

# VARIABILIDAD Y EVOLUCION DEL RENDIMIENTO EN CULTIVARES ARGENTINOS DE MAIZ DURO \*

C.M. LOFFLER (1); M.T. SALABERRY (1) J. STINZIANI (1) y C.H. FAVORETTI (2)

Recibido: 4-2-86

Aceptado: 16-12-86

## RESUMEN

Se ilustra sobre el uso de una metodología para el análisis e interpretación de datos de redes territoriales de ensayos de cultivares. Se evaluaron datos de veinticinco cultivares de maíz (*Zea mays* L.) duro, en seis ambientes de la subregión ecológica IX y de todos los cultivares de ensayos conducidos en dos localidades de cada una de las subregiones IX y VI entre 1972 y 1985. Se determinó variabilidad genética y relaciones entre caracteres para la subregión IX y progreso genético en rendimiento para ambas subregiones. Se efectuaron análisis de varianza, de regresión lineal simple y correlaciones entre caracteres. Se encontraron diferencias entre cultivares para rendimiento, período de emergencia a floración y humedad a cosecha. Las interacciones cultivar por año, cultivar por localidad por año y año por localidad fueron significativas. El rendimiento se incrementó  $174,5 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada día de aumento en el período emergencia-floración, y en  $305 \text{ kg ha}^{-1}$  por cada unidad porcentual de aumento en la humedad a cosecha.

El progreso genético se estudió por regresión lineal simple de la diferencia de rendimiento entre los tres cultivares de mayor rendimiento y dos testigos sobre año de ensayos, para cada subregión. El progreso genético fue de  $128$  y  $121 \text{ kg ha}^{-1}$  año<sup>-1</sup> para las subregiones IX y VI, respectivamente.

## YIELD EVOLUTION AND VARIABILITY OF ARGENTINE MAIZE FLINT CULTIVARS

### SUMMARY

A methodology is proposed for the analysis and interpretation of data from cultivar trials. Data from twenty-five maize (*Zea mays* L.) flint cultivars grown in six environments of the Argentine subregion IX and all entries from trials grown in four locations of subregion IX and VI from 1972 to 1985 were evaluated. Genetic variability and relationship among traits were estimated for subregion IX. Genetic improvement in yield was estimated for both subregions. Analysis of variance, simple linear regression and correlation coefficients among characters were computed. Significant differences were detected among cultivars for yield, number of days from germination to tassel emergence, and grain moisture content. Significant cultivar x year, cultivar x year x location, and year x location interactions were also detected.

Yield increased  $174,5 \text{ kg ha}^{-1}$  per each day of lengthening in the period from germination to tassel emergence, and  $305 \text{ kg ha}^{-1}$  per percent unit increase in grain moisture.

Genetic improvement in yield was studied by simple linear regression of the difference in yield between the means of the top three cultivars and two checks on year of trial for each subregion. Estimates of  $128$  and  $121 \text{ kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  were obtained, respectively, for subregions IX and VI.

(\*) Contribución Nº 91/85 del Departamento de Agronomía de la E.E.A. Balcarce del INTA.

(1) Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias UNMDP, E.E.A. Balcarce del INTA, C.C. 276- (7620) Balcarce, Bs.As.

(2) Chacra Experimental de Miramar, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Buenos Aires, C.C. 35 - (7607) Miramar, Bs.As.

## INTRODUCCION

La evaluación del germoplasma producido por los programas de mejoramiento genético, constituye la etapa final y más costosa del proceso de obtención de nuevos cultivares. En la Argentina, el Servicio Nacional de Semillas coordina la Red Oficial de Ensayos Territoriales (ROET) de los principales cultivos, proveyendo la información sobre el comportamiento de cultivares en distintas regiones agroecológicas.

