

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

EVALUACIÓN DE LA TOLERANCIA A SEQUÍA
MEDIANTE LA SINCRONÍA FLORAL EN LÍNEAS
ENDOCRIADAS DE MAÍZ

Alumno: **Leali, Ezequiel Raúl**

DNI: 27538174

Director: **Ibáñez, Mercedes Alicia**

Co-Director: **Bonamico, Natalia Cecilia**

Río Cuarto – Córdoba

Septiembre/2006

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Titulo del Trabajo Final: Evaluación de la tolerancia a sequía mediante la
sincronía floral en líneas endocriadas de maíz

Autor: Leali, Ezequiel

DNI: 27538174

Director: Ibañez, Mercedes Alicia

Co-Director: Bonamico, Natalia Cecilia

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado

Evaluador:

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Características del maíz	1
1.2. Rendimiento potencial y bajo estrés	2
1.3. Estrés por sequía	3
1.4. Caracteres secundarios en la selección	5
1.5. Hipótesis	6
1.6. Objetivo general	6
1.7. Objetivos específicos	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1. Material genético	7
2.2. Experimento de campo	7
2.3. Análisis estadístico	8
RESULTADOS	10
DISCUSIÓN	15
CONCLUSIONES	17
BIBLIOGRAFÍA CITADA	18

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1.	Suma de cuadrados de los análisis de varianza para los distintos caracteres evaluados en las 32 líneas de maíz en dos condiciones hídricas	10
Cuadro 2.	Ordenamiento de las líneas con mejor comportamiento para las variables analizadas	12
Cuadro 3.	Correlaciones fenotípicas simples entre caracteres para las 32 líneas de maíz evaluadas en dos niveles hídricos	12
Figura 1.	Biplot para los 10 caracteres evaluados en las 32 líneas de maíz.....	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Precipitación media del ciclo 2003/04 y precipitación media mensual para el período 1974/93 para Río Cuarto.....	22
Anexo 2.	Comportamiento promedio de las líneas para los caracteres evaluados en Río Cuarto.....	23
Anexo 3.	Autovalores y autovectores del análisis de componentes principales de los 10 caracteres evaluados.....	25

RESUMEN

La disponibilidad hídrica durante el período de floración del maíz es uno de los principales factores que determinan el rendimiento de grano. La sensibilidad a estas condiciones ambientales en el momento de floración, indica la necesidad de obtener materiales tolerantes a sequía. En el mejoramiento genético, la utilización de caracteres secundarios como la sincronía floral, puede aumentar la eficiencia de la selección. Los objetivos de este trabajo fueron identificar líneas endocriadas tolerantes a sequía agrupando las que poseen un comportamiento similar y determinar interrelaciones entre caracteres y entre caracteres y líneas. El ensayo se realizó bajo dos condiciones hídricas en el campo experimental de la UNRC, Río Cuarto, en el ciclo agrícola 2003/04. Se evaluaron 32 líneas endocriadas, provenientes del cruzamiento de una línea pública dentada por una línea flint, con características contrastantes al Mal de Río Cuarto. Los caracteres analizados fueron: días desde emergencia a floración masculina (FM); días desde emergencia a floración femenina (FF); intervalo anthesis-estigma al inicio de floración (IAEi), intervalo anthesis-estigma al 50% de floración (IAEm) e intervalo anthesis-estigma al final de floración (IAEf); altura de planta (AP); altura de inserción de la primera espiga (AE); rendimiento de grano (PN); peso de mil granos (PM) e índice de severidad al Mal de Río Cuarto (ISE). Los resultados del análisis univariado mostraron diferencias significativas entre líneas para la mayoría de los caracteres analizados, y diferencias en las condiciones hídricas para el ISE. No obstante hubo una tendencia a mayor asincronía entre FM y FF en secano. El análisis multivariado indicó que un incremento en el rendimiento está asociado con una reducción del IAE, del ISE y de los días a floración y un aumento en la AP y AE. Estas asociaciones sugieren que los caracteres secundarios pueden ser útiles en el proceso de selección. Las líneas que mostraron buen comportamiento *per se* podrían usarse como materiales para formar nuevas poblaciones o para desarrollar híbridos.

Palabras clave: maíz, estrés a sequía, rendimiento, intervalo anthesis-estigma, selección por caracteres secundarios.

SUMMARY

Evaluation of drought tolerance through floral synchronous in inbred lines of maize

Water availability is probably the most limiting factor for yield grain during the flowering period of maize. The sensibility to lack of water, indicates the necessity to obtain drought tolerant materials. In the genetic improvement, the use of secondary traits like floral synchronous, can increase the selection efficiency. The objectives of this study were to identify drought tolerant inbred lines grouping the ones that have a similar performance and to determine traits and lines interrelation. The experiment was realized in UNRC fields, Río Cuarto, during agricultural cycle 2003 and 32 inbred lines were evaluated. Lines derived from crosses between a public dent line susceptible and a flint line tolerant to “Mal de Río Cuarto” were evaluated under two hydric conditions. The analyzed traits were: days since the emergency to anthesis (FM), days since emergency to silking (FF), anthesis-silking interval at the flowering beginning (IAEi), anthesis-silking interval at the flowering middle (IAEm) and anthesis-silking interval at the flowering end (IAEf); plant height (AP); first ear insertion height (AE); yield grain (PN); one thousand grain weight (PM) and the severity index (ISE) to “Mal de Río Cuarto” disease. The results of the univariate analysis showed significant differences among lines for many of the traits and among irrigation levels for the ISE. Under drought conditions there was a longer asynchronous between FF and FM. The multivariate analysis showed that a better yield is associated with a reduction of IAE, ISE and flowering days and an increase in AP and AE. These associations suggest that secondary traits are useful in the selection process. The lines that showed a good performance *per se* could be used as material to create new populations or hybrids.

Key words: maize, drought stresses, yield, anthesis to silking interval, selection by secondary traits.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Características del maíz

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género.

Probablemente fue domesticado en Centroamérica, a partir del *Z. mays ssp. parviglumis*, un teosinte nativo del sur de México. Otra fuente probable de material genético es *Z. mays ssp. mexicana*. El desarrollo de la variedad cultivada, seleccionada a lo largo de varias generaciones a partir de variedades silvestres de espigas excesivamente pequeñas para el consumo, se estima hacia el año 8000 aC. La espiga más antigua conservada, hallada en el valle mexicano de Oaxaca, fue datada alrededor del 4250 aC. Igualmente fue un cultivo ancestral en la época preinca, en el antiguo Perú, especialmente desarrollado durante el Imperio Inca. Posteriormente fue introducido a Europa en 1492, tras la expedición de Cristóbal Colón a América (Wikipedia, 2005).

El maíz cultivado es una planta completamente domesticada, no crece en forma salvaje y no puede sobrevivir en la naturaleza, siendo completamente dependiente de los cuidados del hombre (Wilkes, 1985; Galinat, 1988; Dowswell *et al.*, 1996).

El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos, en la actualidad se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3.800 msnm en la cordillera de los Andes. Actualmente, el cultivo continúa expandiéndose a nuevas áreas y a nuevos ambientes.

El maíz, representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial. Junto con el arroz y el trigo son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo (Ministerio de Agricultura Rep. del Perú, 2002).

En cuanto a su producción, según datos del USDA, la producción total mundial (2004/05) se aproxima los 701.82 millones de t. Los principales productores mundiales son: EEUU y China con un 60% del total de la producción, en tanto que Argentina se encuentra

en quinto lugar con 19 millones de t. Con respecto al comercio total mundial, éste es de 76.900 millones de t y Argentina es el segundo exportador mundial (SAGPYA, 2005).

