

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y POTENCIAL AGRONÓMICO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA (QPM) EN VENEZUELA

Félix M. San Vicente G.*, Carlos Marín R.** y Dayzi Díaz**

RESUMEN

El uso de harina de maíz, *Zea mays* L., de alta calidad de proteína (QPM) podría contribuir a reducir el déficit nutricional de la población venezolana. Con el objeto de determinar la estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz QPM en Venezuela, fueron evaluados siete híbridos QPM y cinco híbridos testigos normales en 18 localidades durante el año 2001. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 m de largo separados a 70 cm. Las características evaluadas incluyeron rendimiento en grano, floración femenina, altura de planta y mazorca, acame de tallo, aspecto de mazorca, dureza de grano y porcentaje de humedad. Para el rendimiento, el análisis de varianza según el modelo AMMI, reveló que la interacción genotipo x ambiente fue altamente significativa. El componente principal 1 (CP-1) explicó el 35,0% de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x ambiente. Seis híbridos (INIA QPM-6, INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-22, INIA QPM-20 y INIA QPM-18) superaron al mejor testigo comercial (HIMECA-2000), sobresaliendo los híbridos INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) e INIA QPM-4 (G2), los cuales forman un grupo bastante homogéneo. Los híbridos con menores valores para el CP-1, y que por ende presentaron mejor estabilidad, fueron INIA QPM-14, INIA -4, CARGILL-114 e INIA QPM-22. Excepto INIA QPM-22, todos estos híbridos presentaron rendimiento por debajo de la media general. El híbrido INIA-QPM-2 presentó características agronómicas superiores, destacando la inserción de la mazorca y la dureza del grano. Los resultados obtenidos reflejan la potencialidad de tres híbridos QPM para producción comercial en Venezuela.

Palabras Clave: *Zea mays* L.; maíz; QPM; híbridos; estabilidad; modelo AMMI.

* Investigador V y ** Técnicos Asociados a la investigación. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: fsanvicente@inia.gov.ve

RECIBIDO: junio 06, 2005.

INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., proporciona una cantidad importante de la ingesta de calorías (17%) y proteínas (10%) de la población venezolana. Este aporte es aún más significativo en los sectores más deprimidos de la población, donde el maíz es una fuente alimenticia primordial. El problema es que las dietas basadas en maíz carecen de dos aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), que no pueden ser sintetizados por el hombre y animales monogástricos y son necesarios para prevenir la desnutrición.

Los problemas mencionados fueron resueltos en los años 60 con el descubrimiento de los genes mutantes *opaco-2* y *harinoso-2* en la proteína del endospermo del maíz (Mertz *et al.*, 1964). Desgraciadamente, en los trabajos iniciales de conversión de materiales normales a “opacos” mediante la incorporación del gen *opaco-2*, resultaron en maíces con granos de características indeseables, de menor peso (10-15% menos) que los normales, de apariencia opaca, suaves y susceptibles a hongos causantes de pudrición de mazorca (Vasal, 2000). Esto ocasionó que todas las actividades en conversión de maíces de calidad de proteína fuesen abandonadas. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) continuó las investigaciones y logró la incorporación de genes modificadores del fenotipo del endospermo en maíz (Bjarnason y Vasal, 1992; Vasal, 1977; Lopes y Larkins, 1994). Esto convirtió los granos de apariencia suave y opacos en granos de tipo normal a los que se denominó maíces con alta calidad de proteína, o “QPM” (quality protein maize).

El grano de los cultivares QPM contiene entre 70 y 100% más de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, que los cultivares normales. Estos cultivares tienen la misma apariencia e igual sabor del maíz normal, pero el valor nutritivo de su proteína es casi equivalente al de la caseína de la leche de vaca. Los beneficios de altos niveles de estos aminoácidos en nutrición humana, especialmente en niños, y en nutrición de animales monogástricos han sido bien documentados (Pradilla *et al.*, 1977; Bressani, 1969; Bressani, 1977; Luna-Jaspe *et al.*, 1971; Maner, 1977). En cuanto a la alimentación infantil, los resultados coinciden en indicar que las proteínas del maíz opaco-2 tienen el equivalente a 90% del valor proteínico de la leche y que 10 gramos de maíz opaco-2 /kilo de peso / día son suficientes para satisfacer el mínimo de aminoácidos esenciales (Bressani, 1977).

