

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado
de Ingeniero Agrónomo”

**Evaluación de híbridos comerciales de maíz para rendimiento de grano
en la zona de Sampacho, Córdoba**

NOMBRE DEL ALUMNO: **CAVANAGH, MIGUEL MARTÍN**
DNI: **29833782**

NOMBRE DEL DIRECTOR: **IBAÑEZ, MERCEDES ALICIA**

NOMBRE DEL CO-DIRECTOR: **DI RENZO, MIGUEL ÁNGEL**

Río Cuarto – Córdoba

Septiembre de 2005

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Titulo del Trabajo Final: Evaluación de híbridos comerciales de maíz para
rendimiento de grano en la zona de Sampacho, Córdoba.

Autor: Cavanagh, Miguel Martín

DNI: 29833782

Director: Ibañez, Mercedes Alicia

Co-Director: Di Renzo, Miguel Ángel

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado

Evaluador:

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

ÍNDICE

RESUMEN	IV
SUMMARY	V
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	5
OBJETIVOS	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
RESULTADOS	9
DISCUSIÓN	15
CONCLUSIÓN	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
ANEXOS	21

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro 1. Híbridos comerciales de maíz utilizados en los ensayos comparativos de rendimiento durante los tres ciclos agrícolas.	7
Cuadro 2. Análisis de la varianza del rendimiento de maíz para los distintos ciclos agrícolas.	9
Cuadro 3. Rendimiento promedio de los híbridos de maíz en cada uno de los ciclos agrícolas.	10
Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento de grano en 13 híbridos comerciales de maíz en el conjunto de los ciclos agrícolas.	11
Cuadro 5. Rendimiento promedio de grano de maíz (t/ha) y coeficientes genotípicos y ambientales de los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2).	12
Figura 1. Biplot GGA para rendimiento de grano de 13 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes.	13
Anexo 1. Ubicación geográfica de los ensayos comparativos de rendimiento.	21
Anexo 2. Manejo cultural de los ensayos por campaña	22
Anexo 3. Análisis de suelo del predio donde se llevo a cabo el ensayo en cada ciclo productivo.	23
Anexo 4. Registro de precipitaciones mensuales para el establecimiento Est. Las Rosas.	24
Anexo 5. Balance hídrico para la campaña 2002/03 en Est. Las Rosas.	24
Anexo 6. Balance hídrico para la campaña 2003/04 en Est. Las Rosas.	25
Anexo 7. Balance hídrico para la campaña 2004/05 en Est. Las Rosas.	25

RESUMEN

El maíz posee un sin número de ventajas requeridas en las rotaciones agrícolas, pero en ocasiones no es tenido en cuenta por el bajo margen bruto que tiene éste con respecto a otros cultivos, es por ello que se debe lograr eficiencia en su producción para disminuir dicha brecha. Una de las prácticas a realizar es la elección del híbrido. Los ensayos comparativos de rendimiento, tratan de identificar el híbrido que mejor exprese su potencial genético en la zona de interés y a la vez que éste perdure en el tiempo. En esta experiencia se evaluaron 13 híbridos durante tres ciclos agrícolas. Cada campaña se analizó el rendimiento de grano mediante un análisis de la varianza (ANOVA); las medias se compararon utilizando la prueba de Duncan. El análisis combinado de los tres ciclos agrícolas se realizó con un modelo de ANOVA incluyendo los efectos de híbrido, año, repetición e interacción entre híbrido y año. Para el estudio de la interacción genotipo-ambiente se utilizó el modelo de regresión de sitio (SREG) y su biplot. De dicho análisis se pudo concluir que la campaña 02/03 fue el ambiente de mayor capacidad discriminante entre genotipos. Este ambiente podría aproximarse más a lo que se constituiría un “ambiente ideal” debido a que fue el más representativo. En este ambiente las diferencias encontradas entre los genotipos serían altamente consistentes con aquellas promediadas sobre todos los ambientes. El genotipo DK 700, podría ser considerado un “genotipo ideal”, debido a que presentó un alto rendimiento y manifestó un comportamiento estable. Sin embargo, la interacción genotipo-ambiente en el rendimiento, fue relativamente pequeña para el ambiente de Sampacho, por lo tanto el productor de dicha localidad podría orientarse en la elección de híbridos basándose en los de mejor comportamiento promedio.

Palabras clave: *Zea mays*, interacción genotipo-ambiente, SREG, análisis biplot, híbridos.

SUMMARY

Commercial maize hybrids evaluation of the grain yield in Sampacho, Cordoba.

Maize has many advantages required in the agricultural rotation, but in occasions it is not taken into account because of the low profit margin that this crop has in relation to other crops, that is why it is necessary to make production more efficient to diminish this breach. One practice to be carried out for that purpose is hybrid selection. Yield comparative assays try to identify the hybrid that best expresses its genetic potential in the region of interest, and that at the same time, remains stable in time. In this study, 13 hybrids were evaluated during three agriculture cycles. Each growing season was analysed through an analysis of the grain yield variation (ANOVA) and the means were compared using Duncan's test. The combined analysis of the three growing seasons was done with an ANOVA model including the hybrid effects, year, repetition and interaction between hybrid and year. For the genotype-environment interaction (GE) study, the SREG model and its biplot were used. From this analysis it was concluded that the 02/03 growing season was the environment with the best discriminating capacity among genotypes. This environment would come closer to an "ideal environment" due to the fact that it was the most representative. In this environment the differences found among the genotypes were highly consistent with those averaged on every environment. The DK 700 genotype could be considered an "ideal genotype" because it presented high yield and manifested a stable behaviour in this environment. The GE for yield was relatively small. For this reason, the farmer of this region can select the hybrids just on the basis of their best yields in this environment.

Key words: *Zea mays*, genotype-environment interaction, SREG, biplot analysis, hybrids.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es el único cereal cultivado originario de América. Comenzó a ser cultivado hace unos 7000 años por los Mayas y los Aztecas, y fue llevado por Colón al viejo mundo, donde se extendió tanto para alimentación humana, como forraje.

La especie corresponde a la familia de las Poáceas, sub-familia Panicoideas, tribu Maideas, caracterizándose por ser una planta anual, con caña maciza, diclino monoica, panoja masculina apical y una o más inflorescencias femeninas axilares (espigas). El grano o cariopse de este cereal son materias primas para la alimentación animal y para la producción de harinas y aceites entre otros productos. En general las utilidades del maíz pueden ser agrupadas de la siguiente forma: 78% alimentación animal; 10,1% edulcorantes; 6,4% alcohol; 3,1% almidón y 2,4% productos alimenticios para consumo humano (Syngenta, 2005).

Se cultiva en casi todos los países, gracias a la gran diversidad de sus tipos vegetativos, y ocupa por su volumen, el tercer puesto en importancia después del arroz y el trigo. La Argentina tiene una singular relevancia en el mercado, ya que si bien es el sexto productor mundial, ocupa el segundo lugar mundial a nivel de exportaciones. Argentina exporta el 70% de su producción, a países como Chile, Brasil, y la Unión Europea, quienes transforman los granos en productos de alto valor.

En Argentina el maíz se produce desde Salta, hasta el sur bonaerense, siendo la zona núcleo el sudeste de Córdoba, sur de Santa Fe y norte bonaerense. En siembra directa se realizó aproximadamente el 44% de las 3300000 hectáreas implantadas en la campaña 2004/05, porcentaje que se va incrementando con el correr de los años. El maíz transitó un camino similar al resto de la agricultura pampeana en lo que respecta a la incorporación de tecnología, siendo una de las especies que manifestó mayor respuesta en los rendimientos por unidad de superficie. Hacia la década de los 70 y durante el transcurso del primer quinquenio, el rendimiento promedio se ubicaba en 2,486 t/ha, mientras que en el segundo quinquenio ascendió a 2,940 t/ha. El rinde medio de la década del 80 fue de 2,683 t/ha. Para los 90, el rendimiento se elevó aun más. La productividad física por hectárea de la última década llegó a los 4.608 t/ha con un pico en el ciclo 1997/98 (cifra record para el cultivo) de 6,078 t/ha (Clarín, 2004).

