

Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotî**Productivity and adaptability of Avati Morotî floury maize cultivars****Verónica Machado^{1*}**

¹Fitomejoradora Jubilada del Programa de Investigación de Maíz, Sorgo y Girasol (PIMSG). Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA). Ruta VI, Km 16, Capitán Miranda, Paraguay.

*Autor para correspondencia (veronica_machadocorrea@hotmail.com).

Recibido: 27/06/2013; Aceptado: 21/08/2013.

RESUMEN

Con el objetivo de identificar cultivares mejorados de maíz harinoso Avati Morotî con amplia adaptación en base a la evaluación realizada en las diferentes zonas de producción, y su relación con los caracteres que afectan el rendimiento, se analizaron los datos de 14 caracteres registrados en siete cultivares evaluados en cinco ambientes en 2006/07. Se realizó el análisis conjunto de la interacción Genotipo Ambiente (GA), bajo el modelo del diseño de bloques completos al azar y el cálculo de los coeficientes de correlación entre todos los pares posibles de caracteres. La estimación de los parámetros de estabilidad para el carácter rendimiento se efectuó de acuerdo con el modelo de Eberhart y Russell. El trabajo permitió determinar que aunque existen diferencias entre los ambientes probados y un comportamiento diferente de los cultivares al ser cambiados de ambiente, la interacción GA fue baja. El único cultivar con adaptación y alto rendimiento para toda la zona bajo estudio fue AMTavapy. Los cultivares NGV2 MH C1 y Guarani V 252 se clasificaron como deseables por su alta productividad promedio a través de ambientes. Se confirmó el incremento en productividad con la aplicación de un ciclo de selección recurrente de medios hermanos y se encontró que los caracteres a considerar en la selección para rendimiento en Avati Morotî, en orden de importancia son: número de mazorcas por planta, peso hectolítrico, número de hileras de granos en la mazorca, porcentaje de grano y peso de 100 semillas.

Palabras clave: Interacción genotipo ambiente, correlación, mejoramiento de maíz amiláceo.

ABSTRACT

With the objective to identify improved cultivars of Avati Morotî floury maize, with wide adaptability based on evaluation through different production zones, and its relation with characters affecting yield, data collected from seven cultivars evaluated in five environments in the 2006/07 season, were analyzed. Combined analysis of the Genotype by Environment (GE) interaction under the RCBD was carried out, and correlation coefficients between all possible pairs of traits were calculated. Estimation of stability parameters for yield was done according with the Eberhart and Russell model. Results showed a low GE interaction, although there were differences among the environments and differential performance of the cultivars with changing environments. AMTavapy was the only cultivar that showed good adaptability and yield. NGV2 MH C1 and Guarani V 252 were classified as desirable cultivars due to their high yield across environments. Increase of productivity applying one cycle of half sib recurrent selection was confirmed. It was found that characters which showed high and positive correlation with yield and to be considered in the process of selection for this character were ears per plant, hectolitic weigh, number of kernel rows, kernel percentage and 100 seeds weigh.

Key words: Genotype environment interaction, correlation, floury type maize breeding.

INTRODUCCIÓN

Conocido como maíz blanco en el sur del país – donde se concentra una gran influencia de inmigrantes europeos y asiáticos – aunque sus granos son en general de color amarillo, el Avati Morotí o Avati Chipá, es el maíz más utilizado para consumo humano en el Paraguay, sembrándose en la mayoría de las fincas de los pequeños productores de la Región Oriental del país. Los materiales utilizados por los productores son los derivados de la raza del mismo nombre, los cuales se mantienen con semilla propia extraídas de mazorcas sin un proceso de selección en planta, eventualmente por intercambio de semilla entre los mismos productores o compra del grano disponible en los almacenes. Desde la última parte de la década de 1990, dentro del Programa de Investigación de Maíz del actual Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), se ha venido aplicando en forma consistente el método de selección recurrente, con miras a obtener cultivares mejorados de la raza Avati Morotí. Este trabajo ha permitido liberar en 2006 la variedad Guarani V 252, originada con la recombinación de familias superiores seleccionadas del primer ciclo de selección recurrente de hermanos completos aplicado a accesiones nativas de Avati Morotí. Otras poblaciones de Avati Morotí siguen siendo sometidas al proceso de mejoramiento, las cuales requieren evaluar su productividad y adaptabilidad.

