

# Asociación de caracteres morfológicos en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de estrés y no estrés hídrico.

C.A. Biasutti y D.A. Peiretti

## RESUMEN

Durante los ciclos 1988/89 y 1989/90, se analizó la asociación entre diversos caracteres bajo condiciones de estrés y no estrés hídrico, en experimentos de campo, en seis poblaciones de maíz, una local y cinco exóticas. Se utilizó un diseño en parcela dividida dispuesto en bloques al azar con tres repeticiones. Los genotipos fueron evaluados a través de once caracteres morfológicos, además de rendimiento. Bajo estrés hídrico, el número de hojas, altura de la primera mazorca, madurez fisiológica, senescencia foliar, prolificidad, intervalo de floración, altura de planta y granos por hilera, se correlacionaron significativamente con el rendimiento. En condiciones hídricas adecuadas, el largo de mazorca, senescencia foliar, granos por hilera y la prolificidad se correlacionaron significativamente con el rendimiento. A través del análisis de trayectoria, se concluye que el mejoramiento para tolerancia a estrés hídrico es posible mediante el empleo de caracteres como el intervalo de floración y la prolificidad, conjuntamente con el número de granos por hilera y la senescencia foliar, como criterios de selección.

**Palabras clave:** correlación, poblaciones, análisis de trayectoria, estrés hídrico, maíz.

C.A. Biasutti y D.A. Peiretti, 1992. Associations of morphological characters under and without water stress conditions in maize (*Zea mays* L.) populations. Agriscientia, IX Nº 2 : 59-64.

## SUMMARY

The association of different plant characters, under and without water stress conditions, was studied in one local and five exotic open pollinated maize varieties, in field experiments during the summers of 1988/89 and 1989/90. A split plot design with three replications for each site was used. Genotypes were evaluated for yield and eleven characters. Correlation coefficients un-

der water stress indicated that number of leaves, ear height, black layer maturity, senescence of ear leaf, prolificacy, interval between pollen shed and silking, plant height and grains per row significantly influenced grain yield. Under non stress conditions, ear length, senescence of ear leaf, grains per row and prolificacy significantly influenced grain yield. Through path coefficient analysis it was concluded that the improvement of drought tolerance can be achieved by using characters like the interval between pollen shed and silking, prolificacy, number of grains per row and senescence of ear leaf as selection criteria.

**Key words:** correlations, populations, path analysis, drought stress, maize

C.A. Biasutti y D.A. Peiretti. *Mejoramiento Genético Vegetal - Departamento de Producción Vegetal - Facultad de Ciencias Agropecuarias. U.N.C. CC 509. 5000 Córdoba (R A)*

## INTRODUCCION

Varios autores han mostrado que el rendimiento en maíz es un carácter complejo, que depende de la interrelación de numerosos factores. Bajo condiciones de sequía se han encontrado correlaciones significativas entre rendimiento y peso de granos, número de granos por espiga, prolificidad (Undersander, 1986); intervalo entre antesis y emisión de estilos (Fischer *et al.*, 1984); peso y largo de espiga, altura de planta y granos por hilera (Tyagi, 1988, Peiretti *et al.*, 1987).

El número de espigas por planta (prolificidad) y demás características de la mazorca son objeto de mejora para la obtención de germoplasma con un rendimiento alto y estable en condiciones de estrés (Martiniello, 1983; Vasal *et al.*, 1978).

Un carácter que tienda a conferir un cierto grado de estabilidad en los rendimientos en condiciones extremas y normales de humedad, puede ser seleccionado para conferir tolerancia a sequía a un determinado genotipo, sin disminuir su potencialidad en condiciones óptimas (Martiniello, 1984).

El período crítico en maíz a la escasez de agua con máxima transpiración por parte del cultivo coincide con la etapa de panojamiento (Shaw, 1977). El rendimiento en grano decrece, aproximadamente, un 10% por día de retardo en la emergencia de los estilos, y si éste excede los 10 días, el rendimiento es prácticamente cero (Boñanos *et al.*, 1990).

El objetivo de este trabajo es estudiar la asociación entre diferentes caracteres morfológicos en poblaciones de maíz, en condiciones de estrés y no estrés hídrico, para orientar la elección de genotipos tolerantes al estrés hídrico.