Es previsible que la demanda de maíz como alimento humano y animal crezca en las próximas décadas en los países en desarrollo a una tasa mayor que la del trigo o del arroz. Byerlee y Saad (1993) han hecho proyecciones en las que la tasa de incremento de la demanda de maíz durante el período 1990-2005 se estima en 4,1%/año en los países en desarrollo, comparado con una tasa global de 2,6%/año.

Todos estos indicadores hacen que el maíz sea un cultivo que debe ser debidamente explotado a fin de alimentar la creciente población mundial; mayores incrementos de producción de alimentos humanos y animales deben provenir de los cereales de grano grueso, incluyendo el maíz, los cuales tienen ventajas comparativas en ambientes desfavorables. El maíz no ha alcanzado aún el límite de difusión en los ambientes productivos.

1.2. Rendimiento potencial y bajo estrés

El máximo rendimiento de un cultivo en el campo, donde el agua y los nutrientes no son limitantes, es un indicador del rendimiento potencial. Alcanzar el rendimiento potencial ha sido una meta permanente de los agricultores.

El cultivo de maíz, posee una excelente capacidad para usar los recursos del ambiente (radiación, agua y nutrientes) y convertirlo en rendimiento (granos), debido principalmente a tres aspectos claves:

Elevada fotosíntesis neta: presenta un metabolismo fotosintético C4, altamente eficiente en la ganancia de carbono.

Tipo ideal de planta: la arquitectura de la planta de maíz, con hojas pequeñas en la base y en el tope y hojas grandes en el centro, junto con la inclinación de las hojas con respecto al suelo, representa un tipo de planta ideal (ideotipo) permitiendo que la casi totalidad de la radiación (luz) incidente sea capturada por la mayoría de las hojas. Estas características a nivel de planta individual, se traducen, cuando las plantas se encuentran en densidades óptimas en el campo (cultivo), en una mayor eficiencia de captura y uso de la radiación.

Vigor híbrido o heterosis: la semilla de maíz destinada al cultivo, es un hijo de la cruce entre dos líneas puras que difieren sustancialmente en su trasfondo genético. Al cruzarse, la combinación genética que resulta se traduce en un rendimiento mucho mayor que el de las líneas puras. Este incremento de rendimiento con respecto a las líneas padres se denomina vigor híbrido o heterosis (Valentinuz y Paparotti, 2004).

Las tres características mencionadas representan una clara ventaja del maíz con respecto a otros cultivos cuando se comparan en términos de rendimiento potencial o sin limitaciones. Sin embargo, es conocida la gran caída de rendimiento de maíz en situaciones de estrés abiótico (falta de agua, falta de nutrientes, escasa radiación, altas o bajas temperaturas, suelos con condición edáfica desfavorable) y bióticos (plagas y enfermedades). El estrés, definido como todo factor que por su presencia o ausencia reduce el rendimiento potencial de un cultivo, afecta drásticamente al maíz cuando ocurre durante el período de floración. Sin embargo los híbridos actuales de maíz muestran una respuesta diferencial ante un mismo estrés lo que determina (en parte) la diferencia entre los híbridos cuando son sembrados en un mismo ambiente. Esta habilidad para sostener el rendimiento ante situaciones desfavorables se denomina tolerancia al estrés y hoy representa una característica clave en la elección de los híbridos a sembrar por parte de productores y agrónomos (Valentinuz y Paparotti, 2004).

Por otra parte, la estabilidad de un híbrido, definida como la habilidad para mantener el rendimiento en diferentes ambientes, es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético de maíz (Valentinuz y Paparotti, 2004).

En nuestra región, zona endémica del Mal de Río Cuarto (MRC), es necesario, bajo ciertas circunstancias (atraso en la fecha de siembra, pronóstico de año con alto riesgo de ataque, etc.), que un híbrido no sólo posea tolerancia a sequía sino también tolerancia al mal de Río Cuarto. El Mal de Río Cuarto, es una enfermedad del cultivo de maíz, causada por un virus de la familia Reoviridae, género Fijivirus (Uyeda y Milne, 1995), y su propagación es realizada por el vector *Delphacodes kuscheli* (Homóptera: *Delphacidae*). Se ha convertido en la enfermedad más importante en la Argentina desde su aparición en 1960, provocando cuantiosas pérdidas a los sembradíos de maíz afectados. En la zona central de Argentina, a medida que se avanza hacia el oeste, se hace más creciente la necesidad de contar con híbridos tolerantes al MRC (March *et al.*, 1992; 1993).

1.3. Estrés por sequía

Los factores que afectan la estabilidad del cultivo son el suelo, el clima y el material genético. Dentro de las características de nuestra región y en cultivos de secano, la precipitación y su distribución en el tiempo son los componentes del clima más importantes. En el maíz, la disponibilidad de agua en el momento oportuno es el factor ambiental crítico para determinar la producción de granos y puede ser exacerbado por otros, incluyendo baja fertilidad natural del suelo, prácticas ineficientes de manejo y estrés bióticos como enfermedades. El maíz es susceptible al estrés por sequía, más aún si la misma ocurre

durante la etapa fenológica de floración, cuando ya es demasiado tarde para que el agricultor pueda hacer ajustes en las prácticas de manejo (Alfaro, 1997).

La productividad puede ser mantenida en ambientes proclives a la sequía sembrando en períodos que permitan la coincidencia de los momentos críticos del cultivo, para la definición de los rendimientos, con los de mayor disponibilidad hídrica del ambiente. Por ejemplo, usando cultivares de ciclo corto que completen su ciclo durante el periodo de mayores precipitaciones; estos cultivares en realidad escapan al estrés de sequía. El inconveniente de esta estrategia es que los cultivares precoces tienen menos tiempo disponible para interceptar la radiación solar, y por lo tanto su potencial de producción no será tan grande como el de los cultivares de ciclo más largo. En algunos años los cultivares de ciclo largo no llegan a aprovechar todo su potencial de rendimiento a causa de las limitaciones de humedad, pero en los años con mayor disponibilidad de agua los cultivares de ciclo corto no pueden explotar la larga temporada de crecimiento cuando los cultivares de ciclo largo podrían ser más productivos. A menudo, las variedades locales usadas por los agricultores en zonas propensas a la sequía son de madurez temprana, indicando así que la estabilidad del rendimiento es más importante, para esos agricultores, que el potencial máximo de rendimiento (Lafitte, 2001).

Los cultivares que son tolerantes a la desecación pierden poca agua de sus tejidos y sus rendimientos son menos afectados que el de los cultivares susceptibles. Hay varias características que parecen ser importantes para dar tolerancia a la desecación en el maíz, dependiendo del momento en que ocurre la sequía. En el caso de un estrés temprano es importante el ajuste osmótico (Chimenti *et al.*, 1997); si el estrés ocurre en la época de la floración, la forma de distribución de los carbohidratos es importante. Los efectos de la sequía durante el secado del grano pueden ser atenuados por una demora en la senescencia y la movilización de las reservas de carbohidratos del tallo.

El maíz es particularmente sensible al estrés en el momento de la floración: un nivel de estrés que tendría poco efecto sobre el rendimiento si ocurriera en una etapa vegetativa o durante el llenado del grano, puede ser catastrófico durante esta etapa de crecimiento.

