

Potencial productivo de cruzas intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero*

Maize intervarietal crosses productive potential in the semi-warm region of Guerrero

Francisco Palemón Alberto¹, Noel Orlando Gómez Montiel^{2§}, Fernando Castillo González³, Porfirio Ramírez Vallejo³, José Domingo Molina Galán³ y Salvador Miranda Colín³

¹Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria. Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero. C. P. 40000. Tel. 01 733 1101536. (alpaf75@hotmail.com). ²Campo Experimental Iguala, INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5. Iguala, Guerrero. C. P. 40000. Tel. 01 733 3321056. ³Genética. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1510. (fcastill@colpos.mx), (jmolina@colpos.mx), (smiranda@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: noelorando19@hotmail.com.

Resumen

En las regiones semicálidas del estado de Guerrero (alrededor de 1 500 m de altitud), prevalece la siembra de semillas nativas (criollos), pero también se tienen áreas en las que se pueden establecer maíces mejorados. En el presente trabajo se proponen dos cruzas intervarietales como alternativa, para que los agricultores incrementen la producción de grano; estas se seleccionaron después de evaluar el comportamiento agronómico de cinco variedades progenitoras y sus cruzas posibles en arreglo factorial; dos de ellas, de origen tropical, seleccionadas al menos por 10 generaciones para adaptarse a los Valles Altos y las otras tres de germoplasma nativo subtropical, obtenidas en el estado de Guerrero; además, de las seis cruzas intervarietales y sus progenitores, se agregaron la variedad local del agricultor y seis variedades testigo para evaluarlos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en el ciclo primavera-verano de 2009, en dos localidades de altitud intermedia. El análisis combinado a través de ambientes mostró diferencias significativas en rendimiento de grano, entre cruzas, progenitores y testigos. Las cruzas intervarietales VS-529*VE-1 y VS-529*VE-3 fueron superiores en rendimiento de grano a sus progenitores, la variedad local del agricultor y los testigos

Abstract

In the semi-warm regions of Guerrero (about 1 500 m elevation) prevails sowing with native seeds (Landrace), but there are also areas where improved maize can be established. In this paper we propose two intervarietal crosses as an alternative for farmers to increasing grain production, and these were selected after evaluating the agronomic performance of five parent varieties and their possible crosses in a factorial arrangement; two of them of tropical origin selected at least 10 generations to adapt to the Highlands and the other three from native subtropical germplasm, obtained in the State of Guerrero; also, besides the six intervarietal crosses and their parents, the local variety of the farmer and six varieties as a control were added to evaluate in a randomized complete block design with four replicates in the spring-summer, 2009, in two localities of intermediate elevation. The combined analysis across the environments showed significant differences in grain yield among crosses, parents and the controls. The VS-529*VE-1 and VS-529*VE-3 intervarietal crosses were higher in grain yield to their parents, the local variety of the farmer and commercial controls had other attributes, such as better ear health and plant expression intermediate for plant height,

* Recibido: abril de 2011

Aceptado: noviembre de 2011

comerciales tuvieron otros atributos, como mejor sanidad de mazorca y planta, expresión intermedia para altura de planta, días a floración masculina y femenina, y menor acame. Las variedades progenitoras subtropicales *per se* fueron ligeramente superiores en rendimiento de grano, peso de mazorca y diámetro de mazorca comparadas con las variedades tropicales, pero éstas presentaron ligeramente mejor sanidad de planta y mazorca. Los progenitores VE-1, VE-3 y VS-529 presentaron efectos de ACG positiva, sus cruzamientos fueron los que mostraron mayor rendimiento de grano, heterosis, precocidad, mejor aspecto de planta y mazorca, mientras que CIST y SINT-3-HE exhibieron efectos de ACG negativos. Estos resultados permitieron seleccionar las cruza intervarietales con características agronómicas favorables y con potencial productivo aceptable, como opción para apoyar a la agricultura tradicional de maíz de áreas intermedias del estado de Guerrero.

