sorghi*) fue P 2069 Y, mientras que 2740 MG fue el más susceptible a la enfermedad, seguido por I 880 MG que presenta igual valor para el tipo de reacción medio, pero menor para severidad media.

Cuadro 12. Severidad media y tipo de reacción medio a roya, encontradas en los híbridos de maíz evaluados en la localidad de Olaeta, campaña 2008/09.

Híbrido	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
P 2069 Y	0,07	A	1,40	A
KM 4911 TD Max	0,27	B	1,93	B
AX 886 MG	0,28	B	1,93	B
P 1979 Y	0,31	B	1,93	B
AX 882 MG CL	0,34	B	1,97	B
AX 878 MG	0,37	B	2,00	B
NK 910 TD Max	0,39	B	1,93	B
AX 894	0,42	B	2,00	B
LT 632 MG	0,43	B	2,00	B
DK 190 RR	0,63	B	1,97	B
P 2053 Y	0,51	B	2,00	B
DK 747 MG RR2	0,49	B	2,00	B
PANPEX 168 MG	0,52	B	2,03	B
LT 622 MG RR2	0,56	B	2,00	B
H 2741 MG	0,78	C	2,07	B
NK 880 TD Max	0,86	C	2,13	B
I 880 MG	1,23	D	2,40	C
AD 60 AY	1,16	D	2,17	B
H 2740 MG	2,07	E	2,27	C
Promedio	0,61		2,01	
PCALT	0,2634		0,1483	

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

En las hojas (HE-1, HE y HE+1) de los híbridos evaluados se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para las dos variables analizadas. La variabilidad en severidad media es explicada en un 6,91% por las hojas dentro de híbridos y en tipo de reacción por un 17,22%.

En la variable severidad media los tres híbridos que presentaron diferencias entre hojas fueron H 2740 MG, NK 880 TD Max y H 2741 MG en HE-1 de HE y HE+1. Para la variable tipo de reacción medio los cuatro híbridos que presentaron diferencias significativas entre hojas fueron NK 880 TD Max, I 880 MG, AD 60 AY y H 2740 MG. En I 880 MG HE

difirió de HE-1 y HE+1, en NK 880 TD Max difirió HE+1 de HE-1 y HE en los demás híbridos HE-1 difirió de HE y HE+1 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	Severidad media (%)						Tipo de reacción medio					
	HE-1		HE		HE+1		HE-1		HE		HE+1	
P 2069 Y	0,10	A	0,07	A	0,05	A	1,50	A	1,40	A	1,30	A
KM 4911 TD Max	0,23	A	0,23	A	0,35	A	1,90	B	1,90	B	2,00	B
AX 886 MG	0,32	A	0,27	A	0,27	A	2,00	B	1,90	B	1,90	B
P 1979 Y	0,25	A	0,30	A	0,37	A	1,90	B	1,90	B	2,00	B
AX 882 MG CL	0,42	A	0,30	A	0,32	A	2,00	B	1,90	B	2,00	B
AX 878 MG	0,28	A	0,40	A	0,42	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
NK 910 TD Max	0,42	A	0,37	A	0,40	A	2,00	B	2,00	B	1,80	B
AX 894	0,40	A	0,47	A	0,40	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
LT 632 MG	0,35	A	0,45	A	0,48	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
DK 190 RR	0,62	A	0,62	A	0,65	A	1,90	B	2,00	B	2,00	B
P 2053 Y	0,40	A	0,55	A	0,57	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
DK 747 MG RR2	0,38	A	0,55	A	0,55	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
PANPEX 168 MG	0,40	A	0,55	A	0,60	A	2,00	B	2,00	B	2,10	B
LT 622 MG RR2	0,58	A	0,57	A	0,52	A	2,00	B	2,00	B	2,00	B
H 2741 MG	0,52	A	0,95	B	0,87	B	2,10	B	2,10	B	2,00	B
NK 880 TD Max	0,60	A	1,20	B	0,77	B	2,00	B	2,10	B	2,30	C
I 880 MG	0,97	B	1,28	B	1,45	B	2,10	B	2,40	C	2,70	D
AD 60 AY	1,03	B	1,23	B	1,20	B	2,00	B	2,30	C	2,20	C
H 2740 MG	1,25	B	2,02	C	2,93	C	2,00	B	2,30	C	2,50	C
Promedio	0,50		0,65		0,69		1,97		2,01		2,04	

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

HE-1= Hoja inferior a la espiga; HE= Hoja de la espiga; HE+1= Hoja superior a la espiga.

En los tercios (Ápice, Medio y Base) de las hojas (HE-1, HE, HE+1) de los híbridos evaluados se detectaron diferencias estadísticamente significativas para la variable severidad media (Cuadro 11). La variabilidad presentada en ésta variable está explicada en un 39,40% por los tercios de las hojas de los híbridos.

En la variable severidad media, la hoja HE-1 presentó menos diferencias significativas entre tercios de híbridos, contrariamente, HE+1 es donde se encontraron las mayores discrepancias. En cuanto a los tercios, B presentó los mayores valores en ambas variables, independientemente de la hoja, mientras que A tuvo los valores más bajos (Cuadro 14).

