

ESTABILIDAD DE LOS RENDIMIENTOS DE MAIZ (Zea mays L.) EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Héctor A. PACCAPELO¹, Héctor O. LORDA², Rodolfo A. DOMINGUEZ³

Resumen

Con el propósito de evaluar la estabilidad del rendimiento de algunos cultivares de maíz, se analizó la información proveniente de la Red Oficial de Ensayos Territoriales en dos localidades ubicadas en la subregión VII maicera (Gral. Pico y Santa Rosa). Siguiendo la metodología de Eberhart y Russell (1966) se analizaron una variedad y 6 híbridos de maíz en 8 ambientes diferentes. Morgan 400, Cargill Record 120, Dekalb 4F 33, y Morgan Triunfador superan el rendimiento promedio general. Morgan 400 por su parte, supera el resto de los cultivares. Seis cultivares presentan rendimientos estables en los ambientes puesto que su respuesta en calidades ambientales crecientes, medida a través de regresiones, no difiere de la regresión promedio ($b=1$) y porque no presentaron desvíos significativos respecto a las rectas de regresión ($S^2d=0$). Morgan Triunfador responde mejor en ambientes de calidad inferior ($b=0,81$ y $S^2d=0$).

Summary

With the aim to evaluate the yields stability of some cultivars of maize in two places of the ecological region VII (General Pico y Santa Rosa), the Official Network of Territorial Trials has been analyzed. According to the methodology proposed by Eberhart and Russell (1966) one variety and six hybrids of maize have been studied in eight different environments. Morgan 400, Cargill Record 120, Dekalb 4F 33 y Morgan Triunfador resulted all superior to the general yield average. Morgan 400 yield overcame the rest. Six cultivars under study can be considered stables in those environments analyzed since their regression coefficients do not differ from the average ($b=1$). The standard deviation of regression coefficients (S^2d) are closed to 0. Morgan Triunfador could make a better use of a lower quality environment ($b=0,81$ y $S^2d=0$).

1 *Cát. Mejoram. Genét. de plantas y animales. Fac. Agronomía-U.N.L.Pam*

2 *Becario del CONICET.*

3 *Cát. Cerealicultura. Fac. Agronomía-U.N.L.Pam.*

INTRODUCCION

Los ensayos regionales de rendimiento llevados a cabo en diferentes localidades y años constituyen ambientes que permiten evaluar diferentes genotipos en ciertos caracteres agronómicamente útiles. Si el comportamiento de los genotipos es igual en todos los ambientes, el valor promedio del carácter analizado resulta un parámetro eficaz para diferenciarlos y también se podrán realizar predicciones de sus comportamientos en otros ambientes. No obstante, cuando existe interacción de los cultivares con el ambiente de su comportamiento varía de acuerdo al ambiente considerado especialmente cuando se consideran extensas zonas de cultivo con diferencias ambientales muy marcadas. Frankel (1958), citado por Finlay y Wilkinson (1963) considera que el mejoramiento genético puede tender a lograr cultivares para ambientes bien definidos o bien adaptados a condiciones más extensas. En este último caso deberá poseer buena adaptabilidad general.

Eberhart y Russell (1966) proponen una metodología que permite seleccionar genotipos menos interactuantes con el ambiente; consideran que esa interacción se manifiesta en toda estructura genética, desde líneas puras hasta híbridos múltiples. Una forma de reducir la interacción con el ambiente es cultivar una mezcla de genotipos; Allard y Bradshaw (1964), Rosbaco y Babboni (1968) consideran al respecto que los híbridos dobles de maíz tiene una elevada homeostasis poblacional comportándose con una estabilidad igual o superior a las variedades de polinización libres. La metodología de Eberhart y Russell (1966) considera el componente lineal (b =coeficiente de regresión) y el no lineal (S^2d =desvíos de la regresión) para evaluar un genotipo. El coeficiente de regresión (b) constituye la respuesta del genotipo al estímulo ambiental mientras que la magnitud de los desvíos de la regresión es una medida más apropiada de la estabilidad que el valor b , pues estima las fallas del genotipo de responder de manera constante a dicho estímulo.