La incorporación de la siembra directa en la mayor parte de los establecimientos de la zona sur de la provincia de Córdoba fue uno de los principales factores que desencadenaron el pasaje de la actividad ganadera, como actividad de cabecera, a la agrícola, ya que esta tecnología permitía disminuir la susceptibilidad a la erosión, tanto hídrica como eólica, y a la vez incrementar la capacidad del suelo para retener agua, lo cual permitió incrementar los rendimientos y la estabilidad de éstos en los cultivos (Tellería, 2002).

En los sistemas de producción actual se realizan aquellas actividades que arrojen los mayores márgenes brutos, inclinando éstos hacia cultivos de leguminosas como la soja y el maíz. Otro aspecto relevante que pesa a la hora de decidir qué cultivos realizar, es el costo de producción de cada uno de ellos. El rendimiento de indiferencia es elevado para el maíz, principalmente cuando en el análisis no se incorpora el alquiler. Este cultivo es muy sensible frente al cambio de precios, en cambio, la soja es mucho más estable ante las mismas variaciones. En el mismo sentido, el maíz es más afectado por las retenciones que la soja (Sarlangue, 2005).

En muchos establecimientos, los beneficios de realizar rotaciones con gramíneas, como el maíz, para tratar de mantener la sustentabilidad de nuestros sistemas de producción no se tienen en cuenta. Esta afirmación puede ser corroborada con las experiencias realizadas por el INTA Balcarce que han demostrado que la caída en la materia orgánica del suelo es mayor en las rotaciones con predominio de cultivos de verano y de la soja en particular. Por su parte, la presencia de maíz en la rotación permite atenuar dicha caída y mantener altos los niveles de estabilidad estructural. De aquí se desprende la vital importancia de mantener el maíz dentro de rotaciones en planteos de agricultura continua o muy prolongada. A la hora de realizar el margen bruto de cada cultivo el productor no se siente atraído a incorporar el cultivo de maíz en el plan de rotaciones, aunque le permitiría disminuir el impacto de la agricultura sobre los recursos naturales así como disminuir riesgos de enfermedades y plagas (Sarlangue, 2005).

El rendimiento del maíz se procura aumentar con el propósito de reducir la diferencia en los márgenes brutos de este cultivo con relación a los cultivos más rentables. Una alternativa para lograr este objetivo es encontrar el genotipo que mejor exprese su potencial genético en la zona de interés y a la vez que éste perdure en el tiempo.

El mercado de semillas de maíz ofrece una amplia gama de híbridos comerciales, que varían considerablemente en su costo, ciclo, textura de grano y tecnología incorporada (resistencia a insectos y herbicidas). Los ensayos comparativos de rendimiento en el ámbito regional se realizan para encontrar el híbrido de mayor rendimiento y estabilidad en una zona de interés. La evaluación de genotipos en diferentes ambientes se realiza con el objetivo de recomendar a aquellos que se comporten mejor en la mayor cantidad de ambientes de una región determinada.

Cuando esta comparación se realiza durante varios años, se puede apreciar la estabilidad de los distintos híbridos en condiciones climáticas variables. Es importante contar con esa información a los fines de poder elegir el material más indicado para cada situación en particular.

Las características medidas en cada uno de los materiales, nos orientan para poder definir y seleccionar el híbrido adecuado. No obstante, debemos reconocer que la elección del mejor cultivar por sí solo, no nos asegura el éxito final en el rendimiento del cultivo.

El híbrido debe ir acompañado de una serie de técnicas que permitan que ese potencial se pueda manifestar. Entre estas prácticas se encuentran: la elección del tipo de suelo (profundidad del perfil, historia agrícola, cultivo antecesor), fecha y tipo de implantación, densidad de siembra, control de malezas y fertilización (Forján, 2003).

La comparación entre híbridos para un buen número de caracteres agronómicos, por ejemplo el rendimiento, no es una tarea sencilla, y con frecuencia puede dificultarse por diferentes causas. Entre ellas debe mencionarse la interacción genotipo x ambiente. La existencia de estas interacciones se verifica cuando el comportamiento relativo de un híbrido respecto a otro cambia de un ambiente o sitio experimental a otro. Puede ocurrir entonces que el mejor híbrido en un ambiente sea superado por otro en un ambiente diferente, o que los cambios alteren la magnitud de las diferencias entre híbridos, sin modificar el ordenamiento de los híbridos entre sí.

Las diferencias de ambiente pueden estar provocadas por factores controlables (manejo del cultivo) o incontrolables (clima, ataques de algunas enfermedades y plagas). Aunque es experimentalmente imposible eliminar por completo el efecto de estos últimos factores, a mayor similitud en cuanto a localidad, serie de suelo y manejo del cultivo entre las condiciones del ensayo comparativo y la situación de cada productor de maíz, mayor será la utilidad de la información obtenida (Maizar, 2004).

La interacción genotipo-ambiente (GA) disminuye la habilidad de los mejoradores para reconocer diferencias entre genotipos debido a que el comportamiento se hace impredecible y no puede ser interpretado basándose en la media de los genotipos y la media de los ambientes. La estabilidad es la característica que permite a los genotipos ajustarse a los cambios de los estímulos ambientales cuando se evalúan en diferentes ambientes. En Argentina, las variaciones estacionales en las áreas de producción del maíz son amplias; por lo tanto, la estabilidad en el rendimiento es importante en el mejoramiento del mismo. Esta información es valiosa para las empresas semilleras y productores de la región como orientación para las recomendaciones del uso de los genotipos en las distintas áreas ecológicas de la Argentina.

El rendimiento está compuesto por los efectos del genotipo (G), del ambiente (A) y de la interacción genotipo-ambiente (GA); esta última y el efecto principal de genotipo son importantes a la hora de evaluar los distintos híbridos (Yan *et al.*, 2000). El análisis de ensayos en ambientes múltiples y de la interacción GA se ha efectuado mediante distintos métodos estadísticos como ANOVA, componentes principales, regresión lineal, modelos AMMI y modelo de regresión de sitios (SREG) entre otros. El modelo SREG, que incluye en el término

bilineal G más GA (GGA) proporciona un análisis gráfico del comportamiento de los genotipos de simple interpretación. Este modelo se ha empleado para analizar el rendimiento de cultivares de maíz (Butrón *et al.*, 2004), de trigo (Yan *et al.*, 2000) de soja (Yan y Rajcan, 2002; Lee *et al.*, 2003) y de pasto llorón (Ibañez *et al.*, 2001).

En los ensayos comparativos de rendimiento, generalmente se evalúa un gran número de genotipos durante una considerable cantidad de años, por lo que se hace difícil determinar como se comporta cada genotipo según el cambio en el ambiente. El “biplot GGA” resume gráficamente los efectos de G más GA y permite identificar el mejor genotipo en cada ambiente. Este gráfico se denomina biplot porque tanto el genotipo como el ambiente se expresan en el mismo gráfico. El biplot GGA se construye a partir de las primeras componentes principales (CP) derivadas de la descomposición del valor singular (SVD) del modelo SREG. La CP1 representa la proporción del rendimiento que se debe sólo a las características del genotipo, y la CP2 representa la parte del rendimiento debida a la interacción genotipo-ambiente.