En los híbridos DK 190 RR, NK 880 TD Max y I 880 MG el tercio de la hoja B fue distinto que A y M en las tres hojas, en H 2741 MG, B difirió de A y M en HE y A de M y B en HE+1, en AD 60 AY el tercio M fue diferente de A y B en HE-1 y HE, mientras que en HE+1 B mostró diferencias significativas de A y M y, en el híbrido H 2740 MG, en HE-1, B difirió de A y M, y en HE y HE+1 todos los tercios fueron diferentes significativamente.

En el Cuadro 15 se presenta la matriz de correlación entre cada par de características donde se observa que un coeficiente fue significativo ($p < 0,0001$). La correlación positiva fue dada para severidad media con tipo de reacción medio. La asociación entre estas dos variables y el rendimiento tomaron valores próximos a 0, lo que puede indicar independencia entre las variables o una relación no lineal.

En la Figura 6 se presenta el gráfico del análisis de componentes principales (CP) con las dos variables relacionadas con la enfermedad y el rendimiento. Entre los dos primeros CP explicaron el 92,0% de la variabilidad total. Las variables que más contribuyen a la CP1 en forma positiva fueron las variables severidad media y tipo de reacción medio, mientras que rendimiento fue la variable que más contribuyó en forma negativa. En la Figura 6 también puede observarse el grado de asociación entre las variables que está determinada por la separación angular que forman sus proyecciones. De acuerdo con la separación angular, la mayor asociación positiva está dada entre las variables severidad media y tipo de reacción medio. Estas variables no presentan una asociación negativa con el rendimiento. Para las variables severidad media y tipo de reacción medio fueron los híbridos H 2740 MG, I 880 MG y AD 60 AY los que presentaron los mayores valores. Mientras que los materiales P 2053 Y, P 2069 Y y PANPEX 168 MG presentaron los mayores valores de rinde.

Cuadro 14. Severidad media (%) de roya de maíz encontrada en los tercios de las hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	HE-1			HE			HE+1		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
P 2069 Y	0,00 D	0,25 D	0,05 D	0,05 D	0,05 D	0,10 D	0,00 D	0,00 D	0,15 D
KM 4911 TD Max	0,05 D	0,15 D	0,50 D	0,05 D	0,20 D	0,45 D	0,00 D	0,30 D	0,75 D
AX 886 MG	0,10 D	0,20 D	0,65 D	0,05 D	0,30 D	0,45 D	0,00 D	0,10 D	0,70 D
P 1979 Y	0,25 D	0,35 D	0,15 D	0,30 D	0,15 D	0,45 D	0,20 D	0,25 D	0,65 D
AX 882 MG CL	0,35 D	0,35 D	0,55 D	0,15 D	0,20 D	0,55 D	0,00 D	0,35 D	0,60 D
AX 878 MG	0,10 D	0,25 D	0,50 D	0,15 D	0,55 D	0,50 D	0,20 D	0,35 D	0,70 D
NK 910 TD Max	0,15 D	0,15 D	0,95 D	0,15 D	0,25 D	0,70 D	0,15 D	0,40 D	0,65 D
AX 894	0,25 D	0,25 D	0,70 D	0,20 D	0,40 D	0,80 D	0,15 D	0,15 D	0,90 D
LT 632 MG	0,10 D	0,35 D	0,60 D	0,25 D	0,40 D	0,70 D	0,15 D	0,30 D	1,00 D
DK 190 RR	0,15 D	0,55 D	1,15 C	0,00 D	0,65 D	1,20 C	0,00 D	0,15 D	1,80 C
P 2053 Y	0,45 D	0,15 D	0,60 D	0,45 D	0,20 D	0,90 D	0,45 D	0,15 D	0,85 D
DK 747 MG RR2	0,10 D	0,35 D	0,70 D	0,25 D	0,55 D	0,85 D	0,20 D	0,55 D	0,90 D
PANPEX 168 MG	0,30 D	0,20 D	0,70 D	0,50 D	0,40 D	0,75 D	0,45 D	0,55 D	0,80 D
LT 622 MG RR2	0,60 D	0,60 D	0,55 D	0,55 D	0,35 D	0,80 D	0,40 D	0,30 D	0,85 D
H 2741 MG	0,30 D	0,50 D	0,75 D	0,70 D	0,55 D	1,60 C	0,10 D	1,20 C	1,30 C
NK 880 TD Max	0,15 D	0,45 D	1,20 C	0,60 D	0,70 D	2,30 B	0,50 D	0,45 D	1,35 C
I 880 MG	0,30 D	0,65 D	1,95 C	0,75 D	0,65 D	2,45 B	0,30 D	1,10 C	3,00 B
AD 60 AY	1,20 C	0,65 D	1,25 C	1,10 C	0,95 D	1,65 C	0,75 D	0,65 D	2,20 B
H 2740 MG	0,80 D	0,60 D	2,35 B	1,10 C	0,90 D	4,05 A	1,65 C	3,10 B	4,05 A
Promedio	0,30	0,37	0,83	0,39	0,44	1,12	0,30	0,55	1,22

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

HE-1= Hoja inferior a la espiga; HE= Hoja de la espiga; HE+1= Hoja superior a la espiga; A= Ápice; M= Medio; B= Base.

Cuadro 15. Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09.