Para el caso del maíz (*Zea mays* L.) los ensayos de cultivares de tipo duro son generalmente conducidos según diseños de látices, dado el elevado número de cultivares a evaluar y son sometidos a análisis de varianza individuales por localidad y por año. Periódicamente, el Servicio Nacional de Semillas publica resúmenes de resultados de estos ensayos, con datos de rendimiento y otros caracteres. Dado que cada año se agregan o eliminan cultivares de la ROET, no es posible analizar como látices en forma combinada los datos de ensayos correspondientes a distintos años, por lo que sólo se dispone de los resultados de análisis individuales de varianza. Los datos de ensayos de rendimiento conducidos en una localidad y un año no constituyen, sin embargo, una fuente de información adecuada para efectuar recomendaciones (Sprague y Federer, 1951; Horner y Frey, 1957; Comstock y Moll, 1961; Schutz y Bernard, 1967). Esto es debido a que los genotipos no siempre responden de igual modo cuando se los evalúa bajo distintas condiciones ambientales, fenómeno que se suele denominar "interacción genotipo ambiente", cuyo conocimiento data de más de medio siglo (Hayes, 1923).

El análisis combinado de los datos de la ROET permite además de evaluar el comportamiento relativo de cultivares en distintas localidades y años, estudiar la magnitud relativa de las interacciones cultivar por localidad,

cultivar por año, cultivar por localidad por año y localidad por año y de los efectos de años y localidades.

Este tipo de información es de utilidad en la toma de decisiones referidas a la forma en que deben muestrearse los ambientes en los que se evalúan los cultivares destinados a una región determinada.

La información proveniente de ensayos de rendimiento efectuados anualmente durante períodos prolongados es de utilidad además para estimar el progreso atribuible al mejoramiento genético. En la Argentina se cuenta con pocos datos experimentales que ilustren sobre el progreso verificado por el mejoramiento genético de los principales cultivos. Para el caso del maíz duro, Nider y Mella (1981) evaluaron los rendimientos de trece híbridos inscriptos entre 1963 y 1979, utilizando datos de ensayos realizados en cuatro localidades de la zona núcleo maicera (Subregión VI), tres densidades de plantas y tres años. Los incrementos en rendimiento debidos al mejoramiento fueron estimados por regresión lineal del rendimiento sobre el año de inscripción, y oscilaron entre 94,2 y 103,5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> dependiendo de la densidad de plantas usadas. En promedio, estos incrementos representan un 80% del progreso total verificado en el rendimiento de maíz en ese período. Estos incrementos son mayores que los obtenidos por Russell (1974) para los Estados Unidos para el período 1930-1970 utilizando una metodología similar.

La estimación del progreso en rendimiento atribuible al mejoramiento genético a partir de datos provenientes de ensayos de redes territoriales, fue realizada para maíz por Darah (Duvick, 1984), quien para el período 1930-1970 comparó los incrementos de rendimiento de híbridos de maíz medidos en ensayos en el sur de Iowa, Estados Unidos, con el incremento de rendimiento de un testigo. La diferencia obtenida (33 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) fue considerada como el componente genéti-

co del progreso total verificado en ese período.

La tasa de progreso genético en rendimiento de maíz para subregiones ecológicas marginales no ha sido aún estudiada. La mayoría de los criaderos de maíz en la Argentina se encuentran en la subregión ecológica VI, pese a que el área servida por los mismos se extiende por toda la región maicera argentina. De allí la importancia de comparar las tasas de progreso obtenidas en la subregión VI con las correspondientes a otras subregiones.

El objetivo del presente trabajo es el de proponer un aprovechamiento más exhaustivo de los datos obtenidos de las redes territoriales de ensayos, ejemplificando para el caso del maíz duro con: 1) la evaluación del comportamiento de distintos cultivares en seis ambientes de la subregión IX, 2) la determinación de la importancia relativa de los efectos ambientales de años y localidades, de su interacción y las de éstos con cultivares, y 3) la evaluación del progreso genético en rendimiento para las subregiones VI y IX.

#### MATERIALES Y METODOS

Para este estudio se utilizaron datos de la ROET de maíz duro de las localidades de Balcarce y Miramar, correspondientes a los ciclos agrícolas 1982/83 (año 1983), 1983/84 (año 1984) y 1984/85 (año 1985). Estos ensayos fueron conducidos de acuerdo a las especificaciones impartidas por el Servicio Nacional de Semillas. La siembra se realizó el 16 de noviembre de 1982, el 26 de octubre de 1983 y el 22 de octubre de 1984 en la EEA Balcarce del INTA, y el 3 de noviembre de 1982, el 4 de noviembre de 1983 y el 31 de octubre de 1984 en la Chacra Experimen-

tal de Miramar del Ministerio de Asuntos Agrarios de la provincia de Buenos Aires. Se consideraron los siguientes caracteres: días transcurridos entre emergencia de plántulas y aparición del 50% de las panojas, rendimiento del grano por hectárea corregido al 15% de humedad y humedad del grano a la cosecha.