Palabras clave: *Zea mays* L., aptitud combinatoria general y específica, heterosis, rendimiento de grano, variedades tropicales y subtropicales.

Introducción

La selección del maíz (*Zea mays* L.) por el hombre a través de varias generaciones y diversos ambientes, ha generado gran diversidad genética de maíz. El conocimiento de la diversidad genética, la aptitud combinatoria y la heterosis ha permitido generar híbridos y variedades sobresalientes, ampliar la variabilidad genética y reducir la deriva genética (Castillo, 1994). En México, 80% de la superficie de maíz es sembrada con poblaciones nativas (Preciado *et al.*, 2004); mientras que en el estado de Guerrero donde se siembran alrededor de 450 000 ha⁻¹ el porcentaje es mayor. En áreas semicálidas de altitud intermedia entre 1 400 a 1 700 m con suelos de mediana a baja productividad, los agricultores no disponen de maíces mejorados específicos; siembran maíces nativos que son seleccionados en mazorca a granel (Palemón *et al.*, 2011), pero los maíces mejorados pueden alcanzar ciertos niveles de adaptación, principalmente en pequeños valles, lomeríos y laderas no muy pronunciadas.

El cruzamiento de poblaciones de maíz de origen diverso (Moll *et al.*, 1962; Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2005), podría dar lugar a combinaciones de aceptable potencial de rendimiento de grano, que valoradas en un esquema de apareamiento factorial determinaría respuestas

days to male and female flowering, and less lodging. The subtropical parent varieties *per se* were slightly higher in grain yield, ear weight and ear diameter compared with the tropical varieties, but they had slightly better health of plant and ear. Parents VE-1, VE-3 and VS-529 had positive general combining ability (GCA) effects; their crosses were those that showed higher grain yield, heterosis, earliness, better-looking plant and ear, while CIST and SINT-3-HE exhibited negative GCA effects. These results allowed to selecting the intervarietal crosses with favorable agronomic characteristics and production potential acceptable as an option to support the traditional corn of intermediate areas of the State of Guerrero.

Key words: *Zea mays* L., general and specific combining ability, heterosis, grain yield, tropical and subtropical varieties.

Introduction

The selection of maize (*Zea mays* L.) by man through several generations and diverse environments has generated great genetic diversity. Knowledge of genetic diversity, combining ability and heterosis has generated outstanding hybrids and varieties, increasing the genetic variability and reducing genetic drift (Castillo, 1994). In Mexico, 80% of the maize-area is planted with native populations (Preciado *et al.*, 2004), while in the State of Guerrero where planted about 450 000 ha⁻¹ the percentage is even higher. In semi-warm areas of intermediate elevation between 1 400 to 1 700 m with soils of medium to low productivity, the farmers do not have specific enhanced corn; planting native corn on the cob selected in bulk (Palaemon *et al.*, 2011), but improved maize can reach certain levels of accommodation, primarily in small valleys, hills and slopes not too steep.

The crossing of maize populations of different origin (Moll *et al.*, 1962; Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2005), could result in grain with acceptable combinations of yield potential, valued in a factorial mating scheme to determine the heterotic responses (Comstock and Robinson, 1948; Moll, 1962; Balderrama *et al.*, 1997) is known that, while combining the ability of the parent populations (Sprague and Tatum, 1942; Márquez, 1988). In the intermediate regions of the State of Guerrero, an intervarietal crosses with better agronomic characteristics

heteróticas (Comstock y Robinson, 1948; Moll *et al.*, 1962; Balderrama *et al.*, 1997); al mismo tiempo se conocería la aptitud combinatoria de las poblaciones progenitoras (Sprague y Tatum, 1942; Márquez, 1988). En las regiones intermedias del estado de Guerrero, una crusa intervarietal con mejores características agronómicas y adaptación a la diversidad ambiental, podría ser una alternativa comercial más barata que un híbrido convencional. Considerando esta situación, el objetivo de esta investigación fue detectar cruzas intervarietales resultantes de la combinación de germoplasma de origen diverso, con buen potencial productivo y con buenas características agronómicas, valoradas en la región semicálida del estado de Guerrero.