Piatti et al. (1982) analizó la respuesta (b) y la estabilidad genético ambiental (S^2d) del rendimiento de cultivares comerciales de maíz en ensayos regionales y bioecológicos; los híbridos semidentados evaluados resultaron con mayores rendimientos promedio y con respuesta iguales o superiores al promedio de los híbridos considerados, en tanto que los genotipos duros colorados lisos lograron rendimientos menores y sus respuestas no superaron al promedio ($b=1$). En ambos tipos comerciales existieron diferencias en cuanto a los valores de estabilidad (S^2).

Pérez et al. (1984) siguiendo la metodología de Eberhart y Russell (1966) estudia la estabilidad del rendimiento y susceptibilidad al vuelco de seis híbridos dobles de maíz obtenidos en Tucumán y de cuatro testigos: dos variedades, un híbrido doble y un híbrido intersintético. Los híbridos experimentales tuvieron satisfactoria estabilidad asociada a altos rendimientos aunque fueron menos indiferentes que las variedades en los distintos ambientes. Respecto a los híbridos testigos tuvieron más estabilidad que el híbrido doble y similar a la del

híbrido intersintético.

Gómez et al. (1984) determinaron la estabilidad del rendimiento de seis cultivares de maíz. Concluyeron que Leales 72 y Leales 98 tienen un buen nivel productivo y estabilidad en los ambientes probados. Para el NOA es interesante una buena estabilidad debido a su diversidad ambiental.

Mella et al. (1984) analizaron la estabilidad del rendimiento, prolificidad y quebrado de tallo en 22 cultivares de maíz; concluyen que el avance de la estabilidad a través de los años fue importante y con una tendencia a valores elevados de b indicativos de respuestas favorables en ambientes de buena calidad. Prolificidad tiene poco efecto sobre la estabilidad de los híbridos ensayados. El quebrado de tallos, por su parte, manifestó interacción genotipo-ambiente significativa aunque no muy elevada y con algunos híbridos difiriendo de $b=1$.

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron los datos de rendimiento de la Red Oficial de Ensayos Territoriales (ROET), en las localidades de General Pico (LP) y Santa Rosa (LP). De la primera se analizaron las campañas 1980-81, 1981-82, 1982-83, 1983-84 y 1984-85. Por su parte la localidad de Santa Rosa en las campañas 1981-82, 1982-83 y 1984-85. En total se analizaron 8 ambientes.

Respecto a los genotipos, la metodología restringe la participación a aquellos cultivares comunes a los años elegidos para el análisis. En el CUADRO 1 se detalla las características de los cultivares empleados. Los rendimientos provienen de parcelas que contenían 2 surcos de 5 metros de largo y separados a 0,70 metros, distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. El análisis conjunto de estabilidad responde a la metodología de Eberhart y Russell (1966).

RESULTADOS Y DISCUSION

Finlay y Wilkinson (1963) y Eberhart y Russell (1966) determinan la regresión lineal entre los rendimientos individuales de cada cultivar con los distintos índices ambientales. Estos índices se obtienen por la diferencia entre la media de todos los cultivares en cada ambiente y la media general del ensayo. En el CUADRO 2 se detallan los ambientes y los respectivos índices. Los positivos son los que superan la media general, dándose la máxima expresión en Santa Rosa 1982/83. Por su parte, los negativos indican valores inferiores a la media general del ensayo.

Zaffanella y Zaffanella (1960, citado por Sierra y Pórfido, 1980) consideran que el balance hídrico, demuestra tener mayor gravitación sobre el rendimiento del cultivo de maíz, corresponde a los meses de Diciembre, Enero y Febrero en la región maicera argentina.

En este lapso se produce un período crítico para el cultivo desde tres semanas anteriores a floración y hasta seis semanas posteriores a la misma (Denmead y Shaw, 1971).

En ambas localidades analizadas (General Pico y Santa Rosa) la floración ocurre desde mediados de Enero a mediados de Febrero, siendo coincidente con el período de mayor evapotranspiración. Además de los factores climáticos se debe reconocer la gravitación de otros factores como la aptitud agrícola de los suelos, la acción limitante de las plagas, enfermedades y la dotación de malezas (Sierra y Pórfido, 1980). Este último factor afectó severamente los rendimientos del ensayo conducido en Santa Rosa en 1981/2 y es por ello que se constituyó en el índice ambiental más bajo.