	Severidad media (%)		Rendimiento (kg ha ⁻¹)		Tipo de reacción medio
Severidad media (%)	1,00				
Rendimiento	-0,19	n.s.	1,00		
Tipo de reacción medio	0,75	***	-0,30	n.s.	1,00

*** = diferencias estadísticas con $p < 0,0001$; n.s. = efecto no significativo.

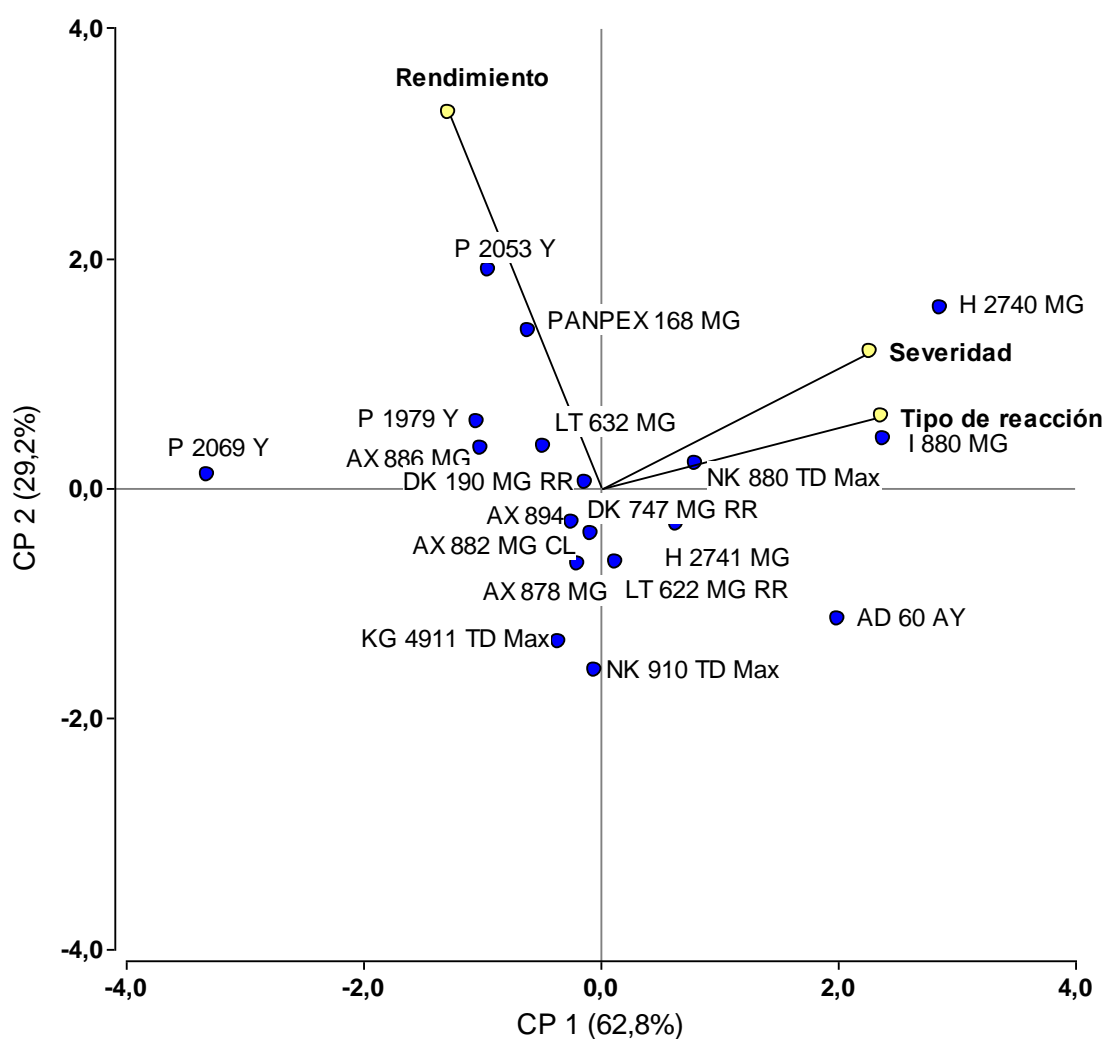


Figura 6. Análisis de los componentes principales de los caracteres rendimiento, severidad media, tipo de reacción medio y de los 19 híbridos de maíz evaluados en la localidad de Olaeta, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Ensayo del establecimiento Los Alfalfares (Vicuña Mackenna)

En el Cuadro 16 se encuentran los resultados de los análisis de varianza de las variables medidas en la evaluación realizada en Los Alfalfares, localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09. Para las variables severidad y tipo de reacción se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los híbridos evaluados, contrariamente no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las hojas de un mismo híbrido ($p = 0,5590$ y $p = 0,0876$, respectivamente). En la variable severidad se mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) entre los tercios de hoja.

Cuadro 16. Cuadrados medios y significancia encontrada en el análisis de varianza de las variables, severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, evaluadas en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09.

F.V.	gl	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
		CM	Significancia	CM	Significancia
Bloque	1	6,23	n.s.	0,003	n.s.
Híbrido	9	51,80	***	0,18	*
Híbrido>Hoja	20	4,81	n.s.	0,09	n.s.
Híbrido>Hoja>Tercio	60	15,78	***		
Error	89	5,20		0,05	
Total	179				

CM= cuadrado medio.

***, * = diferencias estadísticas con $p < 0,0001$ y $p < 0,05$. n.s.= efecto no significativo.

El Cuadro 17 presenta la media del comportamiento de los 10 híbridos evaluados para las dos variables analizadas y el comportamiento individual de los mismos. La variabilidad presentada en severidad media está explicada en un 23,56% por los híbridos y el tipo de reacción medio por un 32,92%.