## MATERIALES Y METODOS

Las experiencias fueron llevadas a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, sito a 25 Km de la ciudad de Córdoba (64° long. oeste y 31.5° latitud sur, 425 m.s.m.). Los caracteres se evaluaron en seis poblaciones de maíz, cinco de ellas provenientes del CIMMYT y una local, MPB-FCA 856, en proceso de mejora (Peiretti *et al.*, 1987). Las poblaciones comprenden genotipos de grano blanco dentado (Tuxpeño 1), amarillos dentados (Amarillo El Bajío y Compuesto de Hungría), amarillos rojizo semidentado (Cogollero), amarillos flint (Amarillo Subtropical) y colorado flint (MPB-FCA 856). Estos genotipos incluyen germoplasma de EE.UU, Caribe, Centro y Sudamérica y del sur de Europa (CIMMYT, 1987). Se utilizó un diseño en parcela dividida con tres repeticiones dispuestas en bloques al azar, durante dos años, 1989 y 1990. La parcela principal estuvo constituida por las dos condiciones ambientales: con y sin estrés hídrico y la parcela secundaria por las variedades. La parcela experimental fue de tres surcos distanciados a 0.7 m. La longitud del surco fue de 7 m. La siembra se efectuó con 2 semillas por golpe cada 0.25 m, raleándose luego, durante el estadio de 2-3 hojas, a una planta por golpe.

Las parcelas bajo estrés no recibieron agua, en forma de precipitaciones y/o riego desde unos 7-8 días antes de panojamiento, hasta unos 7-8 días posteriores.

Las parcelas sin estrés fueron mantenidas en condiciones normales de humedad mediante riego.

De cada parcela se eligieron, del surco central, 10 plantas con competencia perfecta, en las que se midieron los siguientes caracteres:

**Tabla 1.** Coeficientes de correlación entre caracteres morfológicos en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de estrés y no estrés hídrico.

|                          |   | 2    | 3      | 4    | 5      | 6      | 7    | 8      | 9      | Rendimiento |
|--------------------------|---|------|--------|------|--------|--------|------|--------|--------|-------------|
| 1 Intervalo de Floración | E | n.s. | n.s.   | n.s. | -0.63* | n.s.   | n.s. | n.s.   | n.s.   | -0.66*      |
|                          | N | n.s. | n.s.   | n.s. | n.s.   | n.s.   | n.s. | n.s.   | n.s.   | n.s.        |
| 2 Altura de Planta       | E |      | 0.89** | n.s. | 0.81** | 0.93** | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.65*       |
|                          | N |      | 0.74** | n.s. | 0.73** | 0.8**  | n.s. | n.s.   | n.s.   | n.s.        |
| 3 Altura de Mazorca      | E |      |        | n.s. | 0.83** | 0.96** | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.81**      |
|                          | N |      |        | n.s. | 0.82** | n.s.   | n.s. | 0.64*  | n.s.   | n.s.        |
| 4 Prolificidad           | E |      |        |      | n.s.   | n.s.   | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.66*       |
|                          | N |      |        |      | n.s.   | n.s.   | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.59*       |
| 5 Número de Hojas        | E |      |        |      |        | 0.84** | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.85**      |
|                          | N |      |        |      |        | 0.82** | n.s. | 0.75** | n.s.   | n.s.        |
| 6 Madurez Fisiológica    | E |      |        |      |        |        | n.s. | -0.71* | n.s.   | 0.81**      |
|                          | N |      |        |      |        |        | n.s. | -0.69* | n.s.   | n.s.        |
| 7 Granos por Hilera      | E |      |        |      |        |        | n.s. | n.s.   | n.s.   | 0.56*       |
|                          | N |      |        |      |        |        |      | n.s.   | 0.92** | 0.65*       |
| 8 Senescencia Foliar     | E |      |        |      |        |        |      |        | n.s.   | -0.72**     |
|                          | N |      |        |      |        |        |      |        | n.s.   | -0.67*      |
| 9 Largo de Mazorca       | E |      |        |      |        |        |      |        |        | n.s.        |
|                          | N |      |        |      |        |        |      |        |        | 0.76**      |

\* Significativo al 5%. \*\* Significativo al 1%. E: Estrés hídrico. N: No estrés hídrico. N.S.: No significativo.

- 1 – Intervalo entre 50 % antesis y 50 % emisión de estilos (IF).
- 2 – Altura de planta (AP).
- 3 – Altura de primera mazorca (AM).
- 4 – Número de mazorcas por planta (P).
- 5 – Número de hojas/planta (NH).
- 6 – Madurez fisiológica (días a aparición de punta negra-MF).
- 7 – Perímetro de mazorca (PMz).
- 8 – Longitud de mazorca (LM).
- 9 – Número de hileras por mazorca (HMz).
- 10 – Número de granos por hilera (GH).
- 11 – Peso de grano por planta (Rendimiento-R).
- 12 – Senescencia foliar post-antesis (70% necrosis de la hoja de la espiga), (SF), (Fischer *et al.*, 1984).