En Venezuela, el Ministerio de Ciencia y Tecnología estima que 25% de la población infantil sufre de desnutrición (MCT,2000). El maíz de alta calidad de proteína brinda a los pobres un medio para mejorar su dieta y por ende su salud y bienestar. Resulta más fácil y más barato hacer que el maíz sea más nutritivo, que cambiar o complementar la dieta. El uso de maíz de QPM contribuiría a corregir el déficit nutricional actual de la población venezolana, logrando alcanzar niveles apropiados de seguridad alimentaría en el mediano plazo.

El insumo tecnológico principal para lograr la producción de harina precocida de alta calidad de proteína lo constituye la semilla mejorada de cultivares (variedades e híbridos). En Venezuela, la Fundación DANAC y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) han sido las instituciones involucradas en el desarrollo de híbridos de maíz QPM. La Fundación DANAC, inició la evaluación de híbridos QPM en el año 1999, logrando la liberación del híbrido D-QPM1 en el año 2002 (Chassaigne, 2002).

Por otro lado, El INIA inició en el año 2001 un proyecto de investigación en cooperación con CIMMYT y la Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA) con la finalidad de evaluar y desarrollar híbridos de maíz QPM. Durante el ciclo de invierno de ese año fue efectuada la primera evaluación en múltiples localidades de híbridos de maíz QPM. Los objetivos de este trabajo fueron determinar la estabilidad del rendimiento y el potencial agronómico de híbridos de maíz QPM en Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Siete híbridos (2 simples y 5 de 3 líneas) con endospermo QPM provenientes del programa de maíz tropical del CIMMYT, fueron evaluados junto con 5 híbridos testigos de endospermo normal, en 18 localidades de Venezuela distribuidas en los estados Portuguesa, Apure, Barinas, Yaracuy, Guárico, Monagas y Aragua. Los híbridos y localidades utilizados están descritos en el Cuadro 1.

Todos los ensayos fueron sembrados en la época de lluvias del año 2001. El diseño experimental fue un bloques completos al azar con 4 repeticiones por localidad. La unidad experimental estuvo constituida por 2 hileras de 5 m, con un espacio de 20 cm entre plantas y 70 cm entre hileras, lo que representó una densidad de siembra aproximada de 74 000 plantas por hectárea.

CUADRO 1. Híbridos y localidades utilizados en el ensayo.

Entrada	Híbridos			Localidades		
	Nombre	Descripción	Nº	Localidad	Estado	
G1	INIA QPM-2	QPM (Híbridos de tres líneas)	L1	Turén	Portuguesa	
G2	INIA QPM-4	QPM (Híbridos de tres líneas)	L2	Agua Blanca	Portuguesa	
G3	INIA QPM-6	QPM (Híbridos de tres líneas)	L3	Sabana del Medio	Portuguesa	
G4	INIA QPM-14	QPM (Híbridos de tres líneas)	L4	Sabaneta I	Barinas	
G5	INIA QPM-18	QPM (Híbridos de tres líneas)	L5	Santa Rosa	Barinas	
G6	INIA QPM-20	QPM (Híbridos simple)	L6	Punta Gorda	Barinas	
G7	INIA QPM-22	QPM (Híbridos simple)	L7	Guarabao	Yaracuy	
G8	INIA-4	Testigo normal experimental	L8	Camunare	Yaracuy	
G9	CARGILL-114	Testigo normal comercial	L9	Yaritagua	Yaracuy	
G10	PIONEER-30F94	Testigo normal comercial	L10	El Socorro	Guárico	
G11	FONAIAP-2004	Testigo normal experimental	L11	Tucupido	Guárico	
G12	HIMECA-2000	Testigo normal comercial	L12	Las Peñitas I	Aragua	
			L13	Maracay	Aragua	
			L14	La Morita III	Apure	
			L15	La Morita II	Apure	
			L16	San Nicolás	Portuguesa	
			L17	Sabaneta II	Barinas	
			L18	Las Peñitas	Aragua	