Para lanzar una nueva variedad en una región determinada, es importante conocer la interacción genotipo-ambiente (GA), ya que el fitomejorador tiene dificultades para seleccionar los genotipos más apropiados cuando éstos difieren en su comportamiento al ser probados en diferentes ambientes. El valor de un fenotipo depende del genotipo, del ambiente y de la interacción de ambos. Si no existen interacciones GA, el promedio de las diferencias entre los genotipos representado por el fenotipo en diferentes ambientes es constante (Xie y Mosjidis 1996). Las interacciones GA significativas resultan de los cambios en la magnitud de las diferencias entre los genotipos en los diferentes ambientes o de los cambios del mérito relativo de los genotipos (Allard y Bradshaw 1964). Según Comstock y Moll (1963), la interacción GA reduce la correlación entre los valores fenotípicos y genotípicos, y se ha visto que reduce el progreso de la selección.

Partiendo de la premisa de que la adaptabilidad es un carácter heredado genéticamente por las plantas a través de su proceso evolutivo, y que su valor relativo está determinado principalmente por el grado de estabilidad y productividad de las variedades bajo diferentes ambientes, sus implicaciones en el mejoramiento de plantas son muy importantes. Para definir los términos adaptabilidad y estabilidad, Lin y Binns (1994) dijeron que desde el punto de vista agronómico, la adaptabilidad se refiere al rendimiento: un cultivar se considera bien adaptado a una región si su rendimiento es alto con

relación al resto de los cultivares. En contraste, la estabilidad se refiere a la variabilidad del rendimiento: un cultivar se considera estable si su variabilidad es baja. Uno de los métodos utilizados para evaluar la estabilidad del rendimiento de un cultivar es el de Eberhart y Russell (1966), quienes mencionaron que los parámetros de estabilidad son el coeficiente de regresión (b_i) y el cuadrado medio de las desviaciones de regresión (s^2d_i). El coeficiente de regresión para un cultivar y un ambiente en particular, mide la respuesta de la variable dependiente (rendimiento) por unidad de cambio de la variable independiente (índice ambiental). Las desviaciones de regresión miden la proporción en que la respuesta predicha está de acuerdo con la respuesta observada. Carballo y Márquez (1970), al tomar en cuenta los coeficientes y las desviaciones de regresión, hicieron las siguientes clasificaciones de variedades: (a) $b_i = 1$ y $s^2d_i = 0$, variedad estable; (b) $b_i = 1$ y $s^2d_i > 0$, variedad con buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente; (c) $b_i < 1$ y $s^2d_i = 0$, variedad con respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente; (d) $b_i < 1$ y $s^2d_i > 0$, variedad con respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistente; (e) $b_i > 1$ y $s^2d_i = 0$, variedad con respuesta mejor en buenos ambientes y consistente; (f) $b_i > 1$ y $s^2d_i > 0$, variedad con respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

En el proceso de mejoramiento de una población de maíz es común la utilización de diferentes intensidades de selección para los caracteres de planta y producción. El conocimiento de la asociación entre los varios caracteres y el rendimiento facilita la identificación de aquéllos que pueden ser mejorados simultáneamente durante la evaluación y selección de los materiales genéticos. En la evaluación preliminar de materiales el análisis de correlación es un método útil para saber qué variables están asociadas.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar cultivares mejorados de maíz harinoso Avati Morotí con amplia adaptación en base a la evaluación realizada en las diferentes zonas de producción y su relación con los caracteres que afectan el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron datos obtenidos de la evaluación de siete cultivares de maíz amiláceo Avati Morotí: 1. Guarani V 252, variedad lanzada en 2006; 2. Nutriguaraní V2, variedad generada en la década de 1980; 3. NGV2 MH C1, representa el ciclo 1 de selección de medios hermanos de Nutriguaraní V2; 4. AMS1 HC C1, representa el ciclo 1 de selección de familias S1 que se habían generado cuando se realizó la primera

recombinación de las familias superiores de hermanos completos que dio origen a la variedad Guaraní V 252; 5. AMChoré, Avati Morotí de agricultor de Choré (Departamento de San Pedro); 6. AMTavapy, Avati Morotí de agricultor de Tavapy (Departamento de Alto Paraná); y, 7. AMSJBautista, Avati Morotí de agricultor de San Juan Bautista (Departamento de Misiones).