Para efectuar el análisis combinado de estos datos se tuvieron en cuenta aquellos cultivares que estuvieron representados en los seis ambientes, analizándose como un diseño de bloques completos. Además se analizaron en forma combinada la totalidad de los cultivares de la ROET de Balcarce y Miramar del año 1985. Se consideraron modelos aleatorios.

La relación entre caracteres se estudió mediante un análisis de correlación, utilizándose para ello los datos de cultivares promediados a través de ambientes y repeticiones.

Para evaluar el progreso genético experimentado en cultivares de maíz duro para dos subregiones maiceras argentinas, se tomaron datos de ensayos de la ROET correspondientes a las localidades de Pergamino y Salto (subregión VI) y de Balcarce y Miramar (subregión IX) de los años 1972 a 1985.

Para este análisis se consideraron la totalidad de los híbridos incluidos en cada ensayo.

El progreso genético se estimó por regresión lineal simple para cada una de las subregiones consideradas (Steel y Torrie, 1980). Se consideró como variable dependiente a la diferencia entre el rendimiento promedio de los tres híbridos de mayor rendimiento y el rendimiento promedio de dos testigos (Cargill Record 110 y Cargill Record 120).

Se realizaron pruebas de "t" (Steel y Torrie, 1980) para determinar la significación de los coeficientes de regresión lineal simple y para la comparación de coeficientes de regresión lineal simple.

**Cuadro N° 1. Ciclo, rendimiento y % de humedad del grano, de 25 cultivares de maíz duro en Balcarce y Miramar (subregión IX) en 1982/83, 1983/84 y 1984/85.**

CULTIVAR	CICLO EMERGEN- CIA-PANAJAMIENTO (días) *	RENDIMIENTO (kg ha <sup>-1</sup> )	HUMEDAD A COSECHA (%)
DEKALB 3F-21	75	9208	23,6
DEKALB 2F-10	77	9022	21,9
CONTINENTAL RF-77	72	8726	22,5
ASGROW AX 252	75	8436	22,0
CONTINENTAL RF-67	73	8414	21,7
DEKALB 4F-34	73	8385	22,2
DEKALB 4F-36	76	8352	24,0
DEKALB 4F-33	74	8321	22,2
DEKALB 4F-32	72	8179	21,7
CARGILL T-81	73	8140	22,0
MORGAN 404	76	7982	23,3
MORGAN 400	72	7941	23,9
CARGILL R-155	72	7916	22,4
CONTINENTAL CONTIMAX	73	7863	22,0
FUNK'S 411	71	7784	21,8
ASGROW 352	74	7736	21,7
MORGAN TRIUNFADOR	70	7503	23,2
CARGILL R. 120	71	7463	22,8
ASGROW 351	73	7401	21,6
BOYERO N° 3	74	7293	21,8
FUNK'S 410	71	7152	21,8
BOYERO N° 4	73	7032	21,9
NORKINTRES 231	69	6964	19,8
CARGILL PRECOZ 14	66	6952	20,6
CONTINENTAL CONTIPLATA	72	6921	22,3
$\bar{x}$	73	7883	22,2
Dif. Min. Sign. 0.05	1	1075	1,5
CV (%)	1,5	11,4	8,3

\* Promedio de tres años en Balcarce.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Se detectaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre cultivares para todos los caracteres medidos, en cada uno de los análisis individuales y combinados de varianza realizados. En el caso de rendimiento, las interac-

ciones cultivar por año y cultivar por localidad por año fueron significativas, en tanto que interacción cultivar por localidad no resultó significativa al nivel  $p < 0,05$ . Por consiguiente, la interacción cultivar por año fue utilizada como denominador en la prueba de "F" para determinar la significación estadística de "cultivares".