Para las variables severidad media y tipo de reacción medio se presentaron 2 grupos estadísticamente diferentes, según la prueba de DGC ($p \leq 0,05$). En ambas variables un grupo está constituido por el híbrido DK 700 MG, el cual presentó el mayor valor, mientras que el resto de los materiales genéticos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, formando el otro grupo.

Cuadro 17. Severidad media y tipo de reacción medio a roya de maíz, encontradas en los híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	Severidad media (%)		Tipo de reacción medio	
AX 852 HX	0,54	A	2,07	A
LT 618 MG	0,69	A	1,97	A
LT 622 MG	0,84	A	2,20	A
DK 699 MG	0,92	A	2,00	A
AX 852 MG	0,93	A	2,27	A
P 1979 Y	1,59	A	1,93	A
DK 670 MG	1,23	A	2,13	A
NK 880 TD Max	1,82	A	2,10	A
P 31 Y 04	2,28	A	2,27	A
DK 700 MG	6,28	B	2,50	B
Promedio	1,71		2,14	
PCALT	2,04		0,28	

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

En los tercios ápice, medio y base de la hoja de la espiga (HE), la superior de la misma (HE+1) y la inferior de ésta (HE-1), los híbridos evaluados presentaron diferencias estadísticamente significativas para la variable severidad media (Cuadro 16). La variabilidad presentada en severidad media está explicada en un 47,85% por los tercios de las hojas de los híbridos.

En la variable analizada, la hoja HE-1 presentó menos diferencias significativas entre tercios de híbridos, contrariamente, HE+1 es donde se encontraron las mayores variabilidades. En cuanto a los tercios, B presentó los mayores valores, independientemente de la hoja, mientras que A tuvo los valores más bajos (Cuadro 18).

En cuanto a materiales genéticos, en HE-1 en el híbrido DK 700 MG difirieron los tercios A y M de B. En HE los tercios A y M fueron diferentes a B en los híbridos NK 880 TD Max, P 31 Y 04, DK 700 MG y P 1979 Y. Lo mismo sucedió en HE+1 para P 1979 Y, DK 670 MG, 880 TD Max y en P 31 Y 04, mientras que para DK 700 MG difirieron los tres tercios.

Cuadro 18. Severidad media (%) de roya de maíz encontrada entre tercios de hojas de los híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09.

Híbrido	HE-1			HE			HE+1		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
AX 852 HX	0,10 A	0,45 A	0,75 A	0,05 A	0,80 A	0,65 A	0,25 A	0,45 A	1,35 A
LT 618 MG	0,05 A	0,50 A	0,95 A	0,00 A	0,20 A	2,40 A	0,15 A	0,95 A	1,00 A
LT 622 MG	0,15 A	0,60 A	1,85 A	0,20 A	0,70 A	2,05 A	0,15 A	0,80 A	1,10 A
DK 699 MG	0,25 A	0,30 A	1,70 A	0,10 A	0,75 A	2,05 A	0,20 A	0,80 A	2,10 A
AX 852 MG	0,40 A	0,60 A	0,90 A	0,40 A	1,25 A	0,75 A	1,25 A	0,45 A	2,40 A
P 1979 Y	0,25 A	0,70 A	1,80 A	0,25 A	0,45 A	3,80 B	0,00 A	1,80 A	5,25 B
DK 670 MG	0,35 A	0,55 A	0,60 A	0,85 A	0,55 A	1,75 A	0,45 A	0,50 A	5,45 B
NK 880 TD Max	0,65 A	1,25 A	2,20 A	0,35 A	0,45 A	5,25 B	0,25 A	0,75 A	5,25 B
P 31 Y 04	0,40 A	0,50 A	1,85 A	0,45 A	0,40 A	5,20 B	0,60 A	1,65 A	9,50 B
DK 700 MG	1,20 A	1,85 A	9,80 B	1,00 A	1,85 A	15,85 C	1,20 A	6,50 B	17,30 C
Promedio	0,38	0,73	2,24	0,37	0,74	3,98	0,45	1,47	5,07

Diferentes letras en columnas indican diferencias significativas para la prueba de DGC ($p \leq 0,05$).

HE-1 = Hoja inferior a la espiga; HE = Hoja de la espiga; HE+1 = Hoja superior a la espiga; A = Ápice; M = Medio; B = Base.

La matriz de correlación entre cada par de características se presenta en el Cuadro 19 donde se observa que un coeficiente fue significativo ($p < 0,01$). La correlación positiva fue dada para severidad media con tipo de reacción medio. La asociación entre estas dos variables y el rendimiento tomaron valores próximos a 0, lo que puede indicar independencia entre las variables o una relación no lineal.

Cuadro 19. Correlación entre las variables evaluadas en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09.

	Severidad media (%)		Rendimiento (kg ha ⁻¹)		Tipo de reacción
Severidad media (%)	1,00				
Rendimiento	-0,37	n.s.	1,00		
Tipo de reacción medio	0,75	**	-0,29	n.s.	1,00

** = diferencias estadísticas con $p < 0,01$; n.s. = efecto no significativo.

En la Figura 7 se presenta el gráfico del análisis de componentes principales (CP) con las dos variables analizadas y el rendimiento. Entre los dos primeros CP explicaron el 91,8% de la variabilidad total. Las variables que más contribuyen a la CP1 en forma positiva fueron las variables severidad media y tipo de reacción medio. Mientras que rendimiento fue la variable que más contribuyó en forma negativa.