Dado que tanto la duración del período de liberación del polen como la del de receptividad de los estigmas son limitados, cuanto mayor sea la sincronía floral en el desarrollo de la panoja y la espiga, mayor será la posibilidad de fecundación en condiciones de campo. Si no existen restricciones ambientales, la aparición de los estigmas ocurre en general poco después (uno ó dos días) del comienzo de la anthesis (protandria), aunque en algunos genotipos el proceso puede invertirse (protoginia) (Fischer y Palmer, 1984). Cuando ocurre estrés por sequía justo antes y durante el tiempo de floración se ocasiona un retraso en la floración femenina y un incremento del período entre la floración masculina y la floración femenina o intervalo anthesis-estigma (ASI) (Hall *et al.*, 1982; Westgate y Bassetti, 1990;

Bolaños y Edmeades, 1993) y severas pérdidas de producción. Debido a que, bajo estrés, la panoja tiene dehiscencia más rápida y se demora la elongación de los estigmas, ya que son muy sensibles al contenido de agua de la planta y al abastecimiento de materia asimilada, y cuando éstos son receptivos ya no hay polen. Un déficit hídrico en este periodo afectaría a uno de los componentes del rendimiento más importante, como es el número de granos logrados por unidad de superficie.

1.4. Caracteres secundarios en la selección

La producción de grano bajo condiciones de estrés es usualmente el carácter primario para selección. Un carácter secundario adecuado debe ser: 1) genéticamente asociado con la producción de grano bajo sequía; 2) altamente heredable; 3) estable y fácil de medir; 4) no asociado a la pérdida de producción bajo condiciones ideales de crecimiento (Edmeades *et al.*, 2001).

Actualmente, uno de los objetivos del mejoramiento genético de maíz para tolerancia a sequía está relacionado con disminuir el intervalo antesis-estigma. En el pasado, el mejoramiento se basó en metodologías de selección usando caracteres fisiológicos y morfológicos en lugar del rendimiento como criterio de selección (Blum, 1988). Los fisiólogos del programa de maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) examinaron un buen número de características secundarias tales como: intervalo antesis-estigma, tasa de elongación del tallo y hoja, temperatura del follaje, enrollamiento foliar, contenido de clorofila de la hoja, tamaño de panoja, y concentración osmótica de la hoja (San Vicente *et al.*, 1999). El cambio más importante que observaron causado por la selección fue en el comportamiento de la floración del cultivo bajo condiciones de sequía. Bajo las condiciones de estrés el intervalo entre la antesis y la floración femenina aumentó consistentemente en el maíz. El ambiente de estrés de sequía usado en este estudio fue especialmente efectivo para mostrar la variación genética de la demora en la aparición de los estigmas en condiciones de sequía y permitió progresar rápidamente en la reducción del intervalo antesis-floración femenina. Aún cuando este intervalo es muy pequeño en las plantas que tienen abundancia de agua, este mejoramiento llevó a obtener ganancias también en el ambiente irrigado. Adicionalmente, también se determinaron las relaciones entre el rendimiento y sus componentes (peso de cada grano, granos por espiga y número de espigas por plantas) (Edmeades *et al.*, 1997a). Se observaron ganancias de rendimiento altas y uniformes bajo las condiciones de estrés y también en los ambientes irrigados (Edmeades *et al.*, 1997b). La heredabilidad del rendimiento de grano no declinó hasta que los rendimientos se redujeron a cerca del 20% de las parcelas irrigadas. A estos bajos niveles de rendimiento, la correlación genética entre el rendimiento de grano y el intervalo antesis-floración

femenina fue relativamente alta, cerca de -0,70, así como también la correlación entre espigas por planta y el rendimiento de grano cerca de 0,80 (Edmeades *et al.*, 1992). Estos resultados indican que la selección bajo estrés de sequía puede ser bastante eficiente.

La selección por caracteres secundarios de alta heredabilidad significativamente correlacionados con el carácter de interés tiene importantes implicancias en el mejoramiento genético. El intervalo anthesis-estigma es considerado un carácter secundario preciso, de alta heredabilidad y correlacionado significativamente con la producción de grano bajo condiciones de estrés. Además, es un carácter fácilmente observable en plantas bajo estrés en la etapa fenológica de floración (Bolaños y Edmeades, 1996; Ribaut *et al.*, 1997; Edmeades *et al.*, 1999). Por lo tanto, seleccionar por un pequeño intervalo anthesis-estigma puede indirecta y significativamente contribuir a un incremento en la producción de grano bajo condiciones de sequía.

La heterosis por lo general da a los híbridos una ventaja en el rendimiento en condiciones de sequía; se ha demostrado que la ventaja del vigor híbrido bajo condiciones de sequía puede ser fortalecida usando progenitores tolerantes a la misma cuando se trabaja en la obtención de nuevos cultivares. La probabilidad de obtener un híbrido tolerante a sequía aumenta cuando las líneas endocriadas derivan de poblaciones que a su vez han sido mejoradas para resistencia a sequía.

1.5. Hipótesis

La existencia de variabilidad genética presente entre líneas endocriadas de maíz permitirá detectar respuestas diferenciales ante efectos de sequía.

1.6. Objetivo general

- Identificar líneas endocriadas de maíz tolerantes a sequía.

1.7. Objetivos específicos

- Establecer grupos de líneas con comportamiento similar respecto a los caracteres evaluados.
- Identificar la interrelación entre caracteres.
- Examinar la asociación entre caracteres y líneas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material genético

En este trabajo se sembraron para evaluar la tolerancia a sequía 172 líneas endocriadas de maíz (145 F₆ + 27 F₅) provenientes del cruzamiento entre Mo17, línea pública dentada, por BLS14, línea flint inscrita por el Instituto de Genética de INTA Castelar en el INASE. La línea pública y la línea de INTA presentan características de susceptibilidad y de tolerancia al Mal de Río Cuarto (MRC), respectivamente.

2.2. Experimento de campo

El ensayo se realizó en el campo experimental de la UNRC, Río Cuarto, Provincia de Córdoba (33° 8'S, 64° 20'O; 334 m snm), sobre un suelo Hapludol típico. La fecha de siembra de las líneas fue el 4 de noviembre de 2003. El espaciamiento entre surcos o parcelas fue de 0,7 m y el espaciamiento entre plantas dentro de surcos fue de 0,1 m. El ensayo estuvo afectado por dos condiciones diferentes de humedad, riego y secano. El riego consistió en la aplicación de 30 mm de agua cada 10 días desde la emergencia hasta el comienzo de la floración masculina, luego se suspendió durante el período de floración y, una vez culminada la fecundación, se continuó con riego hasta que finalizó el llenado de grano.

Las variables o caracteres evaluados fueron: días desde la siembra hasta la emergencia; días a antesis o floración masculina (FM) y a floración femenina (FF); intervalo antesis-estigma al inicio (IAEi), al 50% (IAEm) y al final (IAEf); altura de planta (AP), altura de inserción de la primera mazorca (AE), rendimiento de grano por parcela (0,7 m²) (PN), peso de mil granos (PM) y el índice de severidad al Mal de Río Cuarto (ISE). La emisión de polen y la aparición de los estigmas fueron los momentos considerados como floración masculina y floración femenina, respectivamente. Dichos caracteres fueron evaluados cuando 25%, 50% y 75% de las plantas de cada parcela iniciaron la liberación de polen y cuando sobrevino la aparición de los estigmas. El intervalo antesis-estigma fue estimado como la diferencia en días entre floración masculina y floración femenina para cada intervalo. La altura de planta fue medida desde la base del tallo hasta el extremo distal de la panoja y la altura de mazorca desde la base del tallo hasta la inserción de la primera mazorca. En estos caracteres medidos en plantas individuales se calculó el promedio para cada surco. Cuando el maíz alcanzó la madurez fisiológica se procedió a la cosecha individual por planta, y se calculó el rendimiento de grano, expresados al 14 % de humedad,

en base al peso de semillas cosechadas por surco y el peso de mil semillas tomando una muestra de las semillas cosechadas de cada surco. Para la evaluación del comportamiento fenotípico de las líneas frente al mal de Río Cuarto, a cada planta se le asignó un grado (0: planta asintomática, 1: presencia de enaciones; 2: enaciones + espiga curva; 3: enaciones + enanismo + espiga pequeña, múltiple, sin granos), de acuerdo a una escala que agrupa a las plantas en cuatro grados de severidad (Ornaghi *et al.*, 1999). Por último se calculó, para cada línea, un índice de severidad de la enfermedad (Grau *et al.*, 1982) según la fórmula $ISE = \frac{\sum(\text{grado} \times \text{n}^\circ \text{ de plantas en cada grado})}{(3 \times \text{n}^\circ \text{ total de plantas})}$, donde $3 = (\text{n}^\circ \text{ grados} - 1)$.