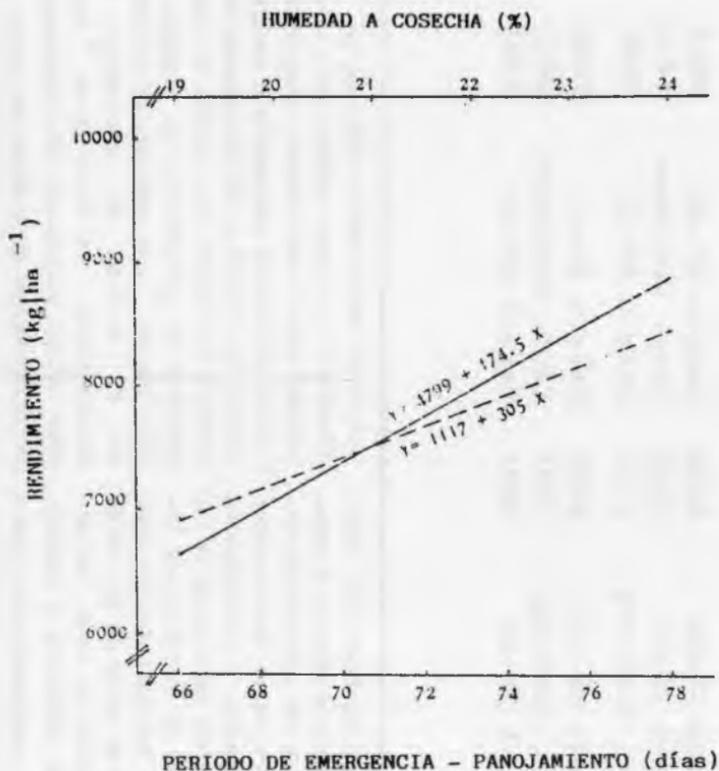
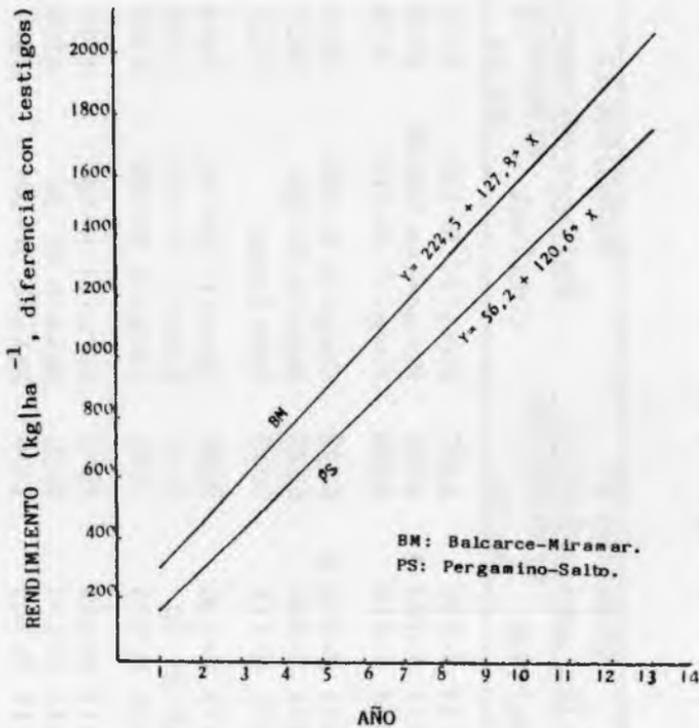


Figura 1. Relación entre rendimiento y humedad a cosecha (línea cortada) y entre rendimiento y período de emergencia a panojamiento (línea entera), para 25 cultivares de maíz duro evaluados en seis ambientes de la subregión IX.



\* Coef. de regresión lineal sign. al nivel P 0,01.

Figura 2. Diferencia promedio entre el rendimiento de los tres cultivares de mayor rendimiento y el de dos testigos, para dos localidades de cada una de dos sub. ecológicas en 14 años (1972-1985).

Variabilidad y evolución del rendimiento...

Cuadro N° 2. Rendimiento promedio de los tres cultivares de mayor rendimiento en ensayos de la ROET para dos localidades de cada una de las subregiones ecológicas durante catorce años.