El biplot GGA permite detectar las similitudes y diferencias entre los genotipos con relación a los distintos ambientes, las semejanzas y las diferencias entre los ambientes en el descarte de genotipos y el tipo y magnitud de la interacción entre GA (Yan *et al.*, 2000).

Un genotipo puede llegar a ser categorizado como “el ideal” cuando tiene en su CP1 un coeficiente alto que le confiere elevado rendimiento y a la vez en el CP2 un valor cercano al cero brindándole estabilidad en el tiempo. Para el caso del “ambiente ideal” este debería contar con un coeficiente alto en la CP1, para tener capacidad de discriminar entre los genotipos, y la CP2 cercano a cero otorgándole representatividad (Yan *et al.*, 2001).

El biplot GGA puede utilizarse para identificar los genotipos superiores y los ambientes que facilitan el reconocimiento de tales genotipos, siempre que los ambientes estén lo suficientemente caracterizados y cuando los coeficientes genotípicos de la CP1 tengan una correlación casi perfecta con los efectos principales del genotipo (Yan *et al.*, 2000, 2001). Esta correlación está fuertemente determinada por la importancia relativa de G en GGA. Una correlación casi perfecta tiene lugar si G representa el 40% o más de GGA, mientras que si G explica sólo un 20% o menos de GGA la correlación es pequeña (Yan *et al.*, 2001).

HIPÓTESIS

Los genotipos de maíz evaluados en los distintos años en la zona de Sampacho se comportan de manera diferencial con respecto al rendimiento de grano.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Evaluar la estabilidad y el rendimiento de diferentes híbridos comerciales de maíz en la zona de Sampacho durante tres campañas agrícolas.

ESPECÍFICOS:

- Cuantificar la magnitud de la relación entre híbridos y años.
- Determinar semejanzas y diferencias entre genotipos en la respuesta a los años.
- Determinar semejanzas y diferencias entre ambientes en la diferenciación de los genotipos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los ciclos agrícolas de cosecha gruesa 2002/03, 2003/04 y 2004/05 se llevaron a cabo ensayos comparativos de rendimiento de maíz en Estancia Las Rosas A.G.S.A, ubicada a 6 km de localidad de Sampacho, provincia de Córdoba (Anexo 1).

La región se caracteriza por tener un clima templado subhúmedo con invierno seco. El régimen de precipitaciones es monzónico y concentra el 80% de las lluvias entre los meses de octubre y abril. El período libre de heladas, en promedio, comprende desde el 11 de septiembre hasta el 11 de mayo (240 días). Las heladas extremas ocurren entre el 16 de abril y el 29 de octubre. En cuanto a los vientos para la región se caracterizan por tener una dirección predominantemente NE-SO desde julio a noviembre y N-S durante los meses restantes y en relación a la intensidad de los mismos, los mayores registros han sido relevados entre los meses de julio y noviembre, con ráfagas que superan los 100 km/h (Cantero *et al.*, 1986).

El establecimiento se encuentra dentro de la unidad catastral N° 35: Sampacho, la cual se ubica al NO y SE de dicha localidad. En lo que respecta a la condición de relieve y paisaje, esta área está condicionada por la falla geológica de Suco – Sampacho, donde se asocian algunos afloramientos rocosos de areniscas, lomas pronunciadas y planicies entre lomas. El relieve general de la zona es normal, ondulado y complejo, con pendientes de hasta 10% de gradiente. Los suelos de la región poseen materiales originarios franco – arenosos a arenosos – francos, predominando Haplustoles údicos en los planos bajos del relieve y Haplustoles énticos en las lomas y laderas medias. Las planicies son áreas sujetas a aportes difusos de agua y sedimentos de áreas onduladas circundantes, con problemas de erosión en cárcavas y sedimentación. Los suelos presentan baja cohesión y capacidad de retención de agua. Las lomas onduladas, presentan elevada escorrentía superficial, suelos desagregados, con muy poca capacidad de nutrientes y moderada susceptibilidad a erosión eólica (Cantero *et al.*, 1986).

En los ensayos de los tres ciclos agrícolas se evaluaron 13 híbridos simples de maíz (Cuadro 1) en un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. El ensayo se compone de parcelas de lote del productor de 14 surcos de 0,525 x 100 m.

Cuadro 1. Híbridos comerciales de maíz utilizados en los ensayos comparativos de rendimiento durante los tres ciclos agrícolas en Sampacho, Córdoba.

Empresa	Híbrido	Empresa	Híbrido
<i>Monsanto</i>	DK 615 MG	<i>Syngenta</i>	SIROCO
<i>Monsanto</i>	DK 682	<i>Pannar</i>	PAN 6046 MG
<i>Monsanto</i>	DK 682 MG	<i>Nidera</i>	AX 882
<i>Monsanto</i>	DK 696 MG	<i>Pioneer</i>	30F15
<i>Monsanto</i>	DK 700	<i>Pioneer</i>	30R76
<i>Monsanto</i>	DK 747	<i>Pioneer</i>	32F07
<i>Monsanto</i>	AW 190 MG		

La elección de estos 13 híbridos comerciales se realizó basándose en la coincidencia en la presencia de éstos en los tres años de ensayos, ya que el establecimiento evalúa un mayor número de materiales los cuales van cambiando año tras año según el comportamiento de los mismos.

El ensayo se realizó bajo un sistema de siembra directa, modo de labranza utilizado desde hace más de diez años en el establecimiento, con un barbecho largo, mediante control químico, que tiene como objetivo comenzar el ciclo del cultivo con el mayor porcentaje posible de agua en el suelo. Este método de control de las malezas se sigue utilizando a lo largo del desarrollo del maíz, en tratamientos de preemergencia y postemergencia (Anexo 2).

El análisis de suelo (Anexo 3) se realizó para la elección del fertilizante y la dosis del mismo a los efectos de adecuar la nutrición mineral de acuerdo a los requerimientos del cultivo para un rendimiento esperado. El cálculo del fertilizante nitrogenado a aplicar se realizó por el método de balance, a diferencia de fósforo que se realizó por medio del nivel crítico. Con relación al azufre el último año se comenzaron a realizar aplicaciones de este nutriente debido a la escasa presencia del mismo en los suelos. El contenido de potasio relativamente alto (FAO, 2004), como en muchos suelos de la región pampeana, no se tuvo en cuenta a la hora de planificar una fertilización.

La siembra se realizó en los tres ensayos con una sembradora de dosificación neumática, la cual facilita las tareas de siembra ya que ésta se adapta a cualquier calibre de semilla. Por otra parte, esta cualidad brinda una mayor uniformidad de siembra. El detalle de las fechas, productos y dosis utilizadas en cada uno de las labores puede observarse en el Anexo 2.

El rendimiento (t/ha) promedio de cada híbrido se estimó luego de la corrección por humedad del grano.

La cosecha se realizó con una cosechadora Claas Lexion 460, la cual vertió los granos de cada parcela sobre una monotonlva, que se encontraba sobre un sistema de balanza de platos.

De esta última se extrajo una muestra para tomar la humedad de grano, mediante el uso de un higrómetro.

También se tomaron datos climáticos, como precipitaciones, se llevaron a cabo los balances hídricos para cada una de las campañas y se realizaron los análisis de suelo correspondientes para ser utilizados como variables ambientales, tratando de explicar en parte las diferencias entre campañas (datos climáticos y edáficos, Anexo 3,4,5,6 y 7).