2.3. Análisis estadístico

Cada variable fue estudiada inicialmente con un enfoque univariado como el análisis de varianza de un diseño en bloques completos al azar. Los factores principales fueron línea y condición hídrica, y la interacción fue tomada como parte del error experimental. Las medias se compararon utilizando la prueba de intervalos múltiples de Duncan con un nivel de significación del 5%.

Ante la escasez de semilla, se puede incrementar la semilla y retrasar la evaluación una campaña, lo que disminuye la ganancia genética por unidad de tiempo en un programa de mejoramiento o bien es posible evaluar los caracteres en ensayos sin repeticiones. Para caracteres de heredabilidad mediana a alta puede ser ventajoso evaluar un mayor número de materiales sin repeticiones, no así en caracteres de heredabilidad baja, donde lo más adecuado es emplear diseños con repeticiones.

Los datos de las distintas variables fueron utilizados para estimar las correlaciones fenotípicas simples entre todos los caracteres utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Estos coeficientes de correlación permitieron describir la asociación fenotípica entre pares de caracteres.

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 un gran número de líneas respecto a las variables y la interrelación entre variables y líneas obtenidas sobre la base del patrón total de los datos.

En el biplot, se grafican las líneas como puntos y las variables como vectores desde el origen. La distancia entre líneas y variables no tiene interpretación, pero las direcciones de los vectores desde el origen sí pueden ser interpretadas. Las líneas 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 (2004).

RESULTADOS

En el Cuadro 1, se encuentran los resultados de los análisis de varianza de las 32 líneas de maíz evaluadas en dos condiciones hídricas. Numerosas líneas fueron fuertemente afectadas por el virus del Mal de Río Cuarto (MRCV) y por efecto fitotóxico al herbicida aplicado en preemergencia. Por lo tanto, sólo se pudieron analizar la totalidad de los caracteres de interés en 32 líneas del total de los materiales sembrados. En el experimento las diferentes líneas sólo manifestaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para las variables AE, FM, y FF; diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las líneas en AP, IAEi e ISE. En lo referente a las condiciones hídricas sólo se encontró diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) para la variable ISE.

Las lluvias ocurridas durante el ciclo del cultivo acumularon un total de 636 mm; Anexo 1; valor que no varía en gran medida a los registrados en la serie histórica 1974/93 (620 mm); y en cuanto a la distribución de las precipitaciones, sólo los primeros dos meses mostraron grandes variaciones con respecto a la serie, noviembre, por un lado, con registros menores a la media y diciembre con un total de precipitaciones muy superior a la media histórica para ese mes.

Cuadro 1. Suma de cuadrados de los análisis de varianza para los distintos caracteres evaluados en las 32 líneas de maíz en dos condiciones hídricas.

Suma de cuadrados											
Fuente de variación	Grados de libertad	AE (cm)	AP (cm)	PN (g)	PM (g)	FM (d)	FF (d)	IAEi (d)	IAEm (d)	IAEf (d)	ISE (%)
Línea	31	0,48**	2,16 *	1393412,09	133224,77	644,94 **	1030,23 **	286,75 *	347,00	1157,00	2,68 *
Condición hídrica	1	0,02	0,03	14586,60	146,74	1,00	9,77	16,00	16,00	39,06	0,45 **
Error	31	0,16	1,02	848170,47	98095,99	252,00	377,73	139,00	304,00	1070,94	1,46
Total	63	0,66	3,21	2256169,15	231467,51	897,94	1417,73	441,75	667,00	2267,00	4,59

*, **: Significativo para $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

La discriminación mediante la prueba de intervalos múltiples de Duncan y el ordenamiento de las líneas por su comportamiento *per se* se encuentran en el Anexo 2.

Las líneas con mayor AE fueron seis con valores entre 0,62 y 0,76 cm. Para AP se encontraron 22 líneas que mostraron la mayor AP en un rango de altura desde los 1,44 a 1,88 m.

Las líneas que más rápidamente alcanzaron la floración masculina lo hicieron en 66 días y 79 días las más tardías. En cuanto a la floración femenina las líneas más precoces tardaron 67 y las líneas más tardías 83 días.

En la variable PN se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las líneas para un nivel de significancia del 10%, con un peso de 585,92 g para la línea de mejor comportamiento y de 43,12 g para la línea de menor PN.

Aunque no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre líneas ni entre tratamientos para el carácter PM la línea que mayor PM mostró fue de 404,55 g y la de menor fue de 187,65 g.

Para el IAEi se encontró que en la línea de protandria más marcada, la liberación de polen comenzó 6,5 días antes que los estigmas estuvieran receptivos; en tanto que las líneas con protoginia más acentuada, los estigmas estuvieron receptivos 2 días antes que se comience a liberar polen. El intervalo medio para las líneas bajo riego fue de 1,44 días mientras que para el caso de secano esta media fue de 2,44 días, es decir que se redujo en un día el intervalo en las líneas bajo riego, aunque estas diferencias no son significativas estadísticamente. Seis líneas tuvieron la mejor sincronía floral con 0 días de intervalo.

En el caso del IAEm los valores más extremos para el intervalo comprendido entre la antesis y la receptividad de los estigmas fue de 7,5 días, y para el caso contrario, protoginia, fue de 0,5 días. En tanto, que el intervalo medio fue de 2,38 días para riego y de 3,38 días para el caso de secano, es decir que se redujo en un día el intervalo en las líneas bajo riego aunque estas diferencias no fueron significativas estadísticamente ($p > 0,05$). Dos líneas presentaron un intervalo de 0 días.

En el IAef, la línea que manifestó una protandria más larga tuvo una extensión de 8,5 días, mientras que para la protoginia el intervalo más prolongado correspondió a 13 días. El intervalo promedio para las líneas bajo riego fue de 2,59 días y para secano de 4,16 días, ó sea que se redujo el intervalo en 1,57 días, siendo estas diferencias no estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Dos líneas mostraron la mayor sincronía floral con 0 días en la duración del IAef.

Para el ISE las líneas tuvieron un índice medio para riego de 0,50 y para secano de 0,33. Las líneas mostraron distintos grados de afección a la enfermedad y sólo 10 líneas tuvieron valores que indican una cierta tolerancia a la enfermedad. En general, el ISE se mostró bajo para todas las líneas evaluadas, debido a que la alta infección manifestada en el experimento a campo produjo la pérdida del resto de las líneas pudiéndose evaluar todos los caracteres de interés sólo en aquellas que fueron menos afectada por la enfermedad.

En el Cuadro 2 se presentan las 10 líneas de mejor comportamiento para cada variable. Las líneas que tuvieron un buen comportamiento en por lo menos 5 de las variables

fueron: 173, 86, 217, 169, 172, 191, 167, 148 y 134; en donde la línea 172 es una F₅, la 217 es una retrocruza y las demás son líneas F₆.