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de dos hileras de 5,0 m de longitud y 0,80 m de separación. Las plantas en cada hilera estuvieron separadas a 0,25 m entre sí, siendo la población de 50.000 plantas/hectárea. La parcela útil fue similar a la parcela experimental, siendo su superficie de 8,40 m².

El ensayo fue sembrado en 5 localidades: Capitán Miranda y Tomás Romero Pereira, en el Departamento de Itapúa; Yjhovy, Departamento de Canindeyú; Natalicio Talavera, Departamento de Guairá; y, Choré, Departamento de San Pedro. La siembra se realizó entre el 10 y el 20 de octubre de 2006, en las cinco localidades.

En las diferentes localidades de prueba se registraron los datos de desarrollo del cultivo, incidencia de plagas y enfermedades, calidad del grano representado por el porcentaje de proteína y de aceite; y, rendimiento. Para los fines de este trabajo se analizaron los siguientes caracteres: rendimiento, en kg ha⁻¹; peso de 100 semillas, en gramos; peso hectolítrico; índice de prolificidad (mazorcas/planta); porcentaje de granos; aspecto de planta y aspecto de mazorca (usando la escala de 1 a 5, donde 1 es lo mejor y 5 lo peor); altura de planta desde el suelo hasta el ápice de la panoja, en cm; altura de planta desde el suelo hasta el nudo de la hoja bandera, en cm; altura de planta desde el suelo hasta el nudo de la mazorca superior, en cm; índice de altura (obtenido dividiendo la altura de mazorca por la altura hasta el ápice de la panoja); longitud de mazorca y diámetro de mazorca, en cm; y, número de hileras de granos en la mazorca. Las mediciones de alturas de planta; y, longitud, diámetro y número de hileras de granos en mazorca, fueron efectuadas en tres muestras representativas de cada unidad experimental. El rendimiento, peso de 100 semillas y peso hectolítrico, fueron ajustados a 13% de humedad. Para calcular el rendimiento por hectárea se efectuó corrección por población dentro de cada unidad experimental mediante la fórmula adaptada de LeClerg (1966), que se presenta a continuación:

$$P_{\text{Corregido}} = P_{\text{Campo}}[(42) - (0.3 \times M)/(42 - M)]$$

donde:

P = peso

M = número de plantas faltantes

Para los caracteres mencionados, se realizó primero el análisis estadístico individual por localidad, luego el

análisis conjunto de la interacción GA, bajo el modelo que corresponde al diseño de bloques completos al azar. El cálculo de los coeficientes de correlación se realizó entre todos los pares posibles de caracteres. La estimación de los parámetros de estabilidad se realizó de acuerdo con el modelo de Eberhart y Russell (1966).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis individual por localidad, se encontró diferencias significativas ($P < 0,05$) en rendimiento entre las variedades evaluadas, sólo en las localidades de Tomás Romero Pereira y Choré, lo cual indica que los cultivares evaluados en general tienen una capacidad de producción similar. El análisis de varianza conjunto (**Tabla 1**) indicó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre ambientes para todos los caracteres analizados. Por otro lado, las diferencias entre cultivares resultó significativa para rendimiento y altamente significativa para el resto de los caracteres, con excepción de porcentaje de grano, aspecto de mazorca e índice de altura. La interacción cultivar por ambiente resultó altamente significativa sólo para el carácter aspecto de planta, en tanto que fue significativa para cinco caracteres, incluido rendimiento; y, no significativa para más de la mitad de los caracteres.