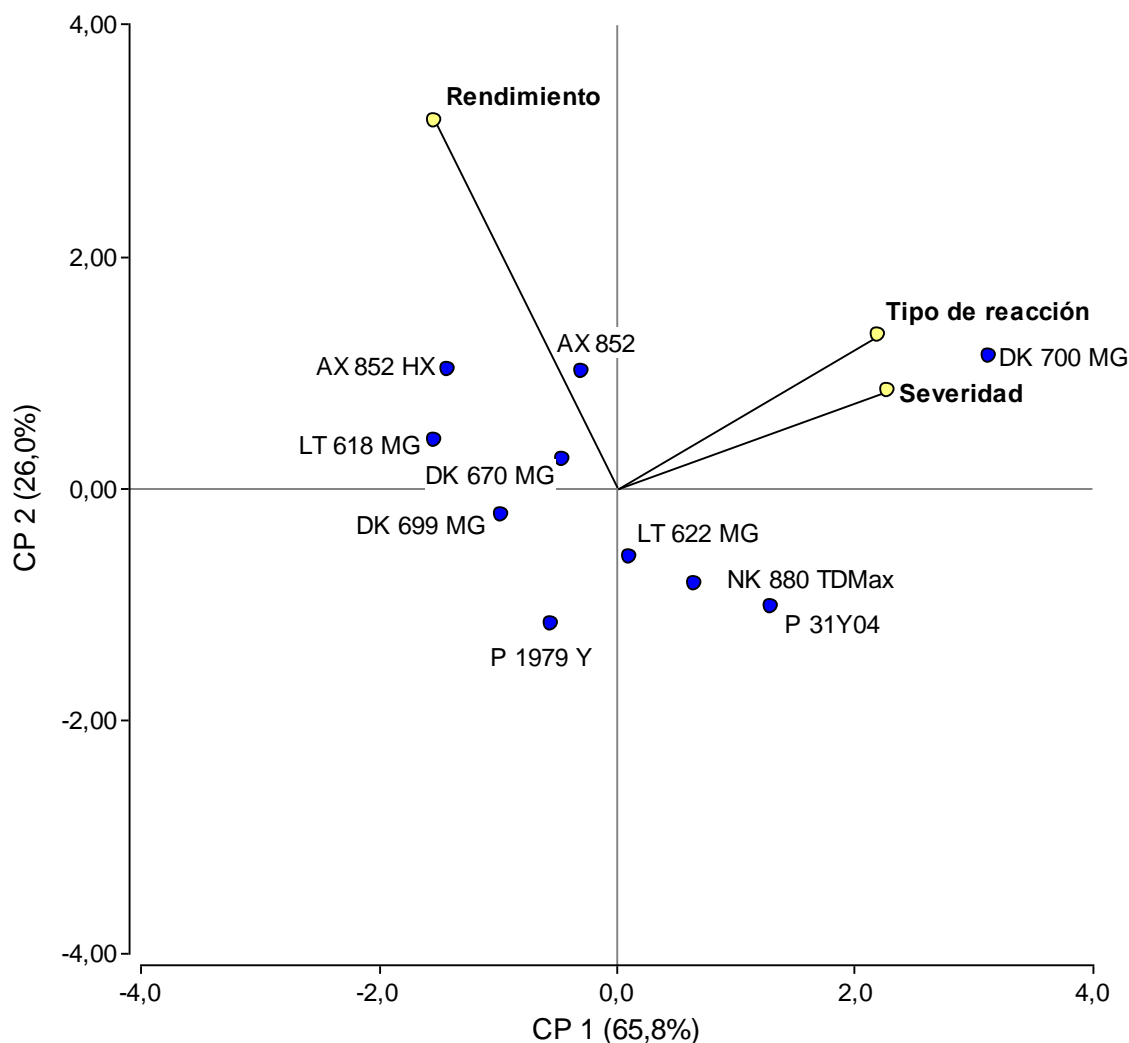


Figura 7. Análisis de los componentes principales de los componentes rendimiento, severidad media, tipo de reacción media y de los 10 híbridos evaluados en la localidad de Vicuña Mackenna, durante el ciclo agrícola 2008/09.

En la Figura 7 también puede observarse el grado de asociación entre las variables que está determinada por la separación angular que forman sus proyecciones. De acuerdo con la separación angular, la mayor asociación positiva está dada entre las variables severidad media y tipo de reacción medio. Entre estas variables y rendimiento no existe alguna asociación. En cuanto a los híbridos evaluados podemos decir que el grupo formado

por híbridos DK 700 MG, P 31 Y 04 y NK 880 TD Max presentaron los valores mayores para las variables severidad media y tipo de reacción medio y los menores valores de rendimiento. Mientras que los híbridos AX 852 HX, AX 852 y LT 618 MG fueron los que presentaron los mayores rendimientos.

DISCUSIÓN

Las condiciones ambientales, el nivel de patógeno presente y los híbridos evaluados determinaron una situación epidémica para el ciclo agrícola 2008/09 que podría determinarse como muy baja en los establecimientos de fecha de siembra temprana (Santa Ana, Adelia María y La Perdiz, Olaeta) y baja en el establecimiento Los Alfalfares de la localidad de Vicuña Mackenna, donde la fecha de siembra fue tardía.