En el CUADRO 3 se reúnen las significancias estadísticas de los principales componentes de la variancia conjunta. Existen diferencias entre cultivares ($F=2,41$) y entre ambientes dentro de ellos ($F=19,6$) pero no se registró interacción entre cultivares por ambiente (CxA). Esta falta de interacción indica que el ambiente ejerció el mismo efecto sobre cada cultivar. En estos casos el orden de rendimiento en un ambiente se respeta en los otros siendo posible y útil tomar sus rendimientos promedios para diferenciarlos. Como se observa en la FIGURA 1 el orden de rendimientos en el ambiente más desfavorable se ve modificado respecto al de los demás; ello obedece a un elevado coeficiente de variabilidad proveniente de su análisis individual, que aumenta considerablemente la variancia del error experimental.

El análisis de variancia dentro de genotipos muestra que la interacción CxA (lineal) resultó no significativa ($F=0,45$) indicando que no existen diferencias entre las líneas de regresión de cada cultivar con respecto a la línea de regresión promedio ($b=1$); no obstante, Morgan Triunfador difiere significativamente de $b=1$. Este comportamiento puede deberse al elevado CM del error experimental conjunto producto de errores experimentales de algunos ensayos individuales ya mencionados. Por lo tanto la interacción que se observa en la FIGURA 1 no alcanza a dar significancia estadística.

La desviación conjunta de las regresiones no resultó significativa ($F=0,48$) y se separaron los desvíos correspondientes a cada cultivar, dando un F no significativo en todos los participantes al cotejar con el CME conjunto.

El CUADRO 4 detalla los parámetros establecidos por la metodología empleada: rendimientos promedios, respuesta al incremento de la calidad ambiental (b) y su significancia estadística (" t ") y "estabilidad" frente a variables ambientales no pronosticables (S^2d).

Un cultivar deseable es aquel con altos rendimientos, un b cercano a la unidad y desviaciones respecto a la regresión tan pequeñas como sea posible. Existen evidencias de que el rendimiento y la estabilidad en el rendimiento de un cultivar están controlados por siste-

mas genéticos diferentes, lo cual tiene implicancia práctica en los programas de mejoramiento.

Respecto a los rendimientos obtenidos en el presente análisis se observa que Morgan 400 supera estadísticamente al resto de los cultivares. Su característica de prolificidad al igual que en Dekalb 4F 23 sería favorable para condiciones marginales de cultivo. Sin embargo, Mella et al. (1984) consideran que no afecta la estabilidad para condiciones favorables. Por su parte, la variedad Colorado La Holandesa se ubicó como el participante menos rendidor. Según Allard y Bradshaw (1964), Rosbaco y Babboni (1968) existirían en los híbridos dobles de maíz alta homeostasis poblacional y entonces se comportarían como estables, superando en alguna oportunidad la estabilidad de las variedades.

Un coeficiente de regresión igual a la unidad indicaría estabilidad en un cultivar siempre que los desvíos de la regresión sean tan pequeños como sea posible ($S^2_d=0$) según Eberhart y Russell (1966). Finlay y Wilkinson (1963) consideran que valores de regresión superiores a la unidad indicarían cultivares con mayor sensibilidad a los cambios ambientales (menos estables) y valores de regresión inferiores a la unidad serían indicativos de cultivares con mayor resistencia a los cambios ambientales (más estables). En el presente análisis Morgan Triunfador se comporta con mayor estabilidad al arrojar un $b=0,81$. El resto de los participantes presentarían una estabilidad promedio y todos los desvíos respecto a la regresión muy cercanos a 0. Aunque sin alcanzar significancia estadística, Morgan 400 aprovecharía mejor ambientes de alta calidad (menor estabilidad, $b=1,15$). La FIGURA 1 muestra las rectas de regresión de cada cultivar. La ordenada al origen de cada recta coincide con el rendimiento promedio correspondiente a los 8 ambientes analizados. Cargill Trihíbrido 81 mostró rendimiento y estabilidad cercanos al promedio.