Cuadro 2. Ordenamiento de las líneas con mejor comportamiento para las variables analizadas.

AE	AP	PN	PM	FM	FF	IAEi	IAEm	IAEf	ISE
13	136	86	134	169	169	65	130	130	213
163	163	169	86	86	86	134	167	167	65
214	151	222	136	217	217	173	134	86	84
172	148	221	217	191	167	172	17	134	221
151	173	213	173	173	173	219	169	173	190
217	172	195	16	168	191	213	207	107	173
191	84	173	191	167	148	169	221	17	149
168	16	217	219	219	172	167	86	151	134
148	222	17	19	148	207	151	172	169	148
86	149	191	149	172	222	207	173	16	217

En el Cuadro 3 se muestran las correlaciones fenotípicas simples obtenidas entre caracteres para las 32 líneas de maíz evaluadas en las dos condiciones hídricas.

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas simples entre caracteres para las 32 líneas de maíz evaluadas en dos niveles hídricos.

Variable	AP	PN	PM	FM	FF	IAEi	IAEm	IAEf	ISE
AE	0,5 **	0,10	0,08	-0,07	-0,12	0,03	-0,09	0,04	-0,15
AP		0,23	0,23	-0,06	-0,15	-0,04	-0,15	-0,13	-0,30 *
PN			0,20	-0,43 **	-0,52 **	-0,20	-0,27 *	-0,20	-0,31 *
PM				-0,18	-0,23	-0,17	-0,12	0,03	-0,12
FM					0,73 **	0,01	-0,10	-0,06	0,18
FF						0,40 **	0,61 **	0,36 **	0,15
IAEi							0,57 **	0,42 **	-0,02
IAEm								0,59 **	0,01
IAEf									-0,04

N=64, *, **: Significativo para $p < 0,05$ y $p < 0,01$, respectivamente.

Las variables AP-AE; FF-FM; IAEi, IAEm y IAEf con FF; IAEm y IAEf con IAEi; y IAEf-IAEm estuvieron positiva y significativamente correlacionadas ($p < 0.01$), aunque solamente FF-FM y IAEm-FF manifestaron una fuerte correlación. En tanto FM y FF mostraron una moderada correlación negativa con PN pero altamente significativa ($p < 0.01$). Por último las variables IAEm con PN, ISE con AP y PN mostraron una correlación baja, negativa y significativa ($p < 0,05$).

En el Figura 1 y Anexo 3, se muestran los resultados del análisis de componentes principales de las 32 líneas y las 10 variables en estudio.

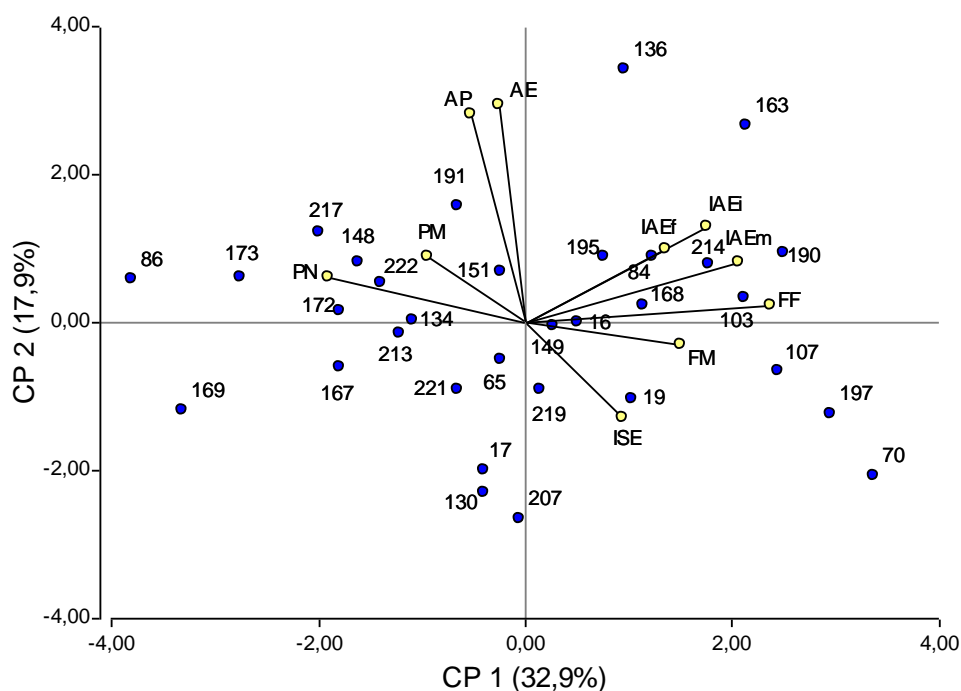


Figura 1. Biplot para los 10 caracteres evaluados en las 32 líneas de maíz.

Con los 3 primeros componentes se explicó el 65% de la variabilidad total en las observaciones (Anexo 3). Con respecto a la CP1 las variables FF, IAEm y IAEi tuvieron los pesos positivos más altos, por lo tanto son las que más influyen positivamente en esta componente, mientras que la variable PN tiene el peso negativo más alto. En tanto que la CP2 explica la variabilidad no explicada por CP1. Las variables AE y AP son las que mayor influencia tienen sobre los valores positivos de esta componente y la variable ISE sobre los valores negativos (Anexo 3). Las componentes representadas en los dos primeros ejes explican el 51% de la variabilidad, y forman cuatro grupos de variables correlacionadas positivamente (Figura 1). Un primer grupo formado por las variables que midieron altura (AP y AE); el segundo grupo formado por las diferencias entre floración femenina y masculina (IAEi, IAEm y IAEf) junto con los días a floración (FF y FM); un tercer grupo esta formado por el ISE; y el último por las variables que midieron el rendimiento (PN y PM). Los grupos opuestos muestran correlaciones negativas, interpretándose que la CP1 opone al grupo que reúne a los IAE, FF y FM con respecto al formado por PN y PM; y la CP2 opone al grupo formado por AP y AE y al formado por el ISE.

En lo que respecta al comportamiento de las líneas se observa un grupo aislado del conjunto con altos valores positivos de la CP1, estas líneas son 70 y 197; y otro grupo con

altos valores negativos de esta componente, las líneas 86, 169 y 173. En tanto que en CP2 sólo las líneas 136 y 163 presentaron valores positivos alejados del resto, y las líneas 207, 130, 17, y 70 presentaron pesos negativos altos en esta componente.

En cuanto a la asociación entre variables y líneas, las líneas que mostraron mejor comportamiento *per se* para PN y PM fueron 86, 173, 217, 148, 172, 222 y 191. Contrariamente las líneas de peor comportamiento para PN y PM fueron las que tuvieron los más altos valores de IAE, FF, FM e ISE, ya que al tener más largo IAE, más días a floración y con mayor incidencia de enfermedad mostraron una caída del rendimiento del grano. Las líneas asociadas positivamente a las variables AP y AE fueron las mismas que para rendimiento, debido a la correlación positiva existente entre estos grupos de variables.

DISCUSIÓN

Los resultados mostraron diferencias en el comportamiento *per se* de las líneas, por lo tanto las líneas superiores podrían utilizarse como germoplasma para desarrollar una población base para el desarrollo de nuevas líneas, como líneas por su comportamiento *per se* y/o para la producción de híbridos. Para la producción de híbridos las líneas deberían ser evaluadas en pruebas para determinar la aptitud combinatoria.

Las líneas que mejor comportamiento mostraron en análisis univariado fueron en su mayoría líneas F₆, destacándose la 173 seguida por la 86, encontrándose entre las 10 mejores en al menos siete de las variables analizadas. Coincidentemente estas líneas son también las más destacadas en el análisis multivariado.