Materiales y métodos

Material genético

En el programa de mejoramiento genético de maíz que se desarrolla en el Campo Experimental Iguala, Guerrero, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se investiga desde 1985 con poblaciones nativas de origen subtropical (1 650 m altitud), tanto para uso *per se* o en combinación con maíces mejorados. Paralelamente, en el postgrado de genética, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP), se inició en 1991 un programa de selección para adaptación a Valles Altos (2 250 m altitud) de siete variedades tropicales, VS-535, VS-529, VS-521, SINT-1-T, SINT-3-HE, TTC-121 (tuxpeño tropical cristalino) y STD (sintético tropical dentado) y las que mejor comportamiento tuvieron fueron SINT-3-HE y VS-529, después de haber sido evaluados en combinación, desde el año 2003. Estas variedades se trabajaron en el Campo Experimental Iguala y de aquí se llevaron a Valles Altos para ser adaptados, a la fecha han mostrado niveles favorables de alturas de planta y mazorca, sanidad de planta, mazorca y rendimiento de grano (Palemón *et al.*, 2011).

Después de 10 años se selección y evaluación para adaptación en Valles Altos, del CP se regresaron al programa de maíz de Iguala, para usarse como progenitores hembra al combinarse con germoplasma subtropical, para evaluarse como cruas intervarietales (CI) en la región semicálida; la variedad sintética VS-529, se obtuvo al recombinar siete líneas derivadas de cada una de las variedades comerciales VS-521 y V-524; el SINT-3-HE corresponde a una variedad

and adaptation to environmental diversity, could be a commercial alternative, cheaper than a conventional hybrid. Considering this situation, the objective of this research was to detect intervarietal crosses resulting from the combination of germplasm from different origins, with good production potential and having good agronomic semi-warm valued in the region of Guerrero.

Materials and methods

Genetic material

In the breeding program of corn, developed in the Experimental Field Iguala, Guerrero, National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), investigated since 1985 with native populations of subtropical origin (1 650 m elevation), both for use *per se* or in combination with improved corn. Similarly, in the graduate genetics, Graduate College in Agricultural Sciences (CP), was initiated in 1991 a breeding program for adaptation to Highlands (2 250 m elevation) of seven tropical varieties, VS-535, VS-529, VS-521, SINT-1-T, SINT-3-HE, TTC-121 (Tuxpeño tropical crystalline) and STD (synthetic tropical gear) and, those with the best performance were SINT-3-HE and VS-529, after been evaluated in combination, since 2003. These varieties were worked in the Experimental Field Iguala and, hence took to the Highlands to be adapted, up to date have shown favorable levels of plant and ear height, plant health, cob and grain yield (Palemón *et al.* 2011).

After 10 years, selection and adaptation assessment for Highlands, the CP has returned to the Equalization program corn for use as female parents in combination with subtropical germplasm to be evaluated as intervarietal crosses (IC) in the semi-warm region, the synthetic variety VS-529, was obtained by recombining seven lines derived from each of the commercial varieties VS and V-521-524; the SINT-3-HE corresponds to an experimental synthetic variety integrated with upright leaf eight lines, derived from the B670 hybrid; these parents were previously valued for their good combining ability and good productive potential in a five-year evaluation of the IC (Palemón *et al.*, 2011).

The male parents were generated from landraces of the semi-warm region, and were selected for more than 15 years for grain yield, with nine waste materials, the three varieties considered the most outstanding were: 1) CIST (complex

sintética experimental integrada con ocho líneas de hoja erecta, derivadas del híbrido B670; estos progenitores fueron previamente valorados por su buena aptitud combinatoria y buen potencial productivo en cinco años de evaluación de las CI (Palemón *et al.*, 2011).