En las tres evaluaciones se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre híbridos, contrariamente a lo indicado por Gordón Mendoza *et al.* (2006) durante el ciclo agrícola 2004/05. El porcentaje de severidad media del área foliar afectada en los híbridos fue 0,29% en el establecimiento Santa Ana, 0,61% en La Perdiz y 1,71% en Los Alfalfares, mientras que el tipo de reacción medio fue similar en los tres establecimientos, siendo de 1,72, 2,01 y 2,14 respectivamente. Estos resultados concuerdan con los informes de González *et al.* (2009) para distintas localidades de Santa Fe y con Ferraris y Couretot (2010) para Colón, provincia de Buenos Aires, quienes encontraron bajos niveles de enfermedad y similar tipo de reacción para este mismo ciclo agrícola.

De los cultivares evaluados se hallaron trazas de la enfermedad (<1% de severidad media) en el 83% de los híbridos en Santa Ana, 89% en La Perdiz y el 50% en Los Alfalfares, prevaleciendo en todos los casos el tipo 2 de reacción.

En el establecimiento Santa Ana, el material I 880 MG fue el más susceptible a *P. sorghi*, seguido por H 2740 MG y luego por PANPex 168 MG, comportándose los restantes de manera similar. En La Perdiz fue H 2740 MG el que se presentó más afectado por la enfermedad, seguido de I 880 MG y AD 60 AY. Mientras que en el ensayo de segunda fecha de siembra, fue DK 700 MG el que presentó la mayor susceptibilidad a la enfermedad, los demás híbridos presentaron un comportamiento similar frente a *Puccinia sorghi*.

Estas evaluaciones muestran una variedad de cultivares con un buen comportamiento ante niveles bajos de roya común del maíz, dado a que la mayoría de estos mismos híbridos presentaron valores elevados de severidad (mayores al 12%) en las localidades de Venado Tuerto y Carcarañá para el mismo ciclo agrícola (Gonzalez *et al.*, 2009). No se hallaron trabajos científicos donde se hayan evaluado la enfermedad en las hojas de híbridos como se efectuó en el presente estudio, sin embargo en los establecimientos de fecha de siembra de primera se encontraron diferencias significativas para ambas variables, incrementándose los valores de las mismas a medida que se asciende en el estrato de la planta ($HE-1 < HE < HE+1$). Esto puede explicarse por la resistencia horizontal

o general la cual se incrementa en hojas maduras comparada con las hojas juveniles, lo cual se manifiesta a través de la severidad de las hojas ya que esta no incrementan en la hoja con el avance del ciclo del cultivo, sino que la evolución de la enfermedad se manifiesta a través de infecciones en nuevas hojas.

Situación similar sucede con la evaluación de los tercios de las hojas, donde si bien no se cuenta con informes de evaluación previos, para la variable medida, severidad media, se encontraron diferencias estadísticamente significativa para los tres establecimientos, presentándose los mayores valores en el tercio de la base de todas las hojas evaluadas y los menores en el ápice, situación que se debe a que el desarrollo de la enfermedad se favorece con largos períodos de follaje mojado (de Souza, 2007), dado a que el proceso de germinación de las esporas se inicia con la hidratación y aumento del volumen de la espora (Rivera Ramírez y Escobar, 2009) y es precisamente en la base de la hoja donde permanece por más tiempo la película de agua por la estructura de las hojas del cultivo que son erectófilas.

Las correlaciones entre los dos caracteres relacionados a la enfermedad fueron significativas y positivas, indicando que a medida que se incrementa el valor de porcentaje de severidad, también lo hace el de tipo de reacción. Situación similar se presentan en los informes de Gordón Mendoza *et al.* (2006) en Azurero, Panamá y Ferraris y Couretot (2010) en Colón, Buenos Aires, donde niveles bajos de porcentaje de severidad coincidieron con bajos valores de tipo de reacción, mientras que en los trabajos de González *et al.* (2005) en localidades de Santa Fe y González (2005) en la zona maicera núcleo, ambas variables presentaron valores elevados. Sin embargo en los informes de González *et al.* (2009) en localidades de Santa Fe y Presello *et al.* (2007) en Pergamino, los niveles de porcentaje de severidad fueron bajos, mientras que los de tipo de reacción fueron altos. Las correlaciones entre el rendimiento y el comportamiento a roya común del maíz en los materiales evaluados no fueron importantes en ninguno de los establecimientos, debido a que la severidad manifestada en las principales hojas contribuyentes al rendimiento no superó el 3%, lo que coincide con los resultados mostrados por Presello *et al.* (2007) quienes no encontraron correlaciones importantes entre los dos grupos de caracteres. En el establecimiento Santa Ana, localidad de Adelia María, se mostró una correlación negativa entre la variable tipo de reacción y rendimiento, lo que manifiesta que mientras menor es el grado de susceptibilidad del híbrido, evaluado a través del tipo de reacción, independientemente del grado de severidad de la enfermedad, mayor es el rendimiento.