Lo anterior indica que existen grandes diferencias entre los ambientes y un comportamiento diferente de los cultivares al ser cambiados de ambiente; sin embargo, por el valor obtenido de la interacción, es de suponerse que algunos de los cultivares no interactuaron con los ambientes. En este estudio se consideran ambientes favorables aquéllos donde el rendimiento medio es superior al rendimiento medio de todos los ambientes; por el contrario, ambientes desfavorables aquéllos donde se obtiene un rendimiento medio inferior a la media de todos los ambientes. Así, resultaron ambientes favorables, Choré con media de 4.909 kg ha⁻¹ y Tomás Romero Pereira con media de 4.516 kg ha⁻¹. Los ambientes desfavorables fueron Capitán Miranda, Yjhovy y Natalicio Talavera, con rendimientos medios de 3.740 kg ha⁻¹, 3.657 kg ha⁻¹ y 3.495 kg ha⁻¹, respectivamente. El análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad (**Tabla 2**) no detectó diferencias significativas entre las medias de rendimiento de los cultivares; tampoco diferencias entre los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales, determinado por el factor de variación Cultivar x Ambiente (lineal), lo cual indica que no hay interacción con el ambiente. Esto pudo deberse a que el número de localidades es muy limitado para detectar diferencias y eventualmente la capacidad ambiental para discriminar genotipos no se expresa debido a la similitud entre ambientes. El cultivar NG V2 MH C1 fue el único que presentó la desviación de regresión altamente significativa.

Tabla 1. Valores promedios de los caracteres de siete cultivares de maíz harinoso Avati Morotĩ evaluados en cinco localidades.

Cultivar	Rend (kg ha ⁻¹)	P100S (g)	PH (kg hl ⁻¹)	IP	PG (%)	AP (1-5)	AspM (1-5)	AAP (cm)	ANHB (cm)	AM (cm)	IA	LM (cm)	DM (cm)	HG (nº)
AMTavapy	4.280	25,7	67,7	1,15	79,1	2,3	2,5	278,1	235,2	159,2	0,57	19,0	4,1	13,9
NGV2 MH C1	4.280	26,0	66,5	1,36	78,3	2,7	2,7	274,5	229,9	154,2	0,56	18,8	4,2	14,0
Guarani V 252	4.272	26,0	65,8	1,21	77,6	2,7	2,7	289,8	247,4	165,3	0,57	19,4	4,2	13,9
AMS1 HC C1	4.030	24,7	66,0	1,27	77,0	2,9	2,8	287,4	241,6	165,8	0,58	18,7	4,1	14,0
Nutriguarani V2	3.922	25,9	65,6	1,20	78,0	2,7	2,7	274,2	228,7	153,2	0,56	18,9	4,1	13,7
AMSJBautista	3.851	26,6	65,9	1,15	78,9	3,0	2,8	269,2	224,7	148,9	0,55	18,5	4,2	13,5
AMChoré	3.810	25,1	65,6	1,20	76,3	3,2	2,9	286,8	243,9	159,6	0,56	20,7	3,8	12,7
Promedio	4.063	25,7	66,2	1,22	77,9	2,8	2,7	280,0	235,9	158,0	0,56	19,1	4,1	13,7
Ambiente	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Cultivar	*	**	**	**	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**
Cult*Amb	*	*	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
CV (%)	13,68	6,52	2,25	1,45	4,00	16,66	20,17	5,71	6,42	7,59	6,05	6,13	4,86	6,76

ns, *, ** no significativo y significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. Rend: Rendimiento, P100S: Peso de 100 semillas, PH: Peso hectolítico; IP: Índice de prolificidad; PG: porcentaje de granos; AP: Aspecto de planta; AspM: Aspecto de mazorca; AAP: Altura de la planta hasta el ápice de la panoja; ANHB: Altura hasta el nudo de la hoja bandera; AM: Altura de mazorca; IA: Índice de altura; LM: Longitud de la mazorca; DM: Diámetro de la mazorca; HG: Número de hileras de grano en la mazorca.

Tabla 2. Análisis de varianza para estimar los parámetros de estabilidad de siete cultivares de maíz harinoso Avati Morotĩ evaluados en cinco localidades.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F _{calculada}
Total	34	15570387		
Cultivares	6	1339311	223219	1,492
Ambientes				
Cult x Amb	28	592143590	21147985	
Ambientes (lineal)	1	10590353	10590353	
Cult x Amb (lineal)	6	499346	83224	0,556
Desviaciones Conjuntas	21	3141376	149589	
Guarani V 252	3	209270	69757	0,903
Nutriguarani V2	3	271057	90352	1,170
NGV2 MH C1	3	1432551	477517	6,183 **
AMS1 HC C1	3	340434	113478	1,469
AMChoré	3	57343	19114	0,248
AMTavapy	3	585197	195066	2,526
AMSJBautista	3	245524	81841	1,060
Error Conjunto	90		308907	

** Significativo al 1% de probabilidad.

Tabla 3. Parámetros de estabilidad estimados para siete cultivares de maíz harinoso evaluados en cinco localidades.