La FIGURA 2 relaciona los coeficientes de regresión y los rendimientos en una banda de confianza de un desvío estandar. Los genotipos más estables se ubican dentro de su banda de confianza; los más rendidores se ubican hacia la derecha de la banda de confianza para rendimientos. Son deseables aquellos cultivares que reúnan ambas características. Morgan 400 posee buenos rendimientos pero su b está fuera de la banda de confianza. Morgan Triunfador, con su característica de mayor estabilidad, tiene un rendimiento semejante al resto de los participantes.

CONCLUSIONES

- * Morgan 400 resultó ser el cultivar más rendidor.
- * A excepción de Morgan Triunfador, que aprovecha mejor ambientes de baja calidad, el resto de los cultivares presentan estabilidad cercana al promedio.
- * Esta experiencia reafirma la conveniencia de efectuar una prueba

de homogeneidad de variancia de los ensayos individuales previo a la aplicación de la metodología utilizada.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Agr. Zinda Roberto y al Ing. Agr. Aníbal Pordomingo por la colaboración y diagramación estadística.

BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R.W. and BRADSHAW, A.D., 1964. Implications of genotypic environment interaction in applied plant breeding. *Crop Science* (4): 503-508.
- DENMEAD, O.T. and SHAW, R.H., 1962. The effects of soil moisture stress at different stages of growths on development and yield of corn. *Agron. Journal*. (52): 272-73.
- EBERHART, S.A. and RUSSELL, W.A., 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Science*. (6): 36-40.
- FINLAY, K.W. and WILKINSON, G.N., 1963. Analysis of adaptation in plant breeding. *Aust. J. Agric. Res.* (14): 742-54.
- GERONIMO GOMEZ, L.; PORESELLO, D. y RABASA, A., 1984. Desarrollo de híbridos triples a partir de una población de buena aptitud combinatoria. III Congreso Nacional de Maíz. Pergamino. AINBA. pp: 63-70.
- MELLA, R.; NIDER, F. y SANGUINETTI, A., 1984. Evaluación de la ganancia genética en el rendimiento, prolificidad y quebrado del tallo de 2 cultivares comerciales de maíz (1949-1984). III Congreso Nacional de Maíz. Pergamino. AINBA. pp:42-47.
- PEREZ, F.; GARGIULO, C. y AREVALO, C., 1984. Estabilidad en el comportamiento de híbridos dobles de maíz obtenidos en Tucumán. III Congreso Nacional de Maíz. EEA Paraná. Serie Técnica Nro. 24.
- PIATTI, F. et al., 1982. Análisis de la respuesta ambiental y estabilidad del rendimiento de cultivares comerciales de maíz. Tesis postgrado. Mejoramiento Genético Vegetal. EERA INTA Pergamino. 60 pp.
- ROSBACO, U.F. y BABBONI, E.S., 1968. Homeostasis en híbridos simples, híbridos dobles y variedades de maíz. EEA INTA Paraná. Serie Técnica Nro. 24.
- SIERRA, E.M. y PORFIDO, O.D., 1980. Factores que afectan los rendimientos en la región maicera argentina. *Rev. de la Fac. de Agron. de Bs. As.* 1 (2): 49-64.

CUADRO 1

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS CULTIVARES EVALUADOS *

Nombre	Tipo Comercial	Constitución
Colorado La Holandesa	Duro Colorado Liso	Variedad
Asgrow 351	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Cargill Record 120	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Dekalb 4F-33	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Morgan 400	Duro Amarillo Liso	Híbrido Doble
Morgan Triunfador	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Cargill Trihíbrido 81	Duro Colorado Liso	Híbrido de tres líneas

* El cultivo del maíz-Colec. Principales cultivos de la Argentina. INTA

CUADRO 2

INDICES AMBIENTALES PARA LAS LOCALIDADES Y AÑOS EVALUADOS

AMBIENTES	INDICE
Santa Rosa 1981/1982	-2130,70
General Pico 1984/1985	-773,50
General Pico 1981/1982	-537,70
General Pico 1980/1981	-526,40
Santa Rosa 1984/1985	-70,50
General Pico 1982/1983	896,30
General Pico 1983/1984	1245,40
Santa Rosa 1982/1983	1895,80