Las condiciones hídricas sólo tuvieron influencia en la respuesta al ISE. Debido a que las lluvias impidieron que se produjera un marcado estrés hídrico, que permitiera demostrar diferencias entre tratamientos y observar variaciones en el rendimiento como las mostradas por Betrán *et al.* (1995), Bolaños y Edmeades (1988) y Lizaso *et al.* (1996). Estudios experimentales realizados por San Vicente *et al.* (1999) y Betrán *et al.* (2003) revelan que la sequía produce la reducción del rendimiento y también reducción de AE y AP en materiales tropicales. Estas diferencias observadas en los resultados entre distintos autores ponen de manifiesto las dificultades que pueden presentarse cuando se trabaja con el manejo de la irrigación para simular estrés hídrico. En futuros estudios debe realizarse un mayor control del estrés para que se puedan expresar mejor las diferencias entre las condiciones hídricas.

El IAE mostró un incremento del 50% en condiciones de sequía, presentando las líneas menor sincronía floral. Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Hall *et al.* (1982), Westgate y Bassetti (1990) y Bolaños y Edmeades (1993). Sin embargo, la correlación simple encontrada para rendimiento de grano a IAEm, ($r = -0,27$; $p < 0.05$), fue marcadamente menor que la citada por Edmeades *et al.*, (1992) ($r = -0,70$).

Un mayor IAE está relacionado a una menor distribución de asimilados hacia las espigas, produciendo un menor crecimiento de la espiga, un incremento en el aborto de granos y una disminución en el crecimiento de granos (Edmeades y Lafitte, 1993).

El ISE mostró un incremento en el nivel de riego; estos resultados deben tomarse con mucho cuidado porque el uso de herbicida contribuyó a crear un estrés adicional produciendo mayor daño en las líneas bajo riego con respecto a secano. Si bien es de esperar que la sensibilidad se incremente en condiciones estresantes para los genotipos, en riego la sensibilidad fue mayor que en secano, debido a que un factor estresante tal como la insuficiencia hídrica en la condición de secano fue superado por otro como la toxicidad por

sobredosis de herbicidas de preemergencia cuya acción se potenció con la abundante disponibilidad hídrica en la condición de bajo riego.

Las asociaciones entre caracteres revelados por los coeficientes de correlación simple y el gráfico de biplot no concuerdan totalmente. Este resultado es esperado ya que el biplot describe la interrelación entre todos los caracteres sobre la base del patrón total de datos mientras que los coeficientes de correlación sólo describen la correlación entre pares de caracteres (Yan y Racjan, 2002).

Las correlaciones negativas entre rendimiento y los caracteres secundarios como días a floración femenina y masculina han sido registradas en otros trabajos de investigación tanto en líneas como en híbridos (Edmeades *et al.*, 1992; Betrán *et al.*, 2003). Esta correlación negativa fue observada principalmente en ambientes estresantes donde los genotipos más precoces pueden escapar al estrés más intenso en floración. La correlación negativa con el IAE también ha sido encontrada en líneas e híbridos en distintos ambientes (Betrán *et al.*, 2003). Lafitte y Edmeades (1995) y Betrán *et al.* (2003) encontraron que el comportamiento *per se* de la línea tiene una alta correlación con el comportamiento del híbrido para IAE. Es importante ratificar lo señalado por Bolaños y Edmeades, 1996; Ribaut *et al.*, 1997 y Edmeades *et al.*, 1999, al denotar al IAE como un carácter fácilmente observable en plantas bajo estrés en la etapa fenológica de floración. Estos aspectos concuerdan con los enunciados por Edmeades *et al.* (2001), para definir un adecuado carácter secundario, útil para selección.

La altura de inserción de espiga y altura de la planta también ha sido positivamente correlacionada en líneas e híbridos tanto en ambientes estresados como no estresados (Betrán *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

Un mayor rendimiento de las líneas estuvo asociado con un corto IAE, temprana floración, menor ISE, incremento en la altura de planta y de inserción de espiga. Estos aspectos hacen a los caracteres secundarios útiles para selección.

Algunas líneas mostraron buen comportamiento *per se* para rendimiento lo que estimula a continuar con evaluaciones más intensas de estos materiales. Con estas líneas identificadas por su buen comportamiento *per se* se podrían formar poblaciones básicas con las cuales iniciar un programa de selección recurrente recíproca o evaluarlas en combinaciones híbridas.

En las condiciones ambientales del presente ensayo el factor condición hídrica no presentó diferencias entre sus niveles riego y secano en las variables evaluadas, a excepción del ISE, debido a que las lluvias fueron abundantes sobre todo en el período crítico del cultivo.

Pese a no ser significativas las diferencias, el tratamiento de estrés produjo una mayor asincronía entre floración masculina y femenina, en promedio, en al menos un día de desfase para cualquiera de los IAE.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALFARO, Y. 1997 Estrategias de mejoramiento genético en maíz. En: www.ceniap.gov.ve/bdigital/congresos/vjornada/presentaciones/13.htm. Consultado: 30-06-2006.
- BETRÁN, F.J., M. BÄNZIGER, G.O. EDMEADES y D. BECK 1995 Relationship between line and topcross performance under drought and non-stressed conditions in tropical maize. p. 88. **En: Agronomy Abstracts**. ASA, Madison, WI.
- BETRÁN, F.J., D. BECK, M. BÄNZIGER y G. EDMEADES 2003 Secondary traits in parental inbreds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. **Field Crops Res.** 83: 51-65.
- BLUM, A. 1988 **Plant Breeding for Stress Environments**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- BOLAÑOS, J. y G.O. EDMEADES 1988 The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **En: Agronomy Abstract**. ASA, Anaheim. CA.
- BOLAÑOS, J. y G.O. EDMEADES 1993 Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. **Field Crops Res.** 31: 233-268.
- BOLAÑOS, J. y G.O. EDMEADES 1996 The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Res.** 48: 65-80.
- BYERLEE, D. y L. SAAD 1993 **CIMMYT's economic environment to 2000 and beyond - a revised forecast**, CIMMYT. México, DF.
- CHIMENTI, C., J. CANTAGALLO y E. GUEVARA 1997 Osmotic adjustment in maize: genetic variation in association with water uptake. **En: Edmeades G.O., M. Bänziger, H.R. Mickelson y C.B. Peña-Valdivia (Eds.). Developing drought and low-nitrogen tolerant maize. proc. of a symp.** CIMMYT, El Batán, México.
- DOWSWELL, C.D., R.L. PALIWAL y R.P. CANTRELL 1996 **Maize in the third world**. Westview Press, Boulder Co., USA.
- EDMEADES, G.O., J. BOLAÑOS y H.R. LAFITTE 1992 Progress in breeding for drought tolerance in maize. En: Wilkinson D. (Ed). **Proc. 47th ann. corn and sorghum Ind. Res. Conf. ASTA**. Chicago, Illinois.