Cultivar	Coefficiente de regresión (b _i)	Desviación de regresión (s ² d _i)	Tipo de Variedad (***)
AMTavapy	0,889 ^{ns}	117838,84 ^{ns}	a
NGV2 MH C1	0,690 ^{ns}	400290,19 ^{**}	b
Guarani V 252	1,321 [*]	-7470,21 ^{ns}	e
AMS1 HC C1	1,178 ^{ns}	36251,19 ^{ns}	a
Nutriguarani V2	1,176 ^{ns}	13125,57 ^{ns}	a
AMSJBautista	0,766 [*]	4614,43 ^{ns}	c
AMChoré	0,980 ^{ns}	-58112,41 ^{ns}	a

^{ns}, * y ** no significativo y significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente, *** según la clasificación de variedades de Carballo y Márquez (1970).

En la **Tabla 3** se muestran los parámetros de estabilidad y el tipo de cultivar de acuerdo a la clasificación de adaptabilidad de Carballo y Márquez (1970). Se puede observar que todos los cultivares presentaron coeficientes de regresión (b.) numéricamente diferentes a la unidad; sin embargo, sólo los cultivares Guarani V 252 y AMSJBautista mostraron estadísticamente significativa dicha diferencia.

En lo que corresponde a las desviaciones de la regresión (s^2d) para cada uno de los cultivares, todos presentaron desviaciones numéricamente diferentes a cero; no obstante, únicamente el cultivar NGV2 MH C1 registró estadísticamente significativa dicha diferencia.

Según la clasificación de variedades de Carballo y Márquez (1970), cuatro de los cultivares estudiados (AMTavapy, AMS1 HC C1, Nutriguarani V2 y AMChoré) se consideran estables. Esto representa la mayoría de los cultivares, lo cual puede significar también que el rango ambiental explorado no fue muy heterogéneo. El cultivar NGV2 MH C1, se clasifica como variedad con buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente, Guarani V 252 con respuesta mejor en buenos ambientes y consistente; y, A MSJBautista, con respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente.

Con base en el rendimiento promedio a través de ambientes, se consideran como cultivares deseables a AMTavapy, NGV2 MH C1 y Guarani V 252, que superaron al promedio general. De éstos, AMTavapy, es el único cultivar con amplia adaptabilidad y estable, por lo cual es un material muy interesante para mejoramiento. Por otro lado, un ciclo de selección recurrente de medios hermanos aplicado a Nutriguarani V2 ha conducido a la

obtención de un genotipo más productivo, representado por NGV2 MH C1, que superó en alrededor de 9% en rendimiento a la variedad original. Así también Guarani V 252, variedad liberada últimamente por el PIMSG, mantiene su superioridad (\cong 9%) sobre Nutriguarani V2. Los valores del rendimiento promedio se aprecian en la **Tabla 1**.

Las condiciones climáticas en las que se desarrollaron los ensayos fueron normales, por lo cual se supone que esta variable no contribuyó significativamente en la interacción GA. Más bien se puede considerar que los cultivares evaluados fueron diferencialmente afectados más por aspectos de fertilidad de suelos, como en el caso de Capitán Miranda y Natalicio Talavera; y/o por prácticas culturales, como en Yjhovy, que por factores de clima; y, la mayor influencia se notó en los tres cultivares que resultaron inestables.

Los índices ambientales fueron positivos para Choré (846) y Tomás Romero Pereira (453); en tanto que fueron negativos para las tres localidades restantes: Capitán Miranda (-324), Yjhovy (-406) y Natalicio Talavera (-568). Un factor que probablemente influyó en forma general en la productividad fue la época de siembra. Debido a que no había todavía buenas condiciones de humedad, los ensayos no fueron sembrados entre los meses de agosto y setiembre, época en que se manifiesta mejor el potencial de producción de este tipo de maíz.