Se sembraron 2 semillas por punto y luego se raleó, dejando solamente una planta. Datos fueron registrados para floración femenina (número de días desde la siembra hasta que 50% de las plantas en la parcela presentaron estigmas), altura de planta (medida en cm desde la superficie del suelo hasta la inserción de la hoja bandera), altura de mazorca (medida en cm desde la superficie del suelo hasta la inserción de la primera mazorca), acame de tallo (porcentaje de plantas con tallos quebrados debajo de la mazorca), aspecto de mazorca (escala de 1-5, donde 1= excelente y 5=muy pobre), dureza de grano (escala de 1-5, donde 1=duro y 5=dentado) y rendimiento en grano (peso de grano en t ha⁻¹, ajustado al 14% de humedad).

Todos los ensayos fueron sembrados y cosechados manualmente y el manejo agronómico fue el recomendado para el cultivo en cada una de las localidades. Las medias de cada parcela fueron utilizadas para calcular los análisis de varianza por localidad (datos no mostrados) y a través de las 18 localidades, utilizando PROC GLM (SAS Institute Inc., v. 8.2, 2003). Para los análisis de varianza, las localidades y las repeticiones fueron considerados efectos aleatorios y los genotipos efectos fijos. La interacción genotipo x ambiente fue estudiada utilizando el modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacciones Multiplicativas (AMMI) descrito por Crossa *et al.* (1990).

El modelo propuesto es el siguiente:

$$\gamma_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

donde:

- γ_{ge} = rendimiento promedio de un genotipo g en un ambiente e;
- μ = media general;
- α_g = desviaciones de las medias de los genotipos;
- β_e = desviaciones de las medias de los ambientes;
- N = número de Componentes Principales (CP) retenidos en el modelo;
- λ_n = valor singular para cada CP;
- γ_{gn} = valores de los vectores de los genotipos para cada CP;
- δ_{en} = valores de los vectores de los ambientes para cada CP;
- ρ_{ge} = residual.

El índice de superioridad y estabilidad (P_i) propuesto por Lin y Binns (1994), también fue utilizado como una medida para describir la interacción genotipo x ambiente. El potencial de cada híbrido fue comparado con el máximo rendimiento observado en cada ensayo; de acuerdo al siguiente fórmula:

$$P_i = \frac{\sum (\bar{X}_{ij} - \text{Max}_j)^2}{2N}$$

donde:

P_i = Índice de superioridad y estabilidad del genotipo i ;
 N = Número de localidades o ambientes evaluados;
 X_{ij} = Rendimiento promedio del genotipo i en la localidad j ;
 M_j = Rendimiento promedio máximo en la localidad j .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis combinado de varianza para el rendimiento en grano, de acuerdo al modelo AMMI, es presentado en el Cuadro 2. El efecto de genotipo fue altamente significativo ($P < 0,01$) y el efecto principal de localidad contribuyó mayormente a la variación total. La interacción genotipo x ambiente fue altamente significativa, indicando que los híbridos están influenciados de manera diferente por el efecto ambiental.

El componente principal 1 (CP-1) explicó el 35,0% de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x ambiente con el 14% de los grados de libertad. Es importante señalar que existió una proporción considerable (alrededor de 41%) de variación debida a la interacción genotipo x ambiente, que no pudo ser explicada por el modelo, lo cual demuestra la alta complejidad de este factor.

No existen estudios en el país sobre estabilidad del rendimiento de híbridos de maíz QPM. Sin embargo, en algunos estudios previos de estabilidad del rendimiento en maíz normal, el modelo AMMI logró explicar una mayor proporción de la variación debida a la interacción genotipo x ambiente (Marín, 1995; Cabrera *et al.*, 1997; Cabrera *et al.*, 2001). Estos resultados contrastantes podrían estar determinados por la diversidad de genotipos y de localidades utilizados en los distintos estudios. El rendimiento promedio del ensayo fue de 6,27 t ha⁻¹, con un coeficiente de variación de 14,0% (Cuadro 2).