El rendimiento de grano de cada ensayo se analizó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) y las medias se compararon utilizando la prueba de Duncan con un nivel de confianza del 5%. El análisis combinado de las tres campañas agrícolas se realizó con un modelo de ANOVA incluyendo los efectos de híbrido, año, repetición e interacción entre híbrido y año. Para el estudio de la interacción genotipo–ambiente se utilizó el modelo SREG (Crossa y Cornelius, 1997):

$$y_{ij} = \mu + \delta_j + \sum_{n=1}^k \lambda_n \xi_{in} \eta_{jn} + \varepsilon_{ij}$$

donde y_{ij} es el rendimiento promedio de grano, medido en t/ha, del genotipo i en el ambiente j ; μ es la media general; δ_j es el rendimiento promedio de todos los genotipos en el ambiente j ; λ_n es el valor singular de la componente principal k ; ξ_{in} y η_{jn} son los coeficientes del genotipo i y el ambiente j sobre el CP k , respectivamente; ε_{ij} es el residual.

Los resultados del modelo se presentan en el gráfico biplot GGA con la finalidad de describir la interacción. El biplot se construyó a partir de las dos primeras componentes principales simétricamente escaladas, derivadas a partir del análisis de componentes principales de los datos centrados en ambiente, en el cual se observó la interacción de cada genotipo con cada ambiente.

El análisis estadístico del modelo SREG y biplot se realizaron con el programa SAS (SAS Inst., 1990) desarrollado por Burgueño *et al.* (2001). Los análisis de varianza por ciclo y el análisis de la correlación de Pearson se realizaron con el programa InfoStat (2004).

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los análisis de varianza del rendimiento de grano de maíz para los distintos ciclos agrícolas. En los tres ambientes hubo diferencias altamente significativas entre híbridos ($p \leq 0,01$). Para el caso de los bloques no hubo diferencias significativas para los primeros dos ciclos agrícolas, contrariamente a lo ocurrido en 2004/05 en el cual se encontraron diferencias altamente significativas.

Cuadro 2. Análisis de la varianza del rendimiento de maíz para los distintos ciclos agrícolas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Ciclo agrícola		
		2002/03	2003/04	2004/05
Bloque	2	1,57	0,14	4,25**
Híbrido	12	17,15**	27,59**	16,46**
Error	24	7,89	3,15	7,60
Total	38	26,61	31,23	28,32

**diferencias significativas($p \leq 0,05$) y ** altamente significativas($p \leq 0,01$).*

Luego del análisis de varianza las medias se compararon utilizando la prueba de Duncan (Cuadro 3) con un nivel de confianza del 5%.

De dicha prueba se pudo determinar que durante el ciclo 2002/03 los híbridos de maíz que presentaron el mejor comportamiento fueron el DK 700, el AX 882 y el AW 190 MG, con rendimientos entre 13,60 y 13,53 t/ha. Por otra parte los híbridos Siroco y 30 F 15 fueron los de menor respuesta en este ambiente.

En el 2003/04 se observó una gran amplitud entre el híbrido de mejor comportamiento y el que produjo el menor rendimiento, siendo ésta de 3,13 t/ha. El híbrido Pioneer 32 F 07, fue el de mayor rendimiento, superando en 1,19 t/ha a la media de este período.

En el ambiente 2004/05, los híbridos AW 190 MG y AX 882 se destacan sobre el resto, a pesar de los altos rendimientos que se obtuvieron en todos los materiales. Las diferencias entre los valores extremos menores a las del ciclo anterior (2003/04).

Cuadro 3. Rendimiento promedio de los híbridos de maíz en cada uno de los ciclos agrícolas (expresado en t/ha).

Híbrido	Ciclo agrícola		
	2002/03	2003/04	2004/05
DK 700	13,60a	8,80ab	14,18abc
AX 882	13,57a	7,80cd	14,31ab
AW 190 MG	13,53a	8,79ab	14,64a
30 R 76	13,31ab	7,82cd	12,71de
32 F 07	13,30ab	9,30a	13,71abcd
DK 747	13,16abc	8,94ab	13,99abc
DK 682 MG	13,06abc	8,67ab	14,20abc
DK 682	12,91abcd	8,27bc	14,02abc
DK 615 MG	12,65abcd	8,59ab	12,31e
PAN 6046 MG	12,37bcde	6,17e	13,16cde
DK 696 MG	12,09cde	7,40d	13,74abcd
SIROCO	11,86de	7,31d	13,29bcde
30 F 15	11,51e	7,39d	13,23bcde
Promedio	12,82	8,09	13,65
Desvio	0,67	0,87	0,67
CV (%)	5,95	10,81	5,00
Rango	2,10	3,13	2,34
Valor max.	13,60	9,30	14,64
Valor min.	11,51	6,17	12,31

Letras distintas indican diferencias significativas para la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$)

Al realizar un análisis del comportamiento de todos los híbridos en el conjunto de los ciclos se pudo observar que tanto el AW 190 MG como el DK 700 presentaron rendimientos altos y estables durante los tres ciclos agrícolas analizados. El híbrido AX 882 presenta elevados rendimientos cuando las condiciones ambientales fueron favorables (02/03 y 04/05), pero cayó considerablemente cuando estas no fueron las óptimas (03/04). Una situación inversa a la anterior ocurre con los híbridos DK 747 y 32 F 07 que se comportaron relativamente mejor que el resto de los híbridos en condiciones no tan favorables. Ambos DK 682, el convencional y el modificado genéticamente, presentaron un comportamiento similar, mejorando ciclo tras ciclo sus posiciones relativas en el ordenamiento de híbridos en relación a los demás, con la particularidad que el modificado genéticamente presentó mayores rendimientos que el que no lo es, en todos los ciclos.

Los híbridos 30 R 76 y DK 615 MG tuvieron un comportamiento similar a la media de los ensayos de los tres ambientes. El DK 696 MG, Siroco, 30 F 15, y PAN 6046 MG presentaron una respuesta en rendimientos inferior, ante las condiciones ambientales del lugar, comparado con el resto de los híbridos en análisis.

Los rendimientos promedio por ciclo (Cuadro 3) presentaron gran variación en el rango de rendimiento de los híbridos, ya que los de mayor y menor nivel de producción presentaron valores de 11 y 30% por arriba y por debajo de la media general, respectivamente.

El análisis de varianza combinando los híbridos a través de los tres ciclos (Cuadro 4), produjo los siguientes resultados:

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento de grano en 13 híbridos comerciales de maíz en el conjunto de los ciclos agrícolas analizados en la localidad de Sampacho.

Fuente de Variación	GL	SC	% de G + GA
Bloque	2	1,94 *	
Ciclo agrícola (A)	2	702,61 **	
Híbrido (G)	12	40,50 **	66,18
Ciclo*Híbrido (GA)	24	20,69 **	33,82
CP1	13	42,20 **	
CP2	11	12,39 **	
Error	76	23,01	
Total	116	788,78	

*GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados. *diferencias significativas ($p \leq 0,05$) y ** altamente significativas ($p \leq 0,01$)*

Los híbridos al igual que el Ciclo agrícola, Ciclo x Híbrido, CP1 y CP2 presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$), a diferencia de lo ocurrido con los bloques en los cuales la diferencia fue solo significativa ($p \leq 0,05$).

El efecto principal de ambiente fue la fuente más importante de variación, explicando el 92% de la suma de cuadrados de los tratamientos. En tanto, el efecto principal del genotipo explicó el 5,30% de la variación y el resto fue debido a la interacción Ciclo*Híbrido (2,70%). A partir de estos resultados que el modelo SREG fue apropiado para analizar los ensayos en ambientes múltiples. La CP1 y la CP2 juntas, las cuales fueron empleadas en la construcción del biplot GGA, explicaron el 98% de la variación de GGA. La CP1 explicó un 92,59% y la CP2 el 5,41% restante. Para los tres ambientes de evaluación los coeficientes ambientales de la CP1 tuvieron el mismo signo, positivo (Cuadro 5), de manera que los coeficientes genotípicos de la CP1 se correlacionaron positivamente ($r = 0,97$, $p \leq 0,0001$) con los efectos principales del genotipo (rendimiento de grano de los genotipos de maíz).