Al considerar el análisis de correlación (**Tabla 4**) al que fueron sometidas las variables medidas, se señala que, con excepción de aspecto de planta, aspecto de mazorca, longitud de mazorca y diámetro de mazorca, todas fueron alta y positivamente correlacionadas con rendimiento.

Tabla 4. Coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada uno de los pares posibles de caracteres estudiados, al promediar la información obtenida de la evaluación de cultivares de maíz harinoso Avati Morotí, en cinco localidades.

	P100	PH	IP	PG	AP	AspM	AAP	ANHB	AM	IA	LM	DM	HG
Rend	0,25 **	0,38 **	0,53 **	0,25 **	-0,44 **	-0,06	0,34 **	0,39 **	0,38 **	0,28 **	0,04	0,00	0,35 **
P100S		0,10 **	0,06	-0,02	0,02	-0,20 *	0,26 **	0,16	0,29	0,21 *	0,29 **	-0,03	-0,07
PH			0,31 **	0,02	-0,15	-0,19 *	0,31 **	0,33 **	0,31 **	0,19 *	-0,12	-0,01	0,15
IP				-0,18 *	0,08	0,28 **	0,25 **	0,25 **	0,27 **	0,21 **	-0,18 *	-0,15	0,29 **
PG					-0,33 **	-0,01	-0,19 *	-0,11	-0,25 **	-0,24 **	-0,22 **	0,20 *	0,17 *
AP						0,16	0,19 *	0,13	0,11	-0,05	0,07	-0,19 *	-0,23
AspM							-0,01	0,09	0,02	0,06	-0,31 **	-0,18 *	0,17 *
AAP								0,93 **	0,88 **	0,33 **	0,24 **	-0,18 *	0,14
ANHB									0,87 **	0,41 **	0,14	-0,20 *	0,20 *
AM										0,74 **	0,25 **	-0,14	0,22 **
IA											0,16	-0,03	0,24 **
LM												-0,13	-0,18 *
DM													0,37 **

*, ** Significativos al 5% y 1% de probabilidad, respectivamente. Rend: Rendimiento, P100S: Peso de 100 semillas, PH: Peso hectolítrico; IP: Índice de prolificidad; PG: porcentaje de granos; AP: Aspecto de planta; AspM: Aspecto de mazorca; AAP: Altura de la planta hasta el ápice de la panoja; ANHB: Altura hasta el nudo de la hoja bandera; AM: Altura de mazorca; IA: Índice de altura; LM: Longitud de la mazorca; DM: Diámetro de la mazorca; HG: Número de hileras de grano en la mazorca.

Estas correlaciones son de mucho interés no sólo desde el punto de vista de la herencia de los caracteres cuantitativos, sino también por su valor práctico ya que en el proceso de selección generalmente se cambia dos o más caracteres simultáneamente. Los caracteres de interés principal a considerar en la selección son los pesos de 100 semillas y hectolítrico, el número de mazorcas por planta, el porcentaje de granos y el número de hileras de granos en la mazorca. Con excepción del número de hileras de granos en la mazorca, los demás caracteres son en mayor o menor grado influenciados por el ambiente. El número de mazorcas por planta (índice de prolificidad) registró numéricamente el mayor coeficiente (0,53), comparado con los demás caracteres correlacionados positiva y significativamente con el rendimiento. El mismo resultado se obtuvo en un trabajo similar realizado con Avati Morotí por Machado et al. (2004). Este carácter contribuye con el rendimiento y se expresa de manera diferente en los diversos cultivares, en particular en ambientes menos favorables. Un segundo carácter a considerar, fuertemente asociado a rendimiento, es el peso hectolítrico, que a su vez denota una fuerte y positiva correlación con la prolificidad.

La fuerte asociación entre rendimiento y alturas de planta y mazorca están de acuerdo con trabajos realizados por Stuber et al. (1966), y Patil et al. (1969). Relacionado a estos caracteres, es importante determinar sobre todo la altura óptima de la mazorca; es decir, el índice de altura, de tal manera a acercar dicho índice a 0,50 sin detrimento del rendimiento. Característicamente la raza Avati Morotí posee plantas altas y mazorcas ubicadas muy por encima de la mitad de la planta.