CUADRO 2. Análisis AMMI para el rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de la evaluación de 12 híbridos en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios
Localidad (L)	17	1 267,83	74,58**
Repetición /L	54	129,59	2,40**
Genotipo (G)	11	343,76	31,25**
G x L	187	407,50	2,18**
CP-1	27	142,78	5,29**
CP-2	25	95,61	3,82**
Residual	135	169,10	1,25**
Error	594	451,19	0,76
Total	863	2 599,87	3,01
Media	6,27		
CV (%)	14,0		

En la Figura, están representados los rendimientos promedio y valores AMMI para las localidades e híbridos evaluados. El rendimiento promedio fluctuó entre localidades, de $3,84\ t\ ha^{-1}$ en Sabana del Medio, estado Portuguesa (L3) a $8,06\ t\ ha^{-1}$ en Camunare, estado Yaracuy (L8). Para los genotipos, el máximo rendimiento ($7,09\ t\ ha^{-1}$) fue registrado por G3 (INIA QPM-6) y el mínimo por G10 (PIONEER-30F94). Seis híbridos (G3, G1, G2, G7, G6 y G5) superaron al mejor testigo comercial (G12), sobresaliendo los híbridos INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) e INIA QPM-4 (G2), los cuales forman un grupo bastante homogéneo.

Los híbridos con menores valores para el CP-1, y que por ende presentaron mejor estabilidad a través de las 18 localidades de Venezuela, fueron G4, G8, G9 y G7. Excepto G7, todos estos híbridos presentaron rendimiento por debajo de la media general. Estos resultados son similares a los señalados por Cabrera *et al.* (2001), quienes utilizando el modelo AMMI para evaluar la estabilidad de 20 híbridos de maíz normal en 13 localidades de Venezuela, encontraron que 4 de los 9 híbridos más estables presentaron rendimiento por debajo de la media general.

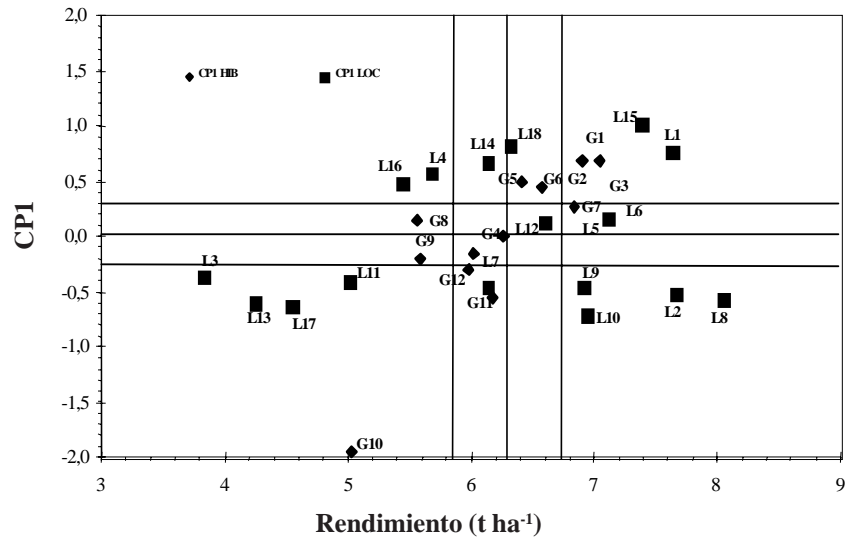


FIGURA. Estabilidad del rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de 12 híbridos de maíz evaluados en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

Otros estudios realizados en el país y en América Latina también confirman esta tendencia general a una relación inversa entre el rendimiento y la estabilidad (Marín, 1995; Brizuela, 1997; Cabrera *et al.*, 1997; Córdova, 1991). Por supuesto, existen híbridos que son la excepción y alcanzan altos rendimientos y amplia estabilidad en gran número de ambientes.