Para cada variable se calcularon los coeficientes de correlación lineal. Para estudiar las interrelaciones entre las distintas variables se partitionaron los coeficientes de correlación en efectos directos e indirectos frente al rendimiento por

planta, según la técnica del análisis de trayectoria (Li, 1975).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los coeficientes de correlación en condiciones con y sin estrés hídrico se muestran en la tabla 1. Sólo se presentan aquellas relaciones que poseen una asociación significativa con el rendimiento.

El IF varió entre 2.0 y 3.7 días en la experiencia sin estrés y entre 4.0 y 6.3 días con estrés hídrico. El nivel de estrés alcanzado en esta experiencia fue, de acuerdo a lo anterior, moderado (Ceballos, H., comunicación personal).

El IF estuvo correlacionado negativa y significativamente con el rendimiento (-0.66) bajo estrés hídrico. En condiciones de buena disposición hídrica la relación no fue significativa (-0.11), confirmando la importancia de seleccionar para un IF reducido bajo condiciones de estrés hídrico (Fischer *et al.* 1984). El IF presentó correlación significativa y negativa con NH (-0.63) bajo estrés, pero sin significancia en condiciones sin estrés (-0.10). Esto indica que la selección para genoti-

**Tabla 2.** Partición de los coeficientes de correlación en efectos directos e indirectos bajo estrés hídrico.

| Asociación | ED(P)     | EI(Pxr)    | C(r)     |
|------------|-----------|------------|----------|
| R vs IF    | -0.343932 |            |          |
| EI via AM  |           | -0.1466038 |          |
| EI via P   |           | -0.0859714 |          |
| EI via GH  |           | -0.0845333 |          |
| Total      |           |            | -0.66104 |
| R vs AM    | 0.311499  |            |          |
| EI via IF  |           | 0.1618681  |          |
| EI via P   |           | 0.1929223  |          |
| EI via GH  |           | 0.1489412  |          |
| Total      |           |            | 0.81523  |
| R vs P     | 0.453633  |            |          |
| EI via IF  |           | 0.0637753  |          |
| EI via AM  |           | 0.1296178  |          |
| EI via GH  |           | 0.0104237  |          |
| Total      |           |            | 0.66745  |
| R vs GH    | 0.283099  |            |          |
| EI via IF  |           | 0.102698   |          |
| EI via AM  |           | 0.1638827  |          |
| EI via P   |           | 0.0170709  |          |
| Total      |           |            | 0.56675  |
| Residual   |           |            | 0.048    |

ED: Efecto directo EI Efecto indirecto. C(r): Coeficiente de correlación.

pos con mayor NH resulta en un menor IF, y en una influencia positiva sobre el rendimiento (0.85). Un razonamiento similar podría aplicarse en vista de la relación, positiva, entre NH con AP y AM, 0.81 y 0.83 respectivamente. Sin embargo, parte de esta correlación proviene del diferente potencial de rendimiento entre variedades y de las diferencias genéticas propias entre ellas con relación a AP y AM, las que tenderían a acentuarse con el estrés. Por otra parte, al momento del comienzo del estrés las plantas ya han definido su NH y su AP, por lo que, en realidad el efecto del estrés se manifiesta principalmente sobre el IF.

La madurez fisiológica mostró una correlación significativa y alta con el rendimiento en condiciones de estrés (0.81). Troyer (1983) recomienda seleccionar bajo estrés hídrico, genotipos por una mayor extensión en el período de llenado del grano. Esta característica puede ser evaluada indirectamente a través de la senescencia foliar, la cual mostró una relación negativa y significativa

con el rendimiento (-0.72) y con la madurez fisiológica (-0.71) bajo estrés.

Las relaciones entre el número de granos por hilera, largo de mazorca y el rendimiento demuestran que el primer carácter posee una importancia mayor, en condiciones limitantes, sobre el rendimiento (0.56). Sin estrés hídrico, la asociación positiva y significativa con el largo de mazorca permitiría una selección basada en este carácter.

La importante influencia de la prolificidad sobre el rendimiento en ambas condiciones corrobora lo expuesto por otros autores (Hall, 1981; Barnes and Wolley, 1969).

Los agrupamientos de las variables con y sin estrés hídrico se muestran en la figura 1 y los análisis respectivos en las tablas 2 y 3.