Cuadro 5. Rendimiento promedio de grano de maíz (t/ha) y coeficientes genotípicos y ambientales de las dos primeras componentes principales (CP1 y CP2).

Genotipo	Rendimiento (t/ha)	CP1	CP2
DK 615 MG	11,18	-0,14	-0,99
DK 682	11,73	0,16	0,15
DK 682 MG	11,97	0,39	0,12
DK 696 MG	11,07	-0,45	0,26
DK 700	12,19	0,59	0,10
DK 747	12,02	0,48	-0,09
AW 190 MG	12,31	0,66	0,37
SIROCO	10,82	-0,64	0,01
PAN 6046 MG	10,56	-0,96	0,39
AX 882	11,89	0,22	0,54
30F15	10,70	-0,72	0,07
30R76	6,84	-0,16	-0,42
32F07	12,10	0,59	-0,38
Ambiente			
2002/03	11,81	1,05	0,13
2003/04	8,09	1,42	-0,75
2004/05	13,65	0,77	1,20

En el biplot GGA (Figura 1) cada genotipo y cada ambiente son representados por un punto denominado “marcador”, que queda definido al graficar los coeficientes de cada genotipo y de cada ambiente en la CP1 (utilizado como eje x) contra los respectivos coeficientes en la CP2 (utilizado como eje y). Los ambientes se presentan además como vectores originados en la coordenada (0,0) del biplot y se extienden hasta el marcador correspondiente a cada uno de ellos. Los marcadores de los genotipos más alejados en el espacio bidimensional (AX 882, AW 190 MG, 32 F 07, DK 615 MG, 30 F 15, PAN 6046 MG) se conectan mediante líneas rectas de manera tal que se convierten en los vértices de un polígono. En cada uno de los lados del polígono se traza una línea perpendicular que pasa a través del origen del biplot. Estas líneas subdividen el polígono en seis sectores, de los cuales los ambientes quedaron incluidos sólo dentro de dos sectores. El genotipo que corresponde a un vértice del polígono comprendido dentro de un sector tiene el de mejor comportamiento en el/ los ambiente/s dentro de ese mismo sector (Yan *et al.*, 2000).

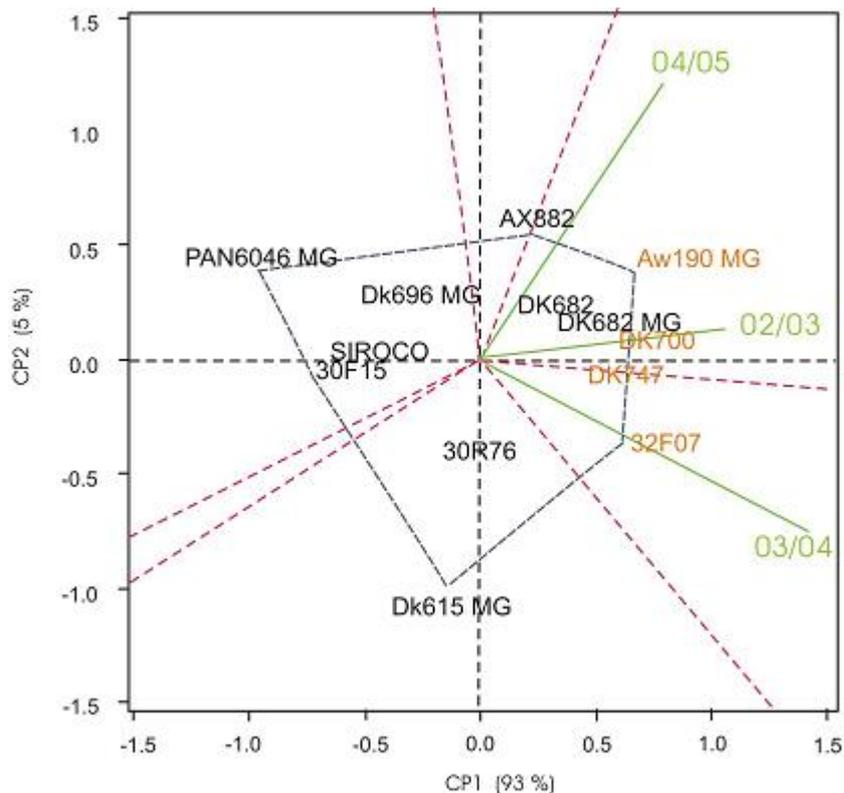


Figura 1. Biplot GGA para rendimiento de grano de 13 genotipos de maíz evaluados en tres ambientes (02/03, 03/04, 04/05).

El genotipo AW 190 MG, seguido por el DK 700, fue el que tuvo la más alta producción de grano de maíz en los ambientes 02/03 y 04/05 que se encuentran dentro de un sector. El híbrido 32 F 07 fue el que tuvo un mejor rendimiento de grano en el ambiente 03/04 incluido dentro de otro sector, seguido por el DK 747. Estos resultados observados en el Figura 1 pueden ser verificados en el Cuadro 5.

El genotipo DK 700, con un alto coeficiente (0,59) en la CP1 y un coeficiente inferior (0,1) en la CP2, podría ser considerado un “genotipo ideal”, debido a que presentó un alto rendimiento y manifestó un comportamiento estable (Cuadro 5, Figura 1). Contrariamente al genotipo DK 700, que demostró adaptación general a los ambientes de evaluación, el genotipo 32 F 07 presentó adaptación específica a los ambientes 03/04 y el AX 882 y AW 190 MG a los ciclos 02/03y 04/05 (alto valor absoluto en la CP2) (Figura 1).

La campaña 02/03 fue el ambiente de mayor capacidad discriminante entre genotipos, ya que estuvo representado por un vector de elevada magnitud sobre la CP1. Sin embargo, tuvo un bajo valor absoluto en la CP2. Este ambiente podría aproximarse más a lo que se constituiría un “ambiente ideal” debido a que fue el más representativo (coeficiente próximo a cero en la CP2). En este ambiente las diferencias encontradas entre los genotipos serían altamente

consistentes con aquellas promediadas sobre todos los ambientes (Cuadro 5, Figura 1). El ciclo agrícola 04/05 estuvo representado por un vector de menor longitud sobre la CP1. A la vez los ambientes 03/04 y 04/05 tuvieron un alto valor absoluto en la CP2, principalmente en la campaña 04/05. Por lo tanto, las diferencias entre los genotipos observadas en estos ambientes podrían no reflejar exactamente las diferencias en el rendimiento de grano de los distintos genotipos sobre todos los ambientes. Por esto, las campañas 03/04 y 04/05 fueron las menos representativas.

Los genotipos de maíz DK 615 MG y PAN 6046 MG, correspondientes a vértices del polígono que quedaron alejados de los ambientes de evaluación, fueron los que manifestaron el peor comportamiento en todos ellos. Los genotipos cuyos marcadores quedaron ubicados dentro del polígono, fueron los de menor respuesta a los ambientes de expresión, siendo más estables aún aquellos ubicados más próximos al origen del biplot. Además se pudo apreciar que hubo grupos de híbridos que poseen similar respuesta a los ambientes como son: el grupo del PAN 6046 MG-SIROCO -30 F 15-DK 696 MG, el del AX 882-DK 682-DK682 MG-DK 700 AW 190 MG, el del DK 747-32 F 07 y el de los híbridos 30 R 76-DK 615 MG. Los dos primeros grupos tuvieron una respuesta opuesta al último grupo, por lo tanto respondieron a los ambientes en direcciones opuestas.

Como fue mencionado anteriormente, el rendimiento de grano tuvo una correlación directa y estadísticamente significativa con los coeficientes genotípicos de la CP1, razón por la cual los genotipos que presentaron un alto valor en la CP1 tuvieron, por lo tanto, un elevado rendimiento de grano (Cuadro 5).