- EDMEADES, G.O. y H.R. LAFITTE 1993 Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. **Agron. J.** 85: 850-857.
- EDMEADES, G.O., J. BOLAÑOS y S.C. CHAPMAN 1997a Value of secondary traits in selecting for drought tolerance in tropical maize. **En:** Edmeades, G.O., M. Banziger, H.R. Mickelson, y C.B. Peña-Valdivia (Eds.). **Developing Drought and Low-N Tolerant Maize**. Proceedings of a Symposium. March 25-29, 1996. CIMMYT, El Batán, D.F. México.
- EDMEADES, G.O., J. BOLAÑOS, M. BANZIGER, S.C. CHAPMAN, C.A. ORTEGA, H.R. LAFITTE, K.S. FISCHER y S. PANDEY 1997b Recurrent selection under managed drought stress improves grain yields in tropical maize. **En:** Edmeades, G.O., M. Banziger, H.R. Mickelson y C.B. Peña-Valdivia (Eds.). **Developing drought and low-nitrogen tolerant maize**. CIMMYT, El Batán, México.
- EDMEADES, G.O., S.C. CHAPMAN, J. BOLAÑOS, M. BANZIGER y H.R. LAFITTE 1999 Selection improves drought tolerance in tropical maize population. II. Direct and correlated responses among secondary traits. **Crop Sci.** 39: 1315-1324.
- EDMEADES, G.O., M. COOPER, R. LAFITTE, C. ZINSELMEIER, J.M. RIBAUT, J.E. HABBEN, C. LOFFLER y M. BANZIGER 2001 Abiotic stresses and staple crops. **En:** Nosberger, J., H.H. Geiger, P.C. Struik (Eds.). *Crop Science*, Wallingford (UK).
- FISCHER, K.S. y A.F.E. PALMER 1984 Tropical maize. **En:** Goldsworthy P.R. y N.M. Fisher (Eds.). **The physiology of tropical field crops**. Wiley y Sons, New York, USA.
- GALINAT, W.C. 1988 The origin of corn. **En:** Sprague G.F. y J.W. Dudley (Eds.). **Corn and corn improvement, 3rd ed.** American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- GRAU, C., V. RADKE y F. GILLESPIE 1982 Resistance of soybean cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Dis.** 66: 506-508.
- HALL, A.J., F. VILELLA, N. TRAPANI y C. CHIMENTI 1982 The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. **Field Crops Res.** 5: 349-363.
- INFOSTAT 2004 InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- JOHNSON, D.E. 2000 **Métodos multivariados aplicados al análisis de datos**. International Thomson Editores, México.
- LAFITTE, H.R. 2001 Mejoramiento para resistencia a los estreses abióticos. **En:** www.fao.org/DOCREO/003/X7650S/x7650s19.htm. Consultado: 30-06-2006.

- LAFITTE, H.R. y G.O. EDMEADES 1995 Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. **Maydica** 40: 259–267
- LIZASO, J., E. SIERO, L. FERNANDEZ, C. GALLARDO y R. RAMIREZ 1996 Efectos de la sequía en el maíz. **G. Mago (Ed.) Memorias III Jornada Científica Nacional del Maíz**: 33-34. Guanare, Venezuela.
- MARCH, G.J., J.A. ORNAGHI, J.E. BEVIACQUA y A. MARINELLI 1992 Intensidad del Mal de Río Cuarto y pérdidas causadas a la producción en las campañas agrícolas 1981/82 a 1990/91. **III Jornadas Científico Técnicas de la Facultad de Agronomía y Veterinaria-UNRC**. Río Cuarto, Argentina.
- MARCH, G.J., J.A. ORNAGHI, J.E. BEVIACQUA y A. MARINELLI 1993 Intensidad del Mal de Río Cuarto y pérdidas causadas a la producción en las campañas agrícolas 1981/82 a 1990/91. **Gaceta Agronómica** 76: 384-388.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, REP. DEL PERÚ 2002 El Maíz. En: www.portalagrario.gob.pe/productivas_1.shtml. Consultado: 05-09-2005.
- ORNAGHI, J., G. MARCH, G. BOITO, A. MARINELLI, J. BEVIACQUA, J. GIUGGIA y S. LENARDON 1999 Infectivity in natural populations of *Delphacodes kuscheli* vector of “Mal de Río Cuarto” virus. **Maydica** 44: 219-223.
- RIBAUT, J.M., C. JIANG, D. GONZALEZ-DE-LEON, G.O. EDMEADES y D. HOSINGTON 1997 Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. 2. Yield components and marker-assisted selection strategies. **Theor. Appl. Genet.** 94: 887-896.
- SAGPYA 2005 Indicadores del sector maicero En: www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/granos/maiz Consultado: 05-09-2005.
- SAN VICENTE F., S.K. VASAL, S.D. MCLEAN, S. KUMARRAMANUJAM y M. BARANDIARAN 1999 Comportamiento de líneas tropicales precoces de maíz en condiciones de sequía. **Agron. Tropical** 49(2): 135-154.
- UYEDA, I. Y MILNE, R.G. 1995. Introduction: genomic organization, diversity and evolution of plant Reoviruses. **Semin. in Virol.** 6: 85-88.
- VALENTINUZ, O. y O. PAPANOTTI 2004 Rendimiento potencial y tolerancia la estrés en maíz. En: www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/maiz/analisis_economico/renpot_maiz.htm. Consultado: 05-09-2005.

WESTGATE, M. E. y P. BASSETTI 1990 Heat and drought stress in corn: what really happens to the corn plant at pollination. **En:** D Wilkinson (Ed.) **Proceeding of the 45th Annual Corn and Sorghum Research Conference**. ASTA, Washington.

WIKIPEDIA, LA ENCICLOPEDIA LIBRE 2005 Maíz **En:** <http://es.wikipedia.org>. Consultado: 05-09-2005.

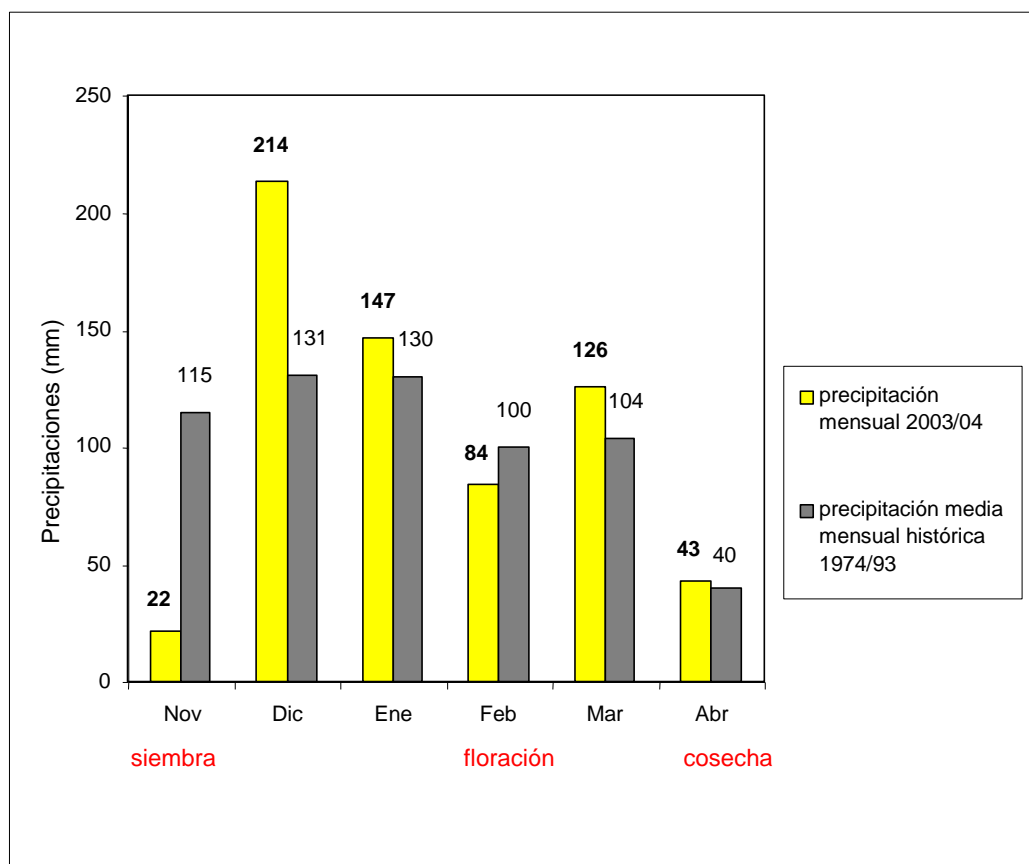
WILKES, H.G. 1985 Teosinte: the closest relative of maize revisited. **Maydica** 30: 209-223. **En:** www.fao.org. Consultado: 05-09-2005.