Analizando las relaciones entre todos los caracteres, se nota que la longitud y el diámetro de la mazorca tienen baja positiva o negativa correlaciones con el resto de los caracteres. Como era de esperarse, numéricamente los mayores coeficientes de correlación se registraron en las asociaciones de las alturas de planta y de mazorca; y, el índice de altura.

CONCLUSIONES

Con base al objetivo, y de acuerdo con los materiales estudiados y los resultados obtenidos, se llegaron a las siguientes conclusiones:

Los cultivares evaluados en general tienen una capacidad de producción similar, ya que las diferencias en rendimiento fueron significativas sólo en dos de las cinco localidades de prueba.

Existen grandes diferencias entre los ambientes probados y un comportamiento diferente de los cultivares al ser cambiados de ambiente; sin embargo, el valor de la

interacción hace suponer que algunos de los cultivares no interactuaron con los ambientes.

El cultivar AMTavapy posee adaptación y alto rendimiento para toda la zona bajo estudio.

Los cultivares NGV2 MH C1 y Guarani V 252 son deseables, clasificándose al primero como variedad con respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente; y, al segundo, como material con buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente.

Se confirmó el incremento en productividad en la variedad Nutriguari V2, con la aplicación de un ciclo de selección recurrente de medios hermanos.

Se encontró que los caracteres a considerar en la selección para rendimiento en Avati Morotí, en orden de importancia son: número de mazorcas por planta, peso hectolítrico, número de hileras de granos en la mazorca, porcentaje de grano y peso de 100 semillas.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Alberto Castillo, del Campo Experimental de Choré; Ing. Agr. Armino Bastiani, del Campo Experimental de Yjhovy; Agr. Valerio Espínola, del Campo Experimental de Caña de Azúcar, en Natalicio Talavera; Ing. Agr. Mercedes Molinas y Sr. Vicente Gómez, del Campo Experimental de Tomás Romero Pereira; y, a los Agrs. Juan Morel, Rodolfo A. Schopfer, Mario Díaz y Victorio Báez, asistentes técnicos de la Sección Maíz del Centro de Investigación Capitán Miranda, por su colaboración en la ejecución de las actividades de campo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allard, RW; Bradshaw, AD. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 5:503-508.
- Carballo, CA; Marquez, F. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5: 129-146.
- Comstock, RE; Moll, RH. 1963. Genotype x environment interactions. p. 164-166. *In* W. D. Hanson and H. F. Robinson (ed.) *Statistical genetics and plant breeding*. NAS-NRC Publ. 982, Washington, DC.
- Eberhart, SA; Russell, WA. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Leclerg, EL. 1966. Significance of experimental design in plant breeding. *In* Frey, KJ. Frey (ed) *Plant Breeding: A*

- symposium held at Iowa State University. The ISU Press, Ames. p. 243-313.
- Lin, CS; Binns, MR. 1994. Concepts and methods for analyzing regional trial data for cultivar and location selection. *Plant Breeding Reviews* 12: 271-297.
- Machado, V; Noldin, O; Florentín, M. 2004. Correlación entre rendimiento y caracteres de planta y mazorca en accesiones de maíz amiláceo Avati Moroti en Paraguay. *In* MAG/SSEA/DIA/Centro Regional de Investigación Agrícola. Memorias. Jornadas Técnicas, Cincuentenario del CRIA, 30 nov-1dic 2004. Capitán Miranda, Paraguay. p. 123-128.
- Patil, SJ; Hayavadan, PV; Mahadevappa, M. 1969. Interrelationship between grain yield, ear height and internode characters in *Zea mays*. *The Mysore Journal of Agricultural Sciences* 3:273-276.
- Stuber, CW; Moll, RH; Hanson, WD. 1966. Genetic Variances and Interrelationships of six Traits in a Hybrid Population of *Zea mays* L. *Crop Sci.* 6(5): 455-458.
- Xie, C; Mosjidis, JA. 1996. Selection of stable cultivars using phenotypic variances. *Crop Sci.* 36:572-576.