El mayor efecto principal de genotipo (5,30%) relativo a la interacción Ciclo x Híbrido (2,70%) condujo a una interacción de no sobrecruzamiento, evidenciado en la Figura 1, donde las CP1 de los ambientes tienen todas signo positivo.

DISCUSIÓN

En los ciclos mencionados se puede observar una marcada diferencia en los rendimientos obtenidos, tanto en los valores medios como en los máximos y mínimos de los genotipos híbridos evaluados. Por otra parte, el rango de dispersión entre los híbridos de mayor producción de grano y el de menor varió considerablemente entre años.

El comportamiento de los híbridos durante el ciclo 2002/03 fue similar al del ciclo 2004/05. Las diferencias en los rendimientos del conjunto, se deben principalmente a una diferencia en el volumen de precipitaciones recibidas (Anexo 4), ya que durante 2002/03 el valor fue de 904 mm y en el periodo comprendido entre 2004/05 fue de 1099 mm. A pesar de esta diferencia en los balances hídricos se puede observar una mejor distribución de las lluvias a lo largo del ciclo 2002/03 debido a que en el transcurso del mismo no se evidencian déficit hídricos (Anexo 5), mientras que en la campaña 2004/05 se pudo apreciar un pequeño déficit durante el mes de diciembre (Anexo 7). Otro aspecto a destacar es las diferencias encontradas en la situación nutricional inicial en cada una de los ambientes, siendo más ventajosa la encontrada en el análisis de suelo del ciclo 2002/03 en relación con la del 2004/05 (Anexo 3). La fecha de siembra del ensayo 2002/03 fue más temprana que la del 2004/05 por lo que favoreció un desarrollo más lento de los híbridos y por consiguiente una mejor producción de fotoasimilados (Anexo 2).

Las diferencias en los balances hídricos, las condiciones nutricionales iniciales y la fecha de siembra más temprana permiten explicar en gran medida porqué las diferencias entre las campañas 2002/03 y 2004/05 no fueron tan marcadas, a pesar de tener una desigualdad en las precipitaciones de unos 195 mm.

A diferencia de lo descrito anteriormente, el ensayo del ciclo 2003/04 fue aquel en el cual los rendimientos tuvieron los menores resultados en todos los datos analizados y hubo una mayor brecha entre los híbridos de mejor comportamiento y los de menor (3,12 t/ha de diferencia). Este comportamiento se debe principalmente a la escasa precipitación recibida durante todo el ciclo agrícola (814 mm), con un consecuente déficit hídrico entre los meses de septiembre y diciembre (Anexo 6), período en el cual el cultivo está en activo crecimiento. A esta situación se le suma una condición edáfica inicial de inferior oferta (Anexo 3), que si bien se trató de atenuar con una dosis mayor de fertilización puede que los resultados de los mismos no hayan sido del todo satisfactorios para los requerimientos del cultivo. Otro factor que puede haber estado provocando esta diferencia en rendimientos con relación a las otras campañas es la fecha de siembra, ya que ésta fue atrasada con respecto a las de los otros ciclos y como consecuencia de ello los procesos fisiológicos se desarrollaron con mayor velocidad, siendo menor la acumulación de fotoasimilados.

Las interacciones GA significativas afectan la respuesta genotípica y la estabilidad de la producción de grano en maíz en la Argentina. La información obtenida por Álvarez y Eyhérbide (1996) en la región pampeana confirma que la interacción GA afecta a distintos tipos híbridos. En este estudio el análisis del biplot con dos CP muestra que la variación debida a GA fue más pequeña que la variación de G para la producción de grano.

Como se mencionó en la introducción de este trabajo, el modelo SREG combina G más GA en un análisis GGA. Considerar G como GA ofrece una ventaja potencial: la información que suministran los coeficientes de la CP1 no sólo permite identificar los genotipos que poseen el mejor comportamiento general sino además simultáneamente indica las condiciones ambientales que facilitan la identificación de tales genotipos (Yan *et al.*, 2001). Esta ventaja está basada en la condición de que existe una correlación elevada (0,97) entre los coeficientes genotípicos de la CP1 y los efectos principales del genotipo. Sin embargo, conceptualmente ambos son diferentes. El efecto principal del genotipo es, por definición, un valor constante para un determinado genotipo evaluado a lo largo de diferentes ambientes, mientras los coeficientes genotípicos de la CP1 representa la tendencia de los genotipos a responder a los factores ambientales representados por los coeficientes ambientales de la CP1. Por lo tanto las predicciones del rendimiento de un genotipo a partir de los coeficientes de la CP1 en el biplot GGA no son constantes para todos los ambientes, sino que varían a lo largo de las campañas de manera directamente proporcional a los coeficientes ambientales de la CP1. Es por esto que los ambientes que facilitan la identificación de genotipos con mayor efecto principal son indicados simultáneamente (Yan *et al.*, 2000, 2001).

La correlación casi perfecta entre los efectos primarios de genotipos (coeficientes de la CP1) con la media de los genotipos fue fuertemente determinada por la relativamente alta proporción explicada por el genotipo en GGA (66,18%). Esta correlación casi perfecta, permitió que el biplot GGA pudiera ser utilizado directamente para evaluar los híbridos de maíz en términos de rendimiento de grano y de estabilidad, y los ambientes de acuerdo a su capacidad de discriminación entre genotipos y a su representatividad (Crossa *et al.*, 2001).

Este tipo de correlación ha sido citado como pobre cuando se usan datos de ensayos de ambientes múltiples para explorar la interacción genotipo-ambiente con ambientes definidos como combinaciones de años y sitios (Yan *et al.*, 2001), debido a una gran y compleja interacción GA.

La elección de genotipos, basada en la utilización combinada de adaptación amplia y específica, requiere del entendimiento de tres rasgos de la interacciones GA presentes en un sistema de producción: naturaleza, repetitividad y predecibilidad. Según su naturaleza, se puede distinguir entre interacciones que no resultan en cambios en el ordenamiento entre genotipos

cuando se evalúan en distintos ambientes (interacciones cuantitativas, “non-crossover” o debidas a la heterogeneidad de la varianza fenotípica entre ambientes), y aquellas que determinan cambios en el ordenamiento (interacciones cualitativas, “crossover” o debidas a la falta de correlación genética entre ambientes). Estas últimas son de particular relevancia, ya que constituyen el componente de interacción GA que tiene el potencial de influir sobre las decisiones de elección de un genotipo. Ambos tipos de interacción se encuentran presentes en los ensayos multi-ambientes y pueden calcularse sus contribuciones individuales (De la Vega y De la Fuente, 2003). En este trabajo sólo las CP2 sugirieron interacción “crossover”, pero el porcentaje de la variación total de GGA atribuible a este eje fue menor que las diferencias genotípicas observadas en la CP1. La “crossover” interacción fue principalmente atribuible a los cambios en el comportamiento relativo entre el híbrido AW 190 MG y 32 F 07.

El biplot análisis indicó que los híbridos AW 190 MG, DK 700, 32 F07 y DK 747 tuvieron un buen comportamiento. El híbrido DK 700, el cual fue altamente estable, es el que se recomienda en la producción de grano en la región de Sampacho, Córdoba. Aunque el híbrido AW 190 MG tuvo la más alta producción, fue más inestable a través de los ciclos agrícolas, limitando su valor, particularmente si el objetivo es elegir híbridos comerciales de amplia adaptabilidad.