AÑO	SUBREGION VI (Pergamino-Salto)		SUBREGION IX (Balcarce-Miramar)	
	CULTIVAR	RENDIMIENTO kg ha <sup>-1</sup>	CULTIVAR	RENDIMIENTO kg ha <sup>-1</sup>
1972	Cargill R-120	4407	Cargill R-120	2933
	Cargill R-103 A	4320	Pergamino GUAZU	2886
	Cargill R-110	4320	Cargill R-110	2654
1973	Cargill R-103 A	6138	Cargill R-140	8270
	Cargill R-140	6029	Dekalb 4F-30	8027
	Cargill R-111	6060	Norkinzea	7937
1974	Cargill R-140	8429	Cargill R-110	7464
	Dekalb 3F-20	8151	Cargill R-120	7455
	Cargill R-105	7783	Cargill R-140	7349
1975	Cargill R-140	5587	Cargill R-140	4990
	Cargill R-110	5239	Dekalb 4F-30	4510
	Cargill R-105	5279	Dekalb 3F-20	4377
1976	Cargill R-120	6330	Cargill R-140	4995
	Cargill R-111	6194	Cont. Contiplata	4839
	Cargill R-110	6039	Morgan Vencedor	4671
1977	Dekalb 3F-20	8436	Dekalb 4F-30	9012
	Dekalb 4F-30	7948	Cont. Contimax	8812
	Cont. Contioro	7573	Dekalb 4F-32	9296
1978	Dekalb 4F-32	8990	Dekalb 4F-32	10096
	Cont. Contimax	8791	Cont. Contimax	10037
	Dekalb 3F-20	8691	Dekalb 3F-20	9795

No fueron significativos los efectos correspondientes a años ni a localidad, pero sí los de interacción año por localidad. Los bajos coeficientes de variación estimados y la detección de diferencias entre cultivares en el análisis combinado de varianzas son indicativos de la factibilidad de este tipo de análisis de datos de la red de ensayos territoriales de maíz. Las medias a través de ambientes y repeticiones para el rendimiento en grano

oscilaron entre 6921 y 9208 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro N° 1). Este carácter se correlacionó significativamente ( $p < 0,05$ ) con el período de emergencia a panojamiento ( $r = 0,64$ ) y con la humedad del grano a la cosecha ( $r = 0,44$ ). El rendimiento se incrementó, en promedio, 174,5 kg ha<sup>-1</sup> por cada día de aumento en el período de emergencia a panojamiento, y en 305,0 kg ha<sup>-1</sup> por cada unidad porcentual de incremento en el contenido de humedad del grano a

Cuadro N° 2. (Continuación)

AÑO	SUBREGION VI (Pergamino-Salto)		SUBREGION IX (Balcarce-Miramar)	
	CULTIVAR	RENDIMIENTO kg/ha	CULTIVAR	RENDIMIENTO kg/ha
1979	Dekalb 4F-32	7465	Dekalb 4F-33	5683
	Dekalb 4F-31	7224	Dekalb 4F-32	5264
	Cont. Contimax	7097	Dekalb 3F-20	5009
1980	Dekalb 2F-10	9897	Dekalb 4F-34	6733
	Dekalb 4F-32	8298	Dekalb 4F-32	6365
	Dekalb 4F-33	7996	Dekalb 2F-10	6142
1981	Dekalb 2F-10	4407	Dekalb 2F-10	10628
	Dekalb 4F-34	7876	Dekalb 4F-33	9659
	Dekalb 4F-32	7865	Dekalb 4F-32	9446
1982*	Asgrow AX 252	8562	Dekalb 4F-33	6721
	Dekalb 2F-10	8150	Dekalb 4F-31	5944
	Cargill T-81	8131	Dekalb 3F-20	5678
1983	Dekalb 3F-21	9999	Cont. RF-77	9918
	Dekalb 4F-34	9580	Dekalb 2F-10	9618
	Asgrow AX 252	9402	Dekalb 4F-34	9759
1984	Dekalb 2F-10	7718	Dekalb 2F-10	10010
	Asgrow 351	7507	Dekalb 3F-21	9623
	Dekalb 3F-22	7226	Dekalb 4F-33	9095
1985	Asgrow AX 252	7455	Continental RF-77	8148
	Cargill T-81	7237	Morgan 303	7821
	Cont. RF- 67	7131	Dekalb 4F-34	7750

\* Las localidades de subr. VI fueron Pergamino y Chacabuco.

cosecha (Fig. 1). Sin embargo, los coeficientes de determinación hallados ( $r^2 = 0,41$  y  $0,19$  para las relaciones del rendimiento con el período de emergencia a panojamiento y con la humedad del grano a cosecha, respectivamente) fueron pequeños, por lo que puede inferirse que en estos materiales es posible hallar diferentes combinaciones de período de emergencia a panojamiento, humedad del grano a cosecha y rendimiento (Cuadro N° 1).