Los progenitores masculinos se generaron de maíces criollos de la región semicálida, y fueron seleccionados por más de 15 años para rendimiento de grano con nueve materiales desechados; las tres variedades consideradas como las más sobresalientes, fueron: 1) CIST (complejo interracial subtropical), formado con germoplasma de las razas Pepitilla, Tuxpeño, Celaya y Cónico, con tres ciclos de selección recurrente de familias de medios hermanos; 2) VE-1, cruza de V-531 con una población nativa de tipo semi-Ancho; y 3) VE-3, cruza de una variedad experimental tropical resistente a sequía (población integrada con germoplasma Tuxpeño, ETO, Cristalino del Caribe y Costeño Tropical) por un maíz Ancho del municipio de Quechultenango, Guerrero, y retrocruzada con el mismo criollo (Gámez *et al.*, 1996), estas tres variedades fueron seleccionadas en regiones de altitud intermedia de Guerrero.

Localidades, diseño experimental y manejo agronómico

Con base en estos dos grupos varietales, se generaron cruza intervarietales en arreglo factorial en el ciclo agrícola otoño-invierno de 2009, en el Campo Experimental Iguala, ubicado a 17° 52' 54" latitud norte y 98° 45' 25" longitud oeste con altitud de 750 m, clima *Awo*, con una precipitación pluvial media anual de 977 mm (García, 1988).

El material genético se evaluó en las localidades de Olinalá y Teloloapan, Guerrero, en el ciclo agrícola primavera-verano de 2009 bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde se involucraron las seis cruza intervarietales, los cinco progenitores, tres testigos comerciales (VS-535, H-516 y H-565), tres variedades experimentales en proceso de mejoramiento (Ancho, Pepitilla y CSeq-C10) y la variedad local (Pepitilla) del agricultor cooperante. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo y 0.85 m de ancho. Los dos experimentos se condujeron en condiciones de temporal con base en el manejo y prácticas culturales de los agricultores cooperantes de cada localidad. Se cuantificaron 15 variables, incluyendo el rendimiento de grano ajustado al 12% de humedad de ambas localidades.

interracial subtropical) formed from germplasm of the races Pepitilla, Tuxpeño, Celaya and Cónico, with three cycles of recurrent selection of half-sibling families; 2) VE-1, cross of V-531 with a native population of semi-width and; 3) VE-3, cross from an experimental tropical variety of drought-resistant (integrated population Tuxpeño germplasm, ETO, Cristalino del Caribe and Costeño Tropical) with a width corn Quechultenango Township, Guerrero, and backcrossed to the same landrace (Gámez *et al.*, 1996), these three varieties were selected in mid-altitude regions of Guerrero.

Localities, experimental design and crop management

Based on these two groups of varieties, intervarietal crosses generated in a factorial arrangement in the autumn-winter crop season, 2009, at the Experimental Field Iguala, located at 17° 52' 54" north latitude and 98° 45' 25" W with an elevation of 750 m, *Awo* climate, with an average annual rainfall of 977 mm (García, 1988).

The genetic material was evaluated in the towns of Olinalá and Teloloapan, Guerrero, in the spring-summer cycle of 2009 under an experimental design of randomized complete block with four replications, where the six intervarietal crosses were involved, the five parents, the three commercial control (VS-535, F-516 and H-565), three experimental varieties in the breeding process (Width, Pepitilla and CSeq-C10) and the local variety (Pepitilla) of the cooperating farmer. The experimental unit consisted of two rows 5 m long and 0.85 m wide. Both experiments were conducted under rainfed conditions based on the management and cultural practices of the farmer cooperators in each locality. Fifteen variables were quantified, including grain yield adjusted at 12% moisture for both towns.