La participación del cultivo de maíz en la rotación agrícola no deja de ser una alternativa muy valiosa, por el impacto que tiene en los sistemas de producción y por la posibilidad que da a la hora de diversificar riesgos climáticos y de mercado. Muchos productores están reduciendo el área de maíz a sembrar en sus campos debido a la gran incertidumbre política y económica del país, la falta de crédito financiero, las retenciones a las exportaciones y el alto costo en qq/ha de los insumos, lo que lleva a buscar una menor exposición al riesgo, reduciendo el nivel de tecnología a aplicar y refugiándose en los bajos costos del cultivo de la soja. Esto no es conveniente para el sector agropecuario ni para el país (Tellería, 2002). Esta realidad se podría estar revirtiendo mediante el compromiso de todos los involucrados en los sistemas productivos; el gobierno reduciendo las retenciones a este cultivo y promoviendo mediante instituciones, como el INTA y universidades, la importancia de incorporar a esta gramínea en las rotaciones de los establecimientos. El productor, resignando en parte la maximización de beneficios económicos a cambio de una mayor sustentabilidad de sus recursos y por otra parte tratar de realizar este cultivo con el mayor nivel de tecnología posible (elección del híbrido, fecha de siembra, densidad, fertilización, manejo del agua, entre otras). Y el sector científico y comercial logrando materiales y tecnologías que permitan obtener el mejor ajuste entre la oferta del ambiente y las demandas de los materiales genéticos a un costo, que permita su incorporación en la mayor parte de los establecimientos agropecuarios.

CONCLUSIONES

El carácter analizado (rendimiento de grano de maíz) fue significativamente afectado por el efecto de genotipo, de ambiente y de la interacción genotipo-ambiente.

El SREG y su biplot permitieron conocer el comportamiento de los híbridos comerciales de maíz y detectar los de mejor comportamiento y estabilidad en los distintos ambientes. Si bien en los ambientes 02/03 y 04/05 los híbridos que mejor comportamiento presentaron fueron el AW 190 MG y el DK 700 y para el caso del 03/04 el 32 F 07, fue el de mayor respuesta, en el análisis conjunto de los ambientes el híbrido DK 700 presentó los rendimientos más estables y altos.

Con relación a los ambientes, se identificaron dos que presentaron características similares entre sí (02/03 y 04/05) y el restante que tuvo un comportamiento diferente. A pesar de ello el ciclo agrícola 02/03 fue el ambiente de mayor capacidad discriminante entre genotipos por lo que se constituiría un “ambiente ideal” debido a que fue el más representativo.

Para el rango de ciclos agrícolas evaluados, el efecto de la interacción genotipo-ambiente en el rendimiento de maíz en el área de Sampacho, Córdoba, resultó relativamente pequeña, por lo tanto los productores podrían orientarse para la siembra seleccionando los híbridos superiores sobre la base del rendimiento promedio de cada cultivar a través de los ambientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, M.P. y G.H. EYHÉRABIDE 1996 Estabilidad del rendimiento de híbridos comerciales de maíz en el área de la EEA Pergamino. **Revista de Tecnología Agropecuaria**, 17-21.
- BURGUEÑO, J., J. CROSSA y M. VARGAS 2001 SAS programs for graphing GE and GGE biplots. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), INT. En: <http://www.cimmyt.org/Research/Biometrics/bsu.htm>. Consultado: 18-07-2004.
- BUTRÓN, A., P. VELASCO, A. ORDÁS y R.A. MALVAR 2004 Yield evaluation of maize across environments with different levels of pink stem borer infestation. **Crop Sci.** 44:741-747.
- CANTERO, A., E. BRICCHI, V. BECERRA, J.M. CISNEROS y H. GIL 1986 **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto (Córdoba)**, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.
- CLARÍN 2004 Maíz: la planta, los mercados y el manejo. **En: El gran libro de la siembra directa**. Editorial Clarín, Buenos Aires.
- CROSSA, J. y P.L. CORNELIUS 1997 Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variance. **Crop Sci.** 37:405-415.
- CROSSA, J., P. L. CORNELIUS y W. YAN 2001 Biplots of linear-bilinear models for studying crossover genotype x environment interaction. **Crop Sci.** 42: 619-633.
- DE LA VEGA, A.J. y E.B. DE LA FUENTE 2003 Elección de genotipos. **En: Producción de granos, bases funcionales para su manejo**. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- FAO, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN 2004 Uso de fertilizantes por cultivo en Argentina. En: www.fao.org. Consultado: 28-04-2005
- FORJÁN, H. 2003 Los híbridos de maíz recomendados para la región sur bonaerense. **Revista técnica AAPRESID**. Julio 2003:29-32
- IBAÑEZ, M.A., M.A. DI RENZO, S.S. SAMAME, N.C. BONAMICO y M.M. POVERENE 2001 Genotype-environment interaction of lovegrass forage yield in the semi-arid region of Argentina. **J. Agric. Sci.** 137:329-336.

- INFOSTAT 1 2004 Grupo InfoStat, FCA, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- LEE, S.J., W. YAN, J.K. AHN y I.M. CHUNG 2003 Effects of year, site, genotype and their interactions on various soybean isoflavones. **Field Crops Res.** 81:181-192.
- MAIZAR 2004 Recomendaciones para la interpretación de ensayos comparativos de rendimiento de híbridos de maíz. En: www.maizar.org.ar. Consultado: 15-04-2005
- SARLANGUE, H. 2005 La importancia del maíz en la rotación. Unidad Integrada Balcarce INTA EEA - FCA UNMdP. En: www.inta.gov.ar. Consultado: 15-04-2005.
- SAS Institute, 1990 **SAS/STAT Users Guide: Statistics**, Version 6, 4th Edn. SAS Inst., Cary, N.C., USA.
- SYNGENTA 2005 Por qué la aplicamos en maíz? En: www.syngentaseeds.es/biotecnología/maíz21.htm#importancia2. Consultado: 05-09-2005.
- TELLERÍA, G. 2002 El papel del maíz en los planteos de producción del sur de Córdoba. **En: Guía Dekalb del cultivo de Maíz**. Monsanto Argentina S.A., Buenos Aires.
- YAN, W., L.A. HUNT, Q. SHENG y Z. SZLAVNICS 2000 Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Sci.** 40:597-605.
- YAN, W., L.A. HUNT, Q. SHENG y Z. SZLAVNICS 2001 Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. **Crop Sci.** 41:19-25.
- YAN, W. y I. RAJCAN 2002 Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Sci.** 42:11-20.

ANEXOS



Anexo 1. Ubicación geográfica de los ensayos comparativos de rendimiento.

Dentro del círculo azul se encuentra el área donde se realizaron los ensayos comparativos de rendimiento para grano de maíz, para las tres campañas (02/03, 03/04, 04/05).

Anexo 2. Manejo cultural de los ensayos por campaña.