CUADRO 1

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS CULTIVARES EVALUADOS *

Nombre	Tipo Comercial	Constitución
Colorado La Holandesa	Duro Colorado Liso	Variedad
Asgrow 351	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Cargill Record 120	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Dekalb 4F-33	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Morgan 400	Duro Amarillo Liso	Híbrido Doble
Morgan Triunfador	Duro Colorado Liso	Híbrido Doble
Cargill Trihíbrido 81	Duro Colorado Liso	Híbrido de tres líneas

* El cultivo del maíz-Colec. Principales cultivos de la Argentina. INTA.

CUADRO 2

INDICES AMBIENTALES PARA LAS LOCALIDADES Y AÑOS EVALUADOS

Ambientes	Indice
Santa Rosa 1981/1982	-2130,70
General Pico 1984/1985	-773,50
General Pico 1981/1982	-537,70
General Pico 1980/1981	-526,40
Santa Rosa 1984/1985	-70,50
General Pico 1982/1983	896,30
General Pico 1983/1984	1245,40
Santa Rosa 1982/1983	1895,80

CUADRO 3

ANALISIS DE LA VARIANZA CONJUNTA DE SIETE CULTIVARES
 EN OCHO AMBIENTES DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD
 SEGUN EBERHART Y RUSSELL (1966)

Fuente de Variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Total	55	96.193.109		
1. Entre cultivares (C)	6	4.104.160	684.026	2,41 *
Dentro de cultiyares				
-Ambientes (A)	7	81.607.887	11.647.997	19,6 **
-Cultivar x Ambiente (CxA)	42	10.607.062	249.549	0,42 ns
2. Ambiente (lineal)	1	81.535.979		
D.C. 3. CxA (lineal)	6	764.162	127.360	0,45 ns
4. Desviación conjunta	42	11.936.261	284.196	0,48 ns
Colorado La Holandesa	6	1.525.074	254.179	0,42 ns
Asgrow 351	6	2.982.287	497.047	0,84 ns
C. Record 120	6	308.386	51.397	0,08 ns
Dekalb 4F-33	6	3.699.828	616.638	1,01 ns
Morgan 400	6	1.581.862	263.643	0,44 ns
Morgan Triunfador	6	164.271	27.378	0,04 ns
C. Trihíbrido 81	6	1.674.553	279.092	0,47 ns
5. Error Conjunto	144		591.663	

ns, * y ** : No significativo, significativo al nivel 0,05 y 0,01 de probabilidad, respectivamente.

CUADRO 4

RENDIMIENTO PROMEDIO, COEFICIENTE DE REGRESION Y
DESVIOS DE LA REGRESION

CULTIVAR	RENDIMIENTO (kg/ha)	b	T	DESV.CUL. CMEE CONJ.
Morgan 400	4.458 a	1,15	1,02	-337.484
C.Record 120	4.065 ab	1,05	0,83	-94.616
Dekalb 4F-33	4.044 ab	0,94	-0,30	-540.266
Morgan Triunfador	4.008 ab	0,81	-4,04**	24.975
C. Trihíbrido 81	3.852 b	1,01	0,07	-328.020
Asgrow 351	3.674 b	0,99	0,10	-564.285
C. La Holandesa	3.565 b	1,03	0,23	-312.571

DMS= 504,8 kg/ha. Letras iguales a la derecha de las cifras indican --
rendimientos semejantes. **= $P < 0,01$.