Statistical analysis

The information was analyzed under the following statistical model: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + R(A)_{ij} + M_k + H_l + (MH)_{kl} + (M \times A)_{ki} + (H \times A)_{li} + (MH) \times (A)_{ikl} + E_{ijkl}$, where: Y_{ijkl} = yield observed for the crossing of male k , with the l female in the j -th repetition of the experiment in the i th-environment; μ = mean of the experimental units, A_i = effect of environment i ; $R(A)_{ij}$ = effect of the j -th replicate nested in the i th-location; M_k = effect of k -th male (σ GCA), H_l = effect of l -th female (ϕ GCA), $(MH)_{kl}$ = effect of interaction of the K male with the l female (SCA); $(M \times A)_{ik}$ = interaction effect of environment i with GCA of the male k ; $(H \times A)_{il}$ = interaction effect of

Análisis estadístico

La información se analizó bajo el siguiente modelo estadístico: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + R(A)_{ij} + M_k + H_l + (MH)_{kl} + (M \times A)_{ki} + (H \times A)_{li} + (MH) \times (A)_{ikl} + E_{ijkl}$; donde: Y_{ijkl} = rendimiento observado para el cruzamiento del macho k, con la hembra l en la j-ésima repetición del experimento en el i-ésimo ambiente; μ = promedio de las unidades experimentales; A_i = efecto del ambiente i; $R(A)_{ij}$ = efecto de la j-ésima repetición anidada en la i-ésima localidad; M_k = efecto del k-ésimo macho (ACG ♂); H_l = efecto de la l-ésima hembra (ACG ♀); $(MH)_{kl}$ = efecto de interacción del macho k con la hembra l (ACE); $(M \times A)_{ki}$ = efecto de interacción del ambiente i con la ACG del macho k; $(H \times A)_{li}$ = efecto de interacción del ambiente i con la ACG de la hembra l; $(MH) \times (A)_{ikl}$ = efecto de interacción del ambiente i por la ACE macho por hembra kl; E_{ijkl} = efecto aleatorio de la unidad experimental ijkl. Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento GLM del programa SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

Modelo genético y heterosis

Para el grupo de cruzas intervarietales generadas en arreglo factorial o diseño II de Carolina del Norte, se estimaron los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruzas (Comstock y Robinson, 1948; Comstock y Robinson, 1952). La estimación de la heterosis de las cruzas intervarietales se hizo con base en el progenitor medio de la siguiente forma: $H_{ij} = \{[(F_{ij}) - (PM_i + PM_j)/2] / [(PM_i + PM_j)/2]\} \times 100$; donde H_{ij} = heterosis del cruzamiento ij; F_{ij} = media de la primera generación de la crza entre los progenitores ij; PM_i = media del progenitor hembra i; PM_j = media del progenitor macho j.

Resultados y discusión

Se presenta información de seis caracteres en los Cuadros 1 y 2, mientras que en los Cuadros 3 y 4 rendimiento de grano, aunque se analizaron 15 variables. El análisis de varianza combinado generó 22 fuentes de variación (Cuadro 1). Para ambientes se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en 10 caracteres; mientras que en acame (ACM), número de mazorcas sanas (NMzS), peso de olote (PDO) y longitud de mazorca (LDMz), no se detectaron efectos significativos; los resultados indican que las condiciones climáticas y edáficas no afectaron a estos caracteres. Para variedades, no se observaron diferencias significativas en peso

environment i with GCA of the female l; $(MH) \times (A)_{ikl}$ = interaction effect of the SCE environment i male to female kl; E_{ijkl} = random effect of the experimental unit ijkl. For statistical analysis we used the GLM procedure of SAS version 9.0 (SAS, 2002).

Heterosis and genetic model

For the group of intervarietal crosses generated in a factorial or design II North Carolina, we estimated the effects of GCA of the parents and specific combining ability effects (SCA) from crosses (Comstock and Robinson, 1948; Comstock and Robinson, 1952). The estimate of heterosis in intervarietal crosses was based on the average parent as follows: $H_{ij} = \{[(F_{ij}) - (PM_i + PM_j)/2] / [(PM_i + PM_j)/2]\} \times 100$; where the H_{ij} = cross heterosis ij; F_{ij} = average of the first generation of crosses between the parents ij; PM_i = female parent i mean; PM_j = average male parent j.