La relación entre el año de evaluación y la diferencia entre el rendimiento promedio de los tres híbridos de mayor rendimiento y de dos testigos fue lineal, tanto para las dos localidades de la subregión VI como para las dos de la subregión IX (Cuadro N° 2 y Fig. 2).

Los coeficientes de regresión lineal fueron significativamente distintos de cero y significativamente diferentes entre sí ( $p < 0,01$ ). Todos

los cultivares incluidos en este estudio son el resultado de programas de mejoramiento desarrollados en criaderos localizados en la subregión VI, por lo que podría haberse esperado un mayor progreso genético en las estimaciones realizadas para esa subregión. Sin embargo, nuestros datos no sustentan esa hipótesis. El rendimiento promedio de los tres cultivares de mayor rendimiento se incrementó a razón de 127,8 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la subregión IX y de 120,6 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la subregión VI, siendo los coeficientes de determinación 0,36 y 0,62, respectivamente. (Löffler et al., 1984) realizado para un período más corto en ambas subregiones. Es necesario destacar que la adopción de cultivares por los agricultores de una zona depende de otros factores y que en el caso particular de la subregión IX es necesario contar con cultivares que presenten, entre otras características, rapidez de secado de grano.

Deficiencias en éste u otros caracteres, no considerados en este análisis, pueden explicar la falta de

adopción masiva en la subregión IX de algunos cultivares incluidos en este estudio, pese al elevado potencial de rendimiento alcanzado por los mismos.

#### CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de la red oficial de ensayos territoriales de maíz duro permitieron analizar con aceptable precisión la variación genética y ambiental y el progreso genético verificado en un período de catorce años para dos subregiones ecológicas.

Las interacciones de cultivar por año fueron más importantes que las de cultivar por localidad. Se detectaron diferencias genéticas para rendimiento, período de emergencia a panojamiento y humedad del grano a cosecha. Tanto para la subregión VI como para la IX, el progreso genético en rendimiento entre 1972 y 1985 fue significativo, resultando mayor en la subregión IX que en la VI.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1) COMSTOCK, R.E.; and R.H. MOLL. 1961. Genotype-Environment Interactions. pp. 164-196. In W.D. Hanson and H.F. Robinson (ed.) Statistical Genetics and Plant Breeding. Publication 982. National Academy of Sciences. National Research Council. Washington, D.C. 1963.
- 2) DUVICK, D.W. 1984. Genetic Contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. p.p. 15-47. In W.R. Fehr (ed.) Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. CSSA Special Publication Number 7, Madison, Wisconsin.
- 3) HAYES, H.K. 1923. Controlling experimental error in nursery trials. *Journal of the Am. Soc. of Agron.* 15: 177-192.
- 4) HORNER, T.W. and K.J. FREY. 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. *Agron. J.*, 49: 313-315.
- 5) LOFFLER, C.M.; M.T. SALABERRY and J.C. MAGGIO. 1984. Stability and evolution of corn yields in Argentina. p.76. In *Agronomy Abstracts*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.
- 6) NIDER, F. y R. MELLA. 1981. El incremento del potencial de rendimiento de los híbridos de maíz en la Argentina durante 1963-1970. Dekalb Argentina S.A., Publicación interna.
- 7) RUSSELL, W.A. 1974. Comparative performance of maize hybrids representing different eras of maize breeding. p.p. 81-101. In Proc. 29th. Annual Corn and Sorghum Res. Conf., Chicago, III. American Seed Trade Assoc.; Washington, D.C.
- 8) SCHUTZ, W.M., and R.L. BERNARD. 1967. Genotype x environment interaction in the regional testing of soybean strains. *Crop Sci.*, 7: 125-130.
- 9) SPRAGUE, G.F., and W.T. FEDERER. 1951. A comparison of Variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agro. J.*, 43: 535-541.
- 10) STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE. 1980. Principles and Procedures of Statistics. 2nd. edition. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York.