	Campaña 2002/03	Campaña 2003/04	Campaña 2004/05
Fecha de siembra.	19, 20 y 21 de septiembre.	28 y 29 de octubre.	4 y 5 de octubre.
Cultivo antecesor.	Soja.	Soja.	Soja.
Fertilización a la siembra.	Una mezcla compuesta por el 68% de fosfato monoamónico y 32% de sulfato de amonio, la cual fue aplicada en las siguientes proporciones: 68 kg/ha en la línea y 124 kg/ha al costado.	294 kg/ha de una mezcla compuesta por el 68% de fosfato monoamónio y 32% de sulfato de amonio.	120 Kg/ha de fosfato monoamónico.
Pulverizaciones de presiembra.	El 17 de junio 2002 con 1,25 kg/ha de glifosato, 0,3 l/ha de aceite.	El 5 de agosto de 2003 con 2 l/ha de glifosato, 1 l/ha de atrazina, 0,03 l/ha de coadyuvante.	El 30 de mayo de 2004 se aplicó 2 l/ha de glifosato, 1 l/ha de atrazina 50%, 0,030l/ha de coadyuvante.
Pulverizaciones de preemergencia.	El 22 de septiembre 2002 con 2 l/ha de glifosato, 1,1 l/ha Dual Gold (metolacloro), 0,1 l/ha de cipermetrina, 0,03 l/ha de coadyuvante.	El 31 de octubre de 2003 con 2,5 l/ha de glifosato, 1,1 l/ha de Dual Gold (Metolacloro), 0,1 l/ha de cipermetrina, 1 l/ha de atrazina, 0,02 l/ha de Li Plus (coadyuvante).	El 8 de octubre de 2004 se aplicó 3 l/ha de glifosato, 0,3 l/ha M.C.P.A., 0,55 kg/ha de atrazina 90%, 1,1 l de Dual Gold (metalacloro), 0,1 l/ha de cipermetrina, 0,02 l/ha de coadyuvante.
Pulverizaciones de postemergencia.	El 18 de noviembre 2002 con 4 l/ha de	El 25 de noviembre de 2003 con 2 l/ha de	El 27 de octubre se aplicó 0,015 l/ha de

	atrazina, 0,1 l/ha Tordon (picloram), 0,3 l/ha coadyuvante, 0,3 l/ha de aceite, 0,08 l/ha de cipermetrina.	atrazina, 0,05 l/ha de Tordon (picloram), 0,07 l/ha de cipermetrina, 0,03 l/ha de coadyuvante.	Clap (Fipronil), 0,03 l/ha de coadyuvante y el 17 de noviembre 0,03 kg/ha de Challenger (Nicosulfuron), 0,7 l/ha de aceite agrícola, 0,05 l/ha de Tordón, 0,02 l/ha de coadyuvante.
Refertilización.	Con barra fertilizadora en cuarta hoja con 313 kg/ha de urea.	Se realizó con 430 l/ha de UAN.	Se realizó con 468 kg/ha de UAN el 25 de noviembre.

Datos de suelo:

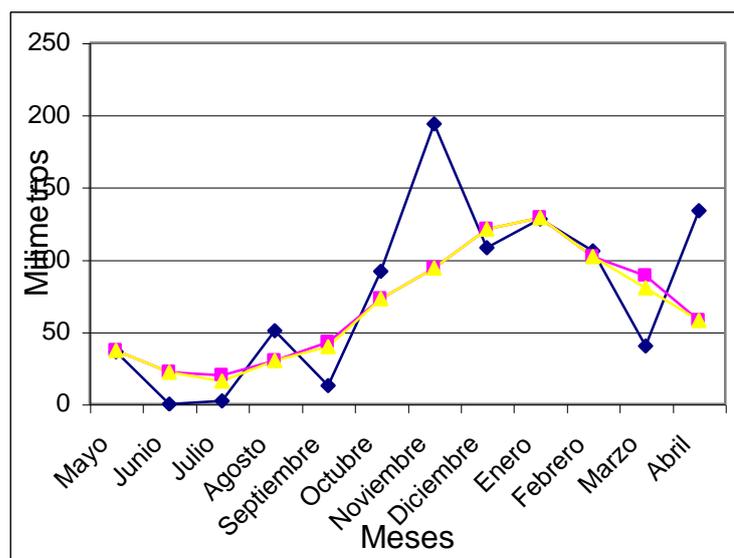
Anexo 3. Análisis de suelo del predio donde se llevo a cabo el ensayo en cada ciclo productivo.

Campaña	Mat. Org. (%)	Fosforo (ppm)	N-NO3 0-20 (ppm)	N-NO3 20-40 (ppm)	N-NO3 40-60 (ppm)
2002/03	2,6	19,6	15,6	13,7	9,9
2003/04	1,7	18,7	10,6	10,4	6
2004/05	2,1	19,4	14,5	10,6	5

Datos Climáticos:

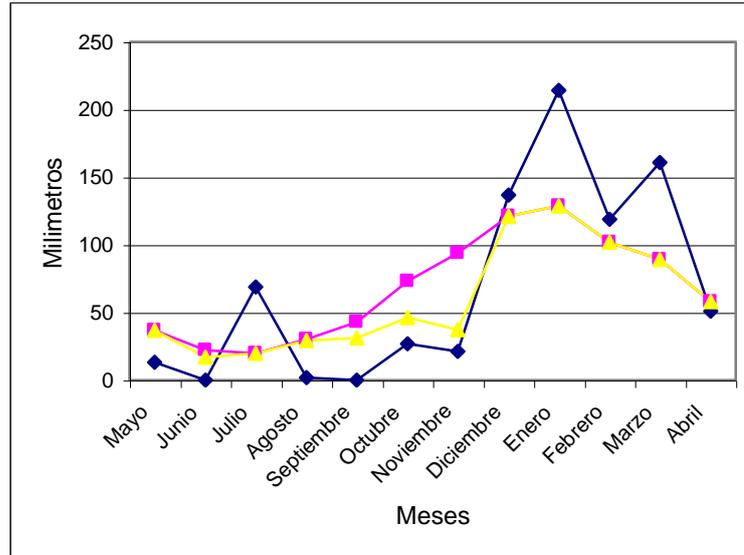
Anexo 4. Registro de precipitaciones mensuales para el establecimiento Est. Las Rosas

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
2002	153	70	75	156	36	0	2	51	13	92	194	108	950
2003	128	106	40	134	13	0	69	2	0	27	21	137	677
2004	214	119	161	51	258	0	48	22	0	117	61	81	803
2005	291	56	122	43									



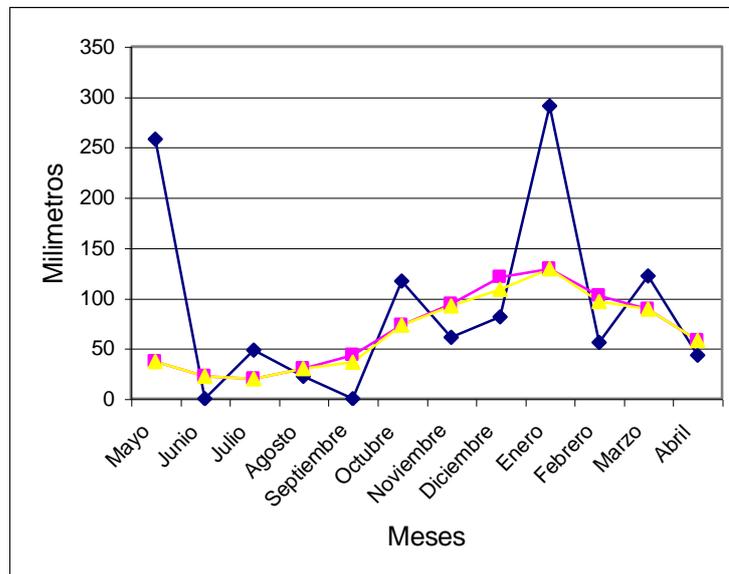
◆ *Precipitaciones* ■ *Evapotranspiración potencial*
▲ *Evapotranspiración real*

Anexo 5. Balance hídrico para la campaña 2002/03 en Est. Las Rosas. Fuente: Datos provistos por la cátedra de meteorología agrícola, FAV, UNRC.



◆ *Precipitaciones* ■ *Evapotranspiración potencial*
▲ *Evapotranspiración real*

Anexo 6. Balance hídrico para la campaña 2003/04 en Est. Las Rosas. Fuente: Datos provistos por la cátedra de meteorología agrícola, FAV, UNRC.



◆ *Precipitaciones* ■ *Evapotranspiración potencial*
▲ *Evapotranspiración real*

Anexo 7. Balance hídrico para la campaña 2004/05 en Est. Las Rosas. Fuente: Datos provistos por la cátedra de meteorología agrícola, FAV, UNRC.