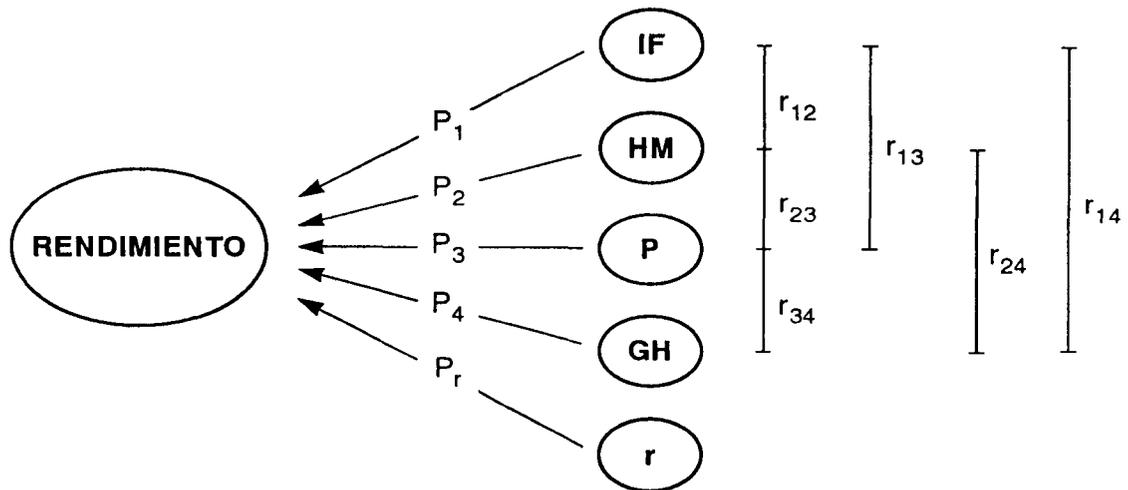
Bajo condiciones de estrés hídrico, la prolificidad tuvo el mayor efecto directo sobre el rendimiento (0.45), seguida por el IF (-0.34). El coeficiente de correlación (r), entre AM y el rendimiento es alto y significativo (0.81), pero los efectos indirectos a través del IF, P y GH, explican casi el 60% del r. Por otra parte, la AM ya estaba definida al comienzo del período de estrés, como la AP y el NH anteriormente citados. En la relación entre GH y rendimiento los efectos indirectos tienen una importancia manifiesta.

En condiciones no limitantes, la P tuvo un efecto directo importante (0.28), aunque menor que el observado en condiciones limitantes con un efecto indirecto importante a través de LM (0.18).

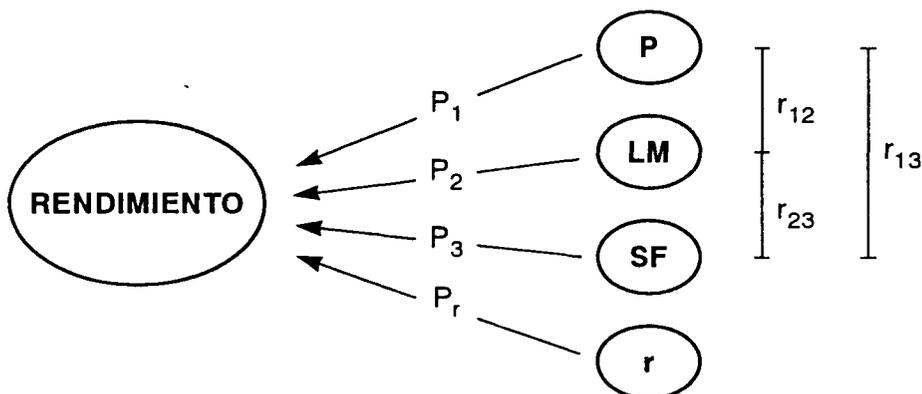
**Tabla 3.** Partición de los coeficientes de correlación en efectos directos e indirectos sin estrés hídrico.

| Asociación | ED(P)     | EI(Pxr)    | C(r)      |
|------------|-----------|------------|-----------|
| R vs P     | 0.287678  |            |           |
| EI via LM  |           | 0.1824612  |           |
| EI via SF  |           | 0.1211107  |           |
| Total      |           |            | 0.591250  |
| R vs LM    | 0.548640  |            |           |
| EI via P   |           | 0.0956704  |           |
| EI via SF  |           | 0.1234665  |           |
| Total      |           |            | 0.767780  |
| R vs SF    | -0.442818 |            |           |
| EI via P   |           | -0.0786799 |           |
| EI via LM  |           | -0.1529718 |           |
| Total      |           |            | -0.674470 |
| Residual   |           |            | 0.11      |

A



B



**Figura 1.** Modelo propuesto para el análisis de trayectoria.  $P_i$ : Efecto directo de la variable  $i$ -ésima.  $R_{ij}$ : Coeficiente de correlación entre las variables  $i$ -ésima y  $j$ -ésima. A: Bajo estrés hídrico. B: Sin estrés hídrico.  $r$ : Residual.