CONCLUSIONES

Los niveles de porcentaje de severidad y tipo de reacción fueron muy bajos en los establecimientos de primera fecha de siembra y bajos en el de segunda. Lo que sugiere que para el ciclo agrícola 2008/09 la enfermedad de roya común en maíz no se presentó en intensidades suficientes para ser una limitante para el cultivo, habiendo un evidente efecto desfavorable del ambiente en éstas localidades, atribuidas principalmente a la situación de estrés presente en dicho ciclo agrícola.

Los resultados de las evaluaciones permitieron identificar y agrupar híbridos por su comportamiento frente al patógeno, aunque en general, los materiales genéticos presentes en el mercado poseen un buen comportamiento a roya común del maíz frente a bajos o muy bajos niveles de severidad.

Dado las características del agente causal de la enfermedad, *P. sorghi*, es de gran importancia la elección de híbridos con buen comportamiento frente al patógeno, especialmente en fechas de siembra tardías.

El presente trabajo de grado debería ser continuado, evaluando materiales genéticos de maíz empleados en la región del sur de Río Cuarto bajo condiciones favorable para epidemias causadas por *P. sorghi*, dentro de los cuales se debería emplear un híbrido testigo, susceptible o moderadamente susceptible a roya común del maíz, como referencia de las condiciones epidémicas del año de evaluación.

La evaluación de híbridos comerciales de maíz en la región del sur de Río Cuarto podría continuarse y profundizarse evaluando nuevamente los materiales genéticos bajo condiciones favorables para epidemias causadas por *P. sorghi*, además de incluir un híbrido testigo, susceptible o moderadamente susceptible a roya común del maíz, como referencia de las condiciones epidémicas del año de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

- CARMONA, M. 2008. ¿Cómo medir la roya común del maíz?. MAIZAR. En: www.maizar.org.ar/.../308_comomedirlaroyacomundelmaiz.doc. Consultado: 27/10/2011.
- CARMONA, M., F. SAUTUA, M. QUIROGA, C. DÍAZ, P. FERNANDEZ. 2010. Umbral de daño económico (ude) como herramienta para el manejo integrado de la roya común del maíz (*Puccinia sorghi*). **IX Congreso Nacional de maíz**. Rosario, Santa Fe, Argentina. p: 182-183.
- COURETOT, L., G. FERRARIS, F. MOUSEGNE, M. LOPEA DE SABANDO. 2008 Control Químico de Roya Común del Maíz (*Puccinia Sorghi*) en tres localidades del Norte de la Pcia de Bs. As. Campaña 2007/08. Maíz campaña 07/08. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext08/Ctrol_qco_roya_maiz_3_loc_Bs%20As07_08.pdf. Consultado 26/10/11.
- De SOUZA, J. 2007. Enfermedades del maíz en Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Estación Experimental Agropecuaria Paraná. *Actualización técnica. Extensión* N° 44 maíz, girasol y sorgo, p. 80-85. En: http://www.inta.gov.ar/parana/info/biblioteca/publicaciones/Serie_Ext_44_13.PDF. Consultado: 07/08/2011
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, C.W. ROBLEDO. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FERRARIS, G.N., L.A. COURETOT. 2010. Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de maíz en la localidad de Colón (Bs As). Campaña 2009/10. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext10/Maiz_hibridos_2009_10_Colon.pdf. Consultado: 07/07/2011.
- FORMENTO, Á.N. 2010. Enfermedades foliares reemergentes del cultivo de maíz: royas (*Puccinia sorghi* y *Puccinia polysora*), tizón foliar (*Exserohilum turcicum*) y mancha ocular (*Kabatiella zae*). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Estación Experimental Agropecuaria Paraná. Actualización técnica N° 2 maíz, girasol y sorgo 2010.
- FRAGUÍO, M. 2011. Las cadenas de valor del maíz. Revista El federal 369. En: <http://revistaelfederal.com/nota/revista/24199/las-cadenas-de-valor-del-maiz>. Consultado: 08/08/2011.

- GARCÍA, J., C. ODDINO, A. MARINELLI, G. MARCH, M. GARCÍA, L. TARDITI, S. FERRARI. 2011. Curvas epidémicas del tizón foliar y de la roya común del maíz en la zona centro sur de Córdoba. 2^{do} Congreso Argentino de Fitopatología, Mar del Plata. 2011 p 214.
- GONZÁLEZ, M. 2000. First report of virulence in Argentine populations of *Puccinia sorghi* to Rp resistance genes in corn. *Plant Disease* 84: 921.
- GONZÁLEZ, M. 2005. Roya común del maíz: altos niveles de severidad en la zona maicera núcleo (campaña 04/05). FCA-UNR. *Revista Agromensajes* 15. En: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/15/2AM15.htm>. Consultado: 08/08/2011.
- GONZÁLEZ, M. 2006. Roya del maíz en Argentina. Últimos avances. FCA-UNR. *Revista Para mejorar la producción* 32. INTA EEA Oliveros. En: <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/maiz/enfermedades1.pdf>. Consultado: 26/10/2011.
- GONZÁLEZ, M., A. GHÍO, M. INCREMONA, A. GONZÁLEZ, S. PAPUCCI, H. PEDROL, J. CASTELLARÍN. 2005. Severidad de la roya común del maíz en diferentes híbridos en las localidades de Oliveros y Zavalla. Campaña 2004-2005. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. *Para mejorar la producción* 29: 82-84. En: <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/maiz/enfermedades%20nota%201.pdf>. Consultado: 15/07/2011.
- GONZÁLEZ, M., A. GHÍO, M. INCREMONA, M. CRUCIANI, A. GONZÁLEZ, S. PAPUCCI, H. PEDROL, J. CASTELLARÍN. 2009. Roya común del maíz (*Puccinia sorghi*) en las localidades de Venado Tuerto, Carcarañá, Zavalla y Oliveros. Campaña 2008/09. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Estación Experimental Agropecuaria Oliveros. *Para mejorar la producción* 41: 71-74. En: <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/revistas/Ma%C3%ADz%202009/8%20Roya%20com%C3%BAn%20del%20ma%C3%ADz.pdf>. Consultado: 15/07/2011.
- GORDÓN MENDOZA, R., I. CAMARGO BUITRAGO, J. FRANCO BARRERA, A. GONZÁLEZ SAAVEDRA. 2006. Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azueru, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2): 189-199.
- GRANETTO, M., J. GARCÍA, A. MARINELLI, G. MARCH, C. ODDINO. 2009. Control químico de la roya del maíz en el Sur de Córdoba, campañas 2007/08 y 2008/09. Jornadas Fitosanitarias Arg. Río Hondo 2009.