De acuerdo a los valores AMMI, las localidades Las Peñitas 1, Aragua (L12), Santa Rosa, Barinas (L5) y Punta Gorda, Barinas (L6) presentaron menor interacción con los genotipos, por lo que se consideran ambientes neutrales. Las localidades Agua Blanca, Portuguesa (L2), Turén, Portuguesa (L1) y Camunare, Yaracuy (L8) presentaron el mayor potencial de producción. Las localidades Sabaneta, Barinas (L17), El Socorro, Guárico (L10), Las Peñitas 2, Aragua (L18) y La Morita II, Apure (L15), posibilitan discriminar genotipos de acuerdo a los mayores valores AMMI que presentaron, y deben ser consideradas como localidades claves para futuras evaluaciones.

Seis híbridos QPM presentaron rendimientos superiores a la media general del ensayo (6,27 t ha⁻¹). Entre estos materiales, los híbridos INIA-QPM-20, INIA-QPM-2, e INIA-QPM-6 registraron los menores valores de P_i , indicando que presentan un comportamiento cercano al rendimiento máximo a través de las 18 localidades y por lo tanto serían considerados los de mayor potencial (Cuadro 3). El mejor testigo experimental (FONAIAP-2004), se ubicó dentro de los materiales con buen potencial, mientras que el peor testigo registró el mayor valor de P_i . Estos resultados coinciden con los del análisis AMMI en la identificación de los híbridos con mayor potencial de rendimiento.

CUADRO 3. Media (t ha⁻¹), índice de superioridad respecto a la media general y respecto al valor máximo de cada localidad (P_i) de los 12 híbridos evaluados.

Híbridos	Media (t ha ⁻¹)	Superioridad (%MG)	P_i *
INIA QPM-6 (G3)	7,09	113	5,6
INIA QPM-2 (G1)	7,05	112	5,9
INIA QPM-4 (G2)	6,91	110	6,1
INIA QPM-22 (G7)	6,84	109	6,2
INIA QPM-20 (G6)	6,58	105	5,3
INIA QPM-18 (G5)	6,41	102	5,7
FONAIAP-2004 (G11)	6,17	99	5,0
INIA QPM-14 (G4)	6,02	96	6,5
HIMECA-2000 (G12)	5,98	95	5,6
CARGILL-114 (G9)	5,59	89	6,2
INIA-4 (G8)	5,57	89	5,8
PIONEER-30F94 (G10)	5,03	80	7,4
Media General (MG)	6,27		

* Lin y Binns (1994)

En el Cuadro 4, se presentan las medias de los principales caracteres agronómicos de los 12 híbridos evaluados. Como se mencionó anteriormente, seis híbridos (INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-6, INIA QPM-18, INIA QPM-20, e INIA QPM-22) superaron significativamente en rendimiento al mejor testigo comercial (HIMECA-2000). Cabe destacar, los híbridos INIA QPM-6, INIA QPM-2 e INIA QPM-4 con rendimiento alrededor de 7,0 t ha⁻¹, altura de planta intermedia y excelente dureza de grano, que los hacen apropiados para la producción comercial en Venezuela.

CUADRO 4. Características agronómicas de 12 híbridos de maíz evaluados en 18 localidades de Venezuela, año 2001.

Híbrido	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	ACAME (%)	REND. (t ha ⁻¹)	AASPM (1-5)	URG (1-5)
INIA QPM-6 (G3)	54	239	127	23	7,09	2,7	2,6
INIA QPM-2 (G1)	56	236	120	23	7,05	2,4	2,2
INIA QPM-4 (G2)	55	238	122	21	6,91	2,5	2,4
INIA QPM-22 (G7)	55	242	142	22	6,84	2,5	2,0
INIA QPM-20 (G6)	55	231	120	13	6,58	2,6	3,0
INIA QPM-18 (G5)	55	221	112	23	6,41	2,7	3,3
FONAIAP-2004 (G11)	58	250	146	18	6,17	2,6	2,1
INIA QPM-14 (G4)	55	230	135	35	6,02	2,4	1,9
HIMECA-2000 (G12)	57	247	145	24	5,98	3,0	2,8
CARGILL-114 (G9)	57	213	117	21	5,59	2,9	2,9
INIA-4 (G8)	57	241	133	35	5,57	2,9	2,1
PIONEER-30F94 (G-10)	57	243	139	17	5,03	2,6	2,4
Media	56	236	130	23	6,27	2,7	2,5
MDS (0,05)	0,5	4,6	3,9	3,8	0,28		
CV (%)	2,8	7,7	8,3	8,3	14,0		

FF= Floración femenina, AP= Altura de planta, AM = Altura de mazorca, ACAME = Acame total, REND= Rendimiento en grano, ASPM = Aspecto de mazorca, DURG = Dureza de grano.