Results and discussion

Information is presented of six characters in Tables 1 and 2, while in Tables 3 and 4 grain yield, even though 15 variables were analyzed. The combined analysis of variance generated 22 sources of variation (Table 1). Environments are highly significant differences ($p \leq 0.01$) in 10 characters, while in lodging (ACM), number of healthy pods (NMzS), cob weight (PDO) and ear length (LDMz), no effects were detected significant, the results indicate that the climatic and soil conditions did not affect these characters. For variety, there were no significant differences in weight of the ear (PDMz) for rating ear (CMZ) significant differences ($p \leq 0.05$), while for the rest of the characters had highly significant effects ($p \leq 0.01$). In the partition of varieties in groups, there was no statistical significance in plant height (ADP), qualification of plant (CPL), ACM and PDMz, something similar happened with PDMz, CMZ and grain yield (RGR).

In the partition of varieties nested in groups of parents and crosses: in the first case only significant changes in LDMz ($p \leq 0.01$), for the second case, we observed highly significant variation in the number of rows per ear (NH*Mz) (Table 1). In the partition corresponding to male and female parents, there were significant differences in ear diameter (DDMz) and NH*Mz, and highly significant between parents LDMz females, whereas male parents showed similar behavior in

de la mazorca (PDMz); para calificación de mazorca (CMz) hubo diferencias significativas ($p \leq 0.05$), mientras que para el resto de los caracteres tuvo efectos altamente significativos ($p \leq 0.01$). En la partición de variedades en grupos, no se detectaron significancias estadísticas en altura de planta (ADP), calificación de planta (CPI), ACM y PDMz; algo similar ocurrió con PDMz, CMz y rendimiento de grano (RGr).

the 15 variables, so these results indicate that the varieties CIST, VE-1 and VE-3, are adapted to the evaluation environments. In the partition of crosses in general combining ability (GCA), females differed significantly in NH*Mz and DDMz and for males; there was statistical significance in ear height (ADMz), CPI, CMZ, NH*Mz and RGR.

Cuadro 1. Cuadrados medios de seis caracteres medidos en cruzas intervarietales, progenitores y testigos, en altitudes intermedias del estado de Guerrero. Primavera-verano 2009.

Table 1. Mean squares for six characters measured in intervarietal crosses, parents and controls at intermediate elevations in Guerrero State. Spring-summer, 2009.

Fuente de variación	GL	DFM	DFF	ADMz	CMz	NH*Mz	RGr
Ambientes (Amb)	1	7.11*	93.44**	21437.84**	24.83**	48.42**	249.01**
Repeticiones/Amb	6	1.19	1.81	286.91	0.32	2.34	1.06
Variedades (Var)	17	34.28**	30.87**	643.01**	0.32*	19.47**	1.91**
Grupos (Gpo)	3	55.21**	64.67**	934.09**	0.65**	12.12**	5.89**
Var/Gpo	14	29.8**	23.62**	580.64**	0.24	21.05**	1.06
Progenitores	4	37.48**	40.16**	305.19*	0.15	4.22**	0.74
Hembras (H)	1	0.06	0.25	100	0.03	6.25*	0.34
Machos (M)	2	0.5	0.17	305.17	0.28	1.91	0.8
Cruzas	5	2	2.03	261.85	0.29	4.27**	1.37
H (ACG ♀)	1	5.33	4.08	24.08	0.16	11.12**	2.16
M (ACG ♂)	2	0.44	0.15	510.25*	0.54*	4.27*	2.09*
H*M (ACE)	2	1.9	2.9	132.33	0.09	0.86	0.26
Var*Amb	17	4.48**	3.21**	251.59*	0.23	2.54*	1.42**
Gpo*Amb	3	3.36	1.98	514.92**	0.14	0.15	2.54**
Var/Gpo*Amb	14	4.72**	3.47**	195.16	0.25	3.06*	1.18
H*Amb	1	0.75	0.33	60.75	0.12	0.46	1.63
M*Amb	2	5.65*	5.06*	188.58	0.37	2.82	2.74*
Cruzas*Amb	5	3.48*	2.95	107.18	0.25	1.22	1.46
ACG ♀ *Amb	1	0.06	0.25	100	0	0.02	1.82
ACG ♂ *Amb	2	2.17	3.5	58.5	0.11	3.75	0.11
ACE*Amb	2	2.69	2.15	49	0.2	0.01	0.11
Error	143	1.47	1.55	137.10	0.16	1.41	0.67
Media		64.56	65.86	105.09	7.51	14.17	5.356
CV (%)		1.88	1.89	11.14	5.35	8.38	15.31