La LM presentó el mayor efecto directo sobre el rendimiento (0.54), el que explica el 71% del  $r$  entre LM y rendimiento (0.76). Por último la SF tuvo un efecto directo alto y negativo sobre el rendimiento (-0.44).

De los resultados obtenidos se observa que en condiciones limitantes el intervalo de floración y la prolificidad poseen una importante influencia sobre el rendimiento, tanto si se observan los respectivos efectos directos como su participación indirecta a través de otros caracteres como altura de mazorca. La prolificidad al influenciar positiva y significativamente el rendimiento en condi-

ciones de estrés y no estrés hídrico incrementa las posibilidades del germoplasma de enfrentar situaciones alternativas de deficiencia hídrica sin modificar, drásticamente, su potencial de rendimiento. Esto último adquiere particular importancia dado que, de este modo, la prolificidad contribuiría a la reducción de la interacción genotipo-ambiente (Hallauer and Troyer, 1972).

En base a lo expuesto, la selección de genotipos prolíficos, con reducido intervalo de floración, alto número de granos por hilera y reducida senescencia foliar, contribuirá a la obtención de progenies con tolerancia al estrés hídrico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al CIMMYT por el aporte de los materiales utilizados en este trabajo y al Dr. H. Ceballos (CIMMYT) por la lectura crítica del manuscrito.

## BIBLIOGRAFIA

- Barnes, D L. and D G Wolley, 1969 The effect of moisture stress at different stages of plant growth. I. Comparison of a single-eared and two-eared corn hybrid Agron. J , 61: 788-790.
- Bolaños, J., G.O. Edmeades y L. Martínez, 1990. Mejoramiento para tolerancia a sequía en maíz tropical: La experiencia del CIMMYT. XVIII Congreso Nacional de Maíz y Sorgo, Vittoria-ES, Brasil: 1-23.
- CIMMYT, 1987 Programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT Informe Final 1987. CIMMYT, México: 331-335
- Fischer, K.S., E C Johnson y G O. Edmeades, 1984. Mejoramiento y selección de maíz tropical para incrementar su resistencia a la sequía. CIMMYT, El Batán, México. 20 pp
- Hall, A.J , 1984 Tolerancia a estrés hídrico en maíz Bases morfológicas y fisiológicas III Congreso Nacional de Maíz, Pergamino, Buenos Aires, Argentina: 11-23.
- Hallauer, A R. and A F Troyer, 1972. Prolific corn hybrids and minimizing risk of stress 27th Ann. Corn and Sorghum Res. Conf 27. 140-157.
- Li, C.C., 1977. Path Analysis - a primer Boxwood Press. 347 pp.
- Martiniello, P , 1983. Outline of the major components of maize breeding programs for semi-arid regions (Capitanata plain, southern Italy). Genet. Agr. 37: 361-390
- Martiniello, P , 1984. Drought resistance in maize: methods of detection and breeding considerations Genet Agr 38 267-302
- Peiretti, D.A , M A Barrandeguy, C A Biasutti y N. Salomon, 1987. Programa: Creaciones Fitogenéticas en Maíz con respuesta adaptativa a la zona marginal. En: Primera Jornadas Nacionales de Zona Áridas y Semiáridas. Santiago del Estero, Argentina: 345-349
- Shaw, R H , 1977 Climatic requirement. Corn and Corn Improvement. G F. Sprague (ed), Am. Soc. Agron. 18: 591-623.
- Troyer, A.F , 1983. Breeding corn for heat and drought tolerance In Proceedings of the 38th Annual Corn and Sorghum Research Conference, Chicago, Illinois, USA 128-143
- Tyagi, A P , 1988 Correlation and path coefficient analysis for yield components and maturity traits in maize Plant Breeding Abstracts 9373/1988
- Undersander, D J , 1987 Yield and yield component response of maize to water stress in hybrids with different sources of stress tolerance. Maydica XXXII: 49-60.
- Vasal, S K., N. Ortega, and S. Pandey, 1970. Population improvement and varietal development in CIMMYT's maize program. In Proc of XVth Annual Meeting of Caribbean Food Crops Society : 1-26