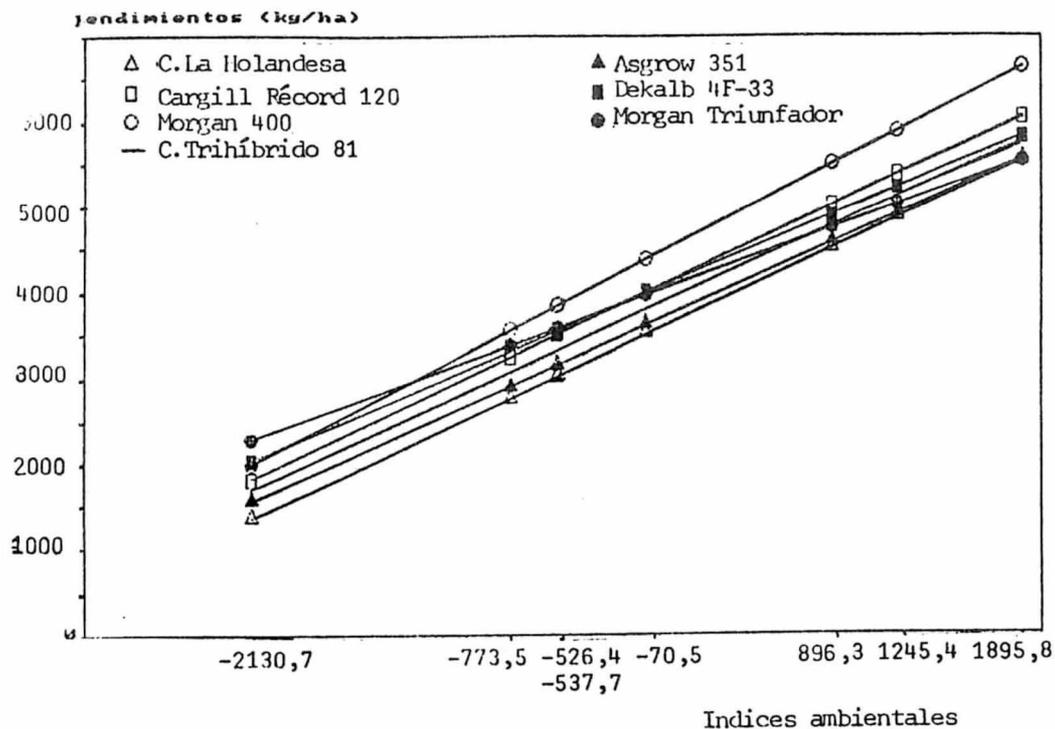


FIGURA 1 Líneas de regresión de 7 cultivares de maíz analizados en 8 ambientes.

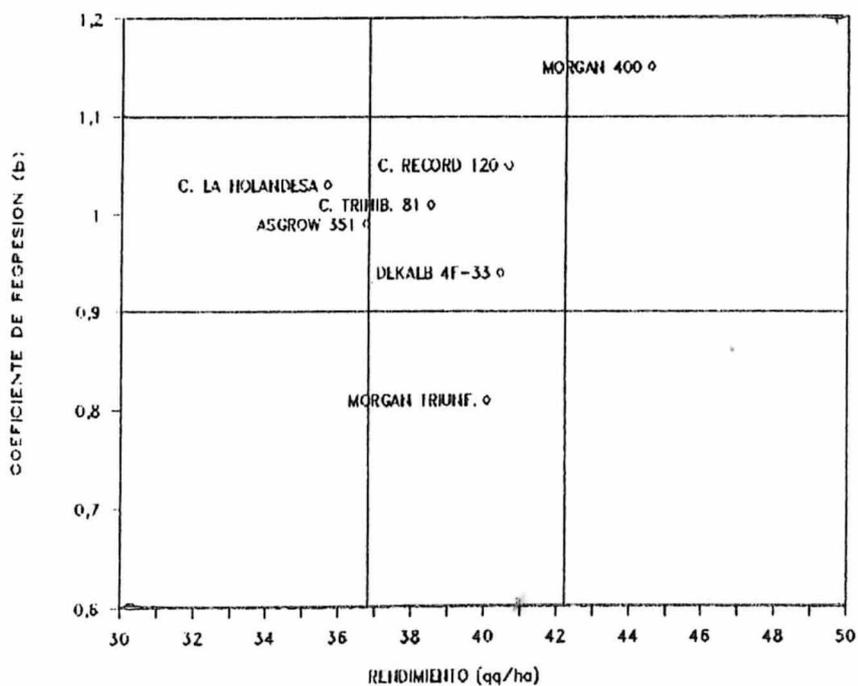


FIGURA 2 Relación entre los coeficientes de regresión y los rendimientos de 7 cultivares de maíz.