En vista de estos resultados, el híbrido INIA QPM-2 fue inscrito en los ensayos regionales uniformes del Servicio Nacional de Semillas (SENASA) durante dos años consecutivos (2002 y 2003). El rendimiento promedio en ambos años estuvo alrededor de 6 500 kg ha⁻¹, alcanzado 97% del promedio del ensayo (alrededor de 6 700 kg ha⁻¹). Para el ciclo 2002 fueron sembradas 65 ha del híbrido INIA QPM-2 en el estado Portuguesa. El tamaño de las parcelas osciló entre 1,0 y 22,0 ha; y el rendimiento promedio fue de 4 791 kg ha⁻¹ (San Vicente *et al.*, 2003). En el año 2004, el SENASA otorgó la elegibilidad a certificación al híbrido INIA QPM-2.

CONCLUSIONES

- El estudio de la interacción genotipo x ambiente permitió identificar un grupo de genotipos de rendimiento superior, pero de baja estabilidad. Excepto el híbrido INIA QPM-22, los genotipos más estables presentaron rendimiento inferior a la media general.
- Los tres híbridos con mayor rendimiento (INIA QPM-2, INIA QPM-4 e INIA QPM-6) superaron la media general en al menos 10% y exhibieron mayor potencial de acuerdo al índice P_i.
- Los resultados obtenidos reflejan la potencialidad de tres híbridos QPM para producción comercial en Venezuela.
- El híbrido INIA-QPM-2 sobresalió por sus características agronómicas superiores, destacando la inserción de la mazorca y la dureza del grano.

AGRADECIMIENTOS

El autor principal agradece a Víctor Segovia, Sol Medina, Rubén Silva, Samuel Cabrera, Pedro García, Pedro Monasterio, Gleenys Alejos, Ygiana Bolívar, Antonio Díaz y Pedro Salazar por el apoyo en la conducción de los ensayos en las distintas regiones del país.

SUMMARY

High quality protein maize (QPM) flour could contribute to reduce nutritional deficiency of Venezuelan population. In order to determine

yield stability and agronomic potential of QPM hybrids in Venezuela, seven QPM hybrids and five normal checks were evaluated in 18 locations during 2001. The experimental design was a randomized complete block design with four reps and the experimental plot consisted of two five m long rows spaced 70 cm apart. Data were collected on a plot basis for days to silk, plant and ear height, stalk lodging, grain yield, ear aspect as well as grain texture and moisture. For grain yield, the AMMI model analysis of variance, indicated that the genotype x environment interaction was highly significant. The principal component 1 (PC-1) explained 35,0% of the genotype x environment interaction sum of squares. Six hybrids (INIA QPM-6, INIA QPM-2, INIA QPM-4, INIA QPM-22, INIA QPM-20 y INIA QPM-18) outyielded the best commercial check (HIMECA-2000). Hybrids INIA QPM-6 (G3), INIA QPM-2 (G1) and INIA QPM-4 (G2) stand out and form a very homogeneous group. The hybrids with lower scores for the PC-1, and therefore more stable, were INIA QPM-14, INIA -4, CARGILL-114 and INIA QPM-22. These four hybrids yielded less than the general mean, except for INIA QPM-22. The hybrid INIA-QPM-2 had superior agronomic performance, especially ear position and grain texture. Results indicate the potential of three QPM hybrids for commercial production in Venezuela.

Key Words: Maize; QPM; hybrids; stability; AMMI model.

BIBLIOGRAFÍA

BJARNASON, M. and VASAL, S.K. 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breed. Res.*, 9: 181-216.