GL= grados de libertad; DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; ADMz= altura de mazorca (cm); CMz= calificación de mazorca (1 mala - 9 excelente); NH*Mz= número de hileras por mazorca; RGr= rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$); (ACG ♂)= aptitud combinatoria general de machos; (ACG ♀)= aptitud combinatoria general de hembras; ACE= aptitud combinatoria específica; **, * = significancia ($p \leq 0.01$ y 0.05); CV= coeficiente de variación.

En la partición de variedades anidadas en grupos de progenitores y cruzas: en el primer caso sólo se detectaron cambios significativos en LDMz ($p \leq 0.01$); para el segundo caso, se observó variación altamente significativa en

Regarding the specific combining ability (SCA) or interaction of female to male, there were no significant differences in the 15 variables analyzed. In the interaction varieties environments 53.3% of the variables showed statistical

número de hileras por mazorca (NH*Mz), (Cuadro 1). En la partición correspondiente a progenitores hembras y machos, hubo diferencias significativas en diámetro de mazorca (DDMz) y NH*Mz, y altamente significativos en LDMz entre progenitores hembras; en cambio, los progenitores masculinos mostraron comportamiento semejante en las 15 variables, por lo que estos resultados indican que las variedades CIST, VE-1 y VE-3, están adaptados a los ambientes de evaluación. En la partición de cruzas en aptitud combinatoria general (ACG), las hembras difirieron significativamente en NH*Mz y DDMz y para machos, se observó significancia estadística en altura de mazorca (ADMz), CPI, CMz, NH*Mz y RGr.

Respecto a la aptitud combinatoria específica (ACE) o interacción de hembra por macho, no se detectaron diferencias significativas en las 15 variables analizadas. En la interacción variedades por ambientes 53.3% de las variables mostraron significancia estadística. En la interacción grupos por ambientes, la ADP, ADMz, número de mazorcas podridas (NMzP) y RGr ($t\ ha^{-1}$), presentaron efectos altamente significativos ($p \leq 0.01$). En la interacción variedades anidadas en grupos por ambientes, se observó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), PDMz, PDO y NHXMz, respectivamente.

En la interacción progenitores macho por ambientes, las variables DFM, DFF, PDMz, DDMz y RGr tuvieron efectos significativos ($p \leq 0.05$), y altamente significativos ($p \leq 0.01$) para PDO. En la interacción cruzas por ambientes no se detectó significancia estadística en 13 caracteres; sólo hubo efectos significativos ($p \leq 0.05$) en DFM y PDO. En las interacciones ACG ♀ por ambientes, ACG ♂ por ambientes y la ACE por ambientes, no se detectaron efectos significativos en las 15 variables analizadas.