- JOHNSON, D.E. 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. International Thomson Editores, México.
- MAIZAR. 2011. Estadísticas: Maíz. En: <http://www.maizar.org.ar/estadisticas.php>. Consultado: 08/08/2011.
- MARTÍNEZ, C.A. 1977. Effects of Puccinia sorghi on yield of flint corn in Argentina. *Plant Disease Reporter* 61(4): 256-258.
- ODDINO, C., A. MARINELLI, J. GARCÍA, M. GARCÍA, L. TARDITTI, S. FERRARI, L. D'ERAMO, G.J. MARCH. 2010. Comparación del efecto de momentos de tratamientos fungicidas sobre enfermedades foliares del maíz a través de modelos epidemiológicos no flexibles. IX Congreso Nacional de Maíz, Simposio Nacional de Sorgo. Rosario 2010 pág. 235-237.
- PALIWAL, R.L. 2001. EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Introducción al maíz y su importancia. En http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s02.htm#P0_0. Consultado: 24/08/2011.
- PASTOR, C. 2004. Clusters regionales de maíz para la producción de proteínas de origen animal. En: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=108>. Consultado 08/08/2011.
- PETERSON, R.F., F.A. CAMPBELL, A.E. HANNAH. 1948. A diagramatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal Research* 26: 496-500.
- PLANT WISE. 2011. Common rust of maize (*Puccinia sorghi*). Empowering farmers, powering research - delivering improved food security. En: <http://www.plantwise.org/?dsid=45872&loadmodule=plantwisedatasheet&page=4270&site=234>. Consultado: 08/08/2011
- POUILLER, C. 2010. Perspectivas del maíz. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. En: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/revista/Nro_49/articulos/r49_04_PerspectivasMaiz.pdf. Consultado: 25/08/2011
- PRESELLO, D., G. EYHÉRABIDE, J. IGLESIAS, R.D. LOREA. 2007. Comportamiento de cultivares en Pergamino frente a enfermedades durante la campaña 2006/2007: Roya común del maíz y Virus del Mal de Río Cuarto. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); Estación Experimental Agropecuaria Pergamino; **II Jornadas de Actualización Técnica de Maíz**. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 10 p. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/t_maiz/Comport_cult_camp_200607%20Perg_Roya_R4.pdf. Consultado: 05/08/2011.

- RIVERA RAMÍREZ, M.E., J.C. CODINA ESCOBAR. 2009. Mecanismos de infección de los hongos fitopatógenos. En: <http://www.encuentros.uma.es/encuentros36/fitopatogenos.html>. Consultado: 10/08/2011.
- SAGPyA. 2008. Análisis económico del cultivo de maíz. En: <http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/agricultura/index.php>. Consultado: 08/08/2011.
- SATORRE, E.H., R.L. BENECH ARNOLD, G.A. SLAFER, E.B. de la FUENTE, D.J. MIRALLES, M.E. OTEGUI, R. SAVIN. 2003. *Producción de granos, bases funcionales para su manejo*. 1^{ra} ed. Ed. Facultad de agronomía, UBA, Buenos Aires, Argentina. p. 146-147.
- SILLÓN, M. 2009. La roya común del maíz (*Puccinia sorghi*). Gacetilla didáctica para Centinela. En: <http://www.elganadosa.com/site/articles/roya-del-maiz---ing-agr-margarita-sillon.pdf>. Consultado: 26/10/2011
- SILVA CASTRO, C.A. 2005. *Maíz Genéticamente Modificado*. 1^{da} ed. Ed. Agro-Bio, Bogotá D.C., Colombia. 61 p.
- SHURTLEFF, M.C. 1984. *Compendium of Corn Diseases*. APS, St Paul, MN, USA. 116 pp.
- TELLEEN-LAWTON, T. 2009. *Hotter Fields, Lower Yields. How Global Warming Could Hurt America's Farms*. Environment America Research & Policy Center. 12 p. En: http://www.environmentamerica.org/uploads/HG/UL/HGULGpH8lqB8pW07M41xnA/hotfields_lowyields.pdf. Consultado: 26/07/2011.
- WHITE, D. 1999. *Compendium of Corn Diseases. American Phytopathological Society*. 78 p.