BRESSANI, R. 1969. Amino acid supplementation of cereal grain flours tested in children. **In:** N.S. Scrimshaw y A. M. Altschul (eds.). *Amino acid fortification of protein foods*. MIT Press, Cambridge, Mass., pp. 184-204.

BRESSANI, R. 1977. Mejoramiento de las dietas basándose en maíz enriquecido con aminoácidos y proteínas suplementarios. **In:** *Maíz de alta calidad proteica*. Ed. Limusa. México, pp. 41-61.

BRIZUELA, L. 1997. Evaluación de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco y amarillo en ambientes de Centro América, Panamá y el Caribe. *Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995*. CIMMYT-PRM. Guatemala 5:84-91.

CABRERA, S., C. MARÍN, P. ROMERO, L. HERNÁNDEZ, F. MORILLO y C. SÁNCHEZ. 1997. Análisis de estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en zonas productoras de los estados Portuguesa y Barinas. Revista Científica de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. <http://www.danac.org.ve>.

CABRERA, S., P. GARCÍA, F. MORILLO y C. SÁNCHEZ. 2001. Estabilidad del rendimiento de híbridos blancos de maíz (*Zea mays* L.) en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela. Rev. Unell. Cien. Tec. 19:182-198.

CHASSAIGNE, A. 2002. Desarrollo de maíces especiales. **In:** S. Cabrera (ed.). IX Curso sobre producción de maíz. Araure, Venezuela. pp. 358-368.

CORDOVA, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. Agronomía Mesoamericana 2:1-10.

CROSSA, J., H. G. GAUCH JR. and R. W. ZOBEL. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivars trials. Crop Sci. 30:493-500.

LIN, C. S., and M. R. BINNS. 1994. Concepts and methods of analyzing regional trial data for cultivar and location selection. Plant Breeding Reviews 12:271-297.

LOPES, M. and B. A. LARKINS. 1994. Genetic analysis of endosperm modification in quality protein maize. **In:** B. A. Larkins y E. T. Mertz (eds.). Proceedings of the International Symposium on Quality Protein Maize. Sete Lagoas, Brasil, pp. 149-174.

LUNA-JASPE, G. H., J. O. M PARRA, C. R. BERNAL y S. P DE SERRANO. 1971. Comparación de la retención de nitrógeno en niños alimentados con maíz común, maíz de gene opaco-2 y leche de vaca. I. Resultados con baja ingestión de proteína. Arch. Latinoamer. Nutr., 21:437-447.

MANER, J. H. 1977. La Calidad proteinica del maíz y la nutrición de porcinos. Maíz de alta calidad proteica. Ed. Limusa. México. pp. 63-87.

MERTZ, E. T., L. S. BATES and O. E. NELSON. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280.

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (MCT). 2000. Plan Nacional de Ciencia y Tecnología. pp. 22.

PRADILLA, A. G., D. HARPSTEAD, D. SARRIÁ, F. A. LINARES y C. A. FRANCIS. 1977. El maíz de alta calidad proteínica y la nutrición humana. *Maíz de alta calidad proteínica*. Ed. Limusa. México. pp. 30-39.

SAN VICENTE, F., V. SEGOVIA, S. CABRERA, P. GARCÍA, S. MEDINA, R. SILVA, Y. BOLÍVAR, P. MONASTERIO, G. ALEJOS, A. DÍAZ y A. MILLÁN. 2003. Comportamiento agronómico de híbridos y variedades de maíz QPM en Venezuela. **In:** Resúmenes Jornadas Tecnológicas I Congreso Agrícola FEDEAGRO. Caracas. Venezuela. pp. 12.

SAS Institute Inc. 2003. User's guide versión. 8.2. pp. 234.

VASAL, S. K. 1977. El uso de modificadores genéticos para obtener granos de tipo normal con el gene opaco-2. **In:** *Maíz de alta calidad proteínica*. Ed. Limusa. México. pp. 213-232.

VASAL, S. K. 2000. Desarrollo de híbridos con alta calidad de proteína (QPM). **In:** I Curso Internacional Sobre Desarrollo de Híbridos y Producción de Semilla de Maíz. Araure. Portuguesa. pp. 78-79.