YAN, W. y I. RAJCAN 2002 Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Sci.** 42: 11-20.

YANELY, ALFARO 1997 Estrategias de mejoramiento genético en maíz. **En:** www.ceniap.gov.ve/bdigital/congresos/vjornada/presentaciones/13.htm. Consultado: 30-06-2006.

ANEXO

ANEXO 1. Precipitación media del ciclo 2003/04 y precipitación media mensual para el período 1974/93 para Río Cuarto. Datos proporcionados por el observatorio agrometeorológico de la UNRC.



ANEXO 2. Comportamiento promedio de las líneas para los caracteres evaluados en Río Cuarto.

Línea	AE (cm)		Línea	AP (cm)		Línea	PN (g)	
17	0,35	a	70	1,20	a	70	43,12	a
70	0,38	ab	207	1,20	a	107	49,07	a
19	0,40	abc	197	1,27	ab	84	67,20	a
197	0,41	abc	221	1,35	abc	19	74,56	a
169	0,43	abc	213	1,38	abcd	197	80,06	a
149	0,44	abc	168	1,38	abcd	207	80,68	a
219	0,46	abcd	107	1,39	abcde	190	94,31	ab
130	0,47	abcde	219	1,39	abcde	103	98,10	ab
221	0,48	abcde	19	1,41	abcde	149	110,96	ab
107	0,48	abcde	130	1,42	abcde	130	136,34	ab
16	0,48	abcde	169	1,44	abcdef	214	165,44	ab
134	0,49	abcde	17	1,47	abcdef	219	169,06	ab
207	0,49	abcde	214	1,51	abcdef	148	175,88	ab
65	0,50	abcdef	217	1,51	abcdef	151	200,38	abc
173	0,51	abcdef	65	1,52	abcdef	136	205,56	abc
190	0,52	abcdef	167	1,52	abcdef	134	206,63	abc
195	0,52	abcdef	86	1,54	abcdef	163	210,47	abc
167	0,53	abcdef	190	1,54	abcdef	167	215,74	abc
103	0,53	bcdef	134	1,56	abcdef	172	218,53	abc
22	0,54	bcdef	103	1,62	abcdef	168	258,57	abc
84	0,55	bcdef	191	1,63	abcdef	65	272,69	abc
21	0,55	bcdef	195	1,63	abcdef	16	274,74	abc
86	0,56	cdef	149	1,65	bcdef	191	286,81	abc
148	0,56	cdef	222	1,69	bcdef	17	330,97	abc
168	0,57	cdef	16	1,70	bcdef	217	338,01	abc
191	0,58	cdef	84	1,71	bcdef	173	409,38	abc
217	0,62	defg	172	1,76	cdef	195	438,95	abc
151	0,63	defg	173	1,76	cdef	213	441,10	abc
172	0,63	defg	148	1,82	def	221	445,72	abc
214	0,64	efg	151	1,83	ef	222	492,42	bc
163	0,67	fg	163	1,87	f	169	498,73	bc
13	0,76	g	136	1,88	f	86	585,92	c

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes para la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

FM			FF			IAEi			ISE		
Línea	(d)		Línea	(d)		Línea	(d)		Línea	(%)	
169	66,5	a	169	67,0	a	130	-2,0	a	213	0,03	a
86	67,5	ab	86	68,5	ab	151	-0,5	ab	65	0,11	ab
217	68,0	abc	217	69,5	abc	207	-0,5	ab	84	0,13	ab
191	68,0	abc	167	71,5	abcd	65	0,0	ab	221	0,16	ab
173	70,5	abcd	173	71,5	abcd	134	0,0	ab	190	0,22	abc
168	71,0	abcde	191	72,5	abcde	173	0,0	ab	173	0,24	abc
167	71,5	abcdef	148	73,5	abcdef	172	0,0	ab	149	0,24	abc
219	72,0	abcdef	172	74,0	abcdef	219	0,0	ab	134	0,25	abc
148	72,0	abcdef	207	74,5	abcdefg	213	0,0	ab	148	0,26	abc
172	73,0	abcdefg	222	76,0	bcdefg	169	0,5	ab	217	0,27	abc
214	74,0	bcdefg	213	76,5	bcdefg	167	0,5	ab	86	0,31	abc
195	74,0	bcdefg	17	76,5	bcdefg	86	1,0	abc	167	0,31	abc
213	74,5	cdefg	130	76,5	bcdefg	168	1,0	abc	191	0,32	abc
149	74,5	cdefg	219	76,5	bcdefg	148	1,0	abc	222	0,32	abc
107	74,5	cdefg	221	77,5	cdefg	222	1,0	abc	19	0,33	abc
103	74,5	cdefg	149	77,5	cdefg	17	1,5	abcd	195	0,40	abcd
19	74,5	cdefg	151	78,0	defg	221	1,5	abcd	214	0,45	abcd
222	75,0	defg	19	78,5	defg	16	2,0	abcd	169	0,46	abcd
70	75,0	defg	65	78,5	defg	19	2,0	abcd	219	0,46	abcd
197	75,0	defg	134	78,5	defg	191	2,5	abcd	136	0,47	abcd
207	75,0	defg	168	78,5	defg	149	2,5	abcd	107	0,53	abcd
136	75,0	defg	195	79,0	defg	214	3,0	abcd	16	0,53	abcd
221	76,0	defg	136	79,0	defg	217	3,0	abcd	172	0,57	bcd
17	76,0	defg	84	80,0	defg	103	3,0	abcd	103	0,59	bcd
130	76,5	defg	214	80,5	efg	84	3,0	abcd	151	0,59	bcd
151	76,5	defg	103	80,5	efg	197	3,5	bcd	168	0,60	bcd
65	77,0	defg	107	80,5	efg	163	4,5	bcd	163	0,61	bcd
84	77,0	defg	16	81,0	efg	190	4,5	bcd	197	0,62	bcd
163	77,5	efg	163	81,5	fg	195	4,5	bcd	17	0,64	bcd
190	77,5	efg	70	81,5	fg	136	6,0	cd	130	0,73	cd
134	78,0	fg	197	81,5	fg	107	6,5	d	70	0,75	cd
<u>16</u>	<u>79,5</u>	<u>g</u>	<u>190</u>	<u>83,0</u>	<u>g</u>	<u>70</u>	<u>6,5</u>	<u>d</u>	<u>207</u>	<u>0,90</u>	<u>d</u>

Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes para la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

ANEXO 3. Autovalores y autovectores del análisis de componentes principales de los 10 caracteres evaluados.

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3,29	0,33	0,33
2	1,79	0,18	0,51
3	1,46	0,15	0,65
4	0,94	0,09	0,75
5	0,93	0,09	0,84
6	0,62	0,06	0,90
7	0,46	0,05	0,95
8	0,28	0,03	0,98
9	0,23	0,02	1,00
10	0,00	0,00	1,00

Autovectores

Variables	e1	e2
AE	-0,05	0,62
AP	-0,11	0,59
PN	-0,40	0,13
PM	-0,20	0,18
FM	0,31	-0,06
FF	0,50	0,05
IAEi	0,37	0,27
IAEm	0,43	0,17
IAEf	0,28	0,21
ISE	0,20	-0,27