Las diferencias significativas en LDMz, DDMz y NHXMz entre los progenitores hembra, se atribuye a que la expresión es debido a su origen genético ya que provienen de germoplasma distinto (Gómez *et al.*, 1988; Herrera *et al.*, 2004); es decir, el material genético está integrado con germoplasma diverso (Moll *et al.*, 1962; Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2005; Palemón *et al.*, 2011). Sin embargo, entre los progenitores machos no se detectaron diferencias significativas; este comportamiento se atribuye a que los progenitores masculinos fueron seleccionados y adaptados a las condiciones climáticas del sitio de evaluación, por lo que su expresión fenotípica fue similar.

significance. Groups in the interaction environments, ADP, ADMz, number of ear rot (NMzP) and RGR ($t\ ha^{-1}$), showed highly significant effects ($p \leq 0.01$). In the interaction varieties environments nested in groups, we observed highly significant differences ($p \leq 0.01$) in days to anthesis (DFM), days to silking (DFF), PDMz, PDO and NHXMz, respectively.

In the male parent interaction by environments variables DFM, DFF, PDMz, DDMz and RGR were significant ($p \leq 0.05$) and highly significant ($p \leq 0.01$) for PDO. In the crosses by environment interaction was not detected statistical significance at 13 characters, only significant effect ($p \leq 0.05$) in DFM and PDO. In the ♀ GCA interactions for environments, GCA ♂ by environments and SCA environments, no significant effects were detected in the 15 variables analyzed.

Significant differences in LDMz, DDMz NHXMz between parents and female is attributed to that expression is due to their genetic origin because they come from different germplasm (Gomez *et al.*, 1988; Herrera *et al.*, 2004), i.e., the genetic material is integrated with diverse germplasm (Moll *et al.*, 1962; Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2005; Palemón *et al.*, 2011). However, among male parents, significant differences were not detected, this behavior is attributed to male parent were selected and adapted to the climatic conditions of the test site, so that its phenotypic expression was similar.

Varieties agronomic performance

The female parents were significantly three days delayed (66 days) than males (63 days) in DMF and DFF (Table 2) in ADP, ADMz, CPI, CMz, PDO, LDMz, DDMz, and NHXMz NMzS not significant differences for both groups of parents, although, it can be conclude that the values of the female parents were lower but not significantly, at 12.2, 9.1 and 5.9% in ACM, and PDMz NMzP, and 327 kg less in grain yield than males.

These results indicate that male parents VE-1, VE-3 and CIST, showed relatively higher grain yield than female parents, perhaps because they were earlier in days to male and female flowering, and had lower ear height; this behavior is attributed to these materials since were selected and formed from local germplasm of the semi-warm region, whereas the female parents were generated for warm areas

Comportamiento agronómico de las variedades

Los progenitores femeninos fueron significativamente tres días más tardíos (66 días) que los masculinos (63 días) en DFM y DFF (Cuadro 2); en ADP, ADMz, CPI, CMz, PDO, LDMz, DDMz, NMzS y NHXMz, no se observaron diferencias significativas para ambos grupos de progenitores, aunque se puede mencionar que los valores de los progenitores hembra fueron inferiores pero no significativamente, en 12.2, 9.1 y 5.9% en ACM, NMzP y PDMz, y en 327 kg menos en rendimiento de grano que los machos.

to undergo adaptation under selection for over 10 years in the Highlands was achieved statistically better aspect of the plant and greater number of rows per ear, but keeping their best behavior in warm regions, similar values were observed in nine characters more than in the male parents.

The genetic material under study has been assessed and discussed during the previous five years (Palemón *et al.*, 2011), and this work confirmed that the outstanding materials showed several important agronomic characteristics

Cuadro 2. Comparación de medias de seis caracteres medidos en 18 variedades evaluadas en dos localidades del estado de Guerrero. Primavera-verano 2009.

Table 2. Comparison of means of six characters measured in 18 varieties evaluated in two locations in the State of Guerrero. Spring-summer, 2009.

Variedades	DFM	DFF	ADMz	CMz	NHMz	RGr
SINT-3-HE*CIST	63.63	65	95.75	7.5	15.3	5.322 bc
VS-529*CIST	64.63	65.88	97	7.48	14.31	5.462 bc
SINT-3-HE*VE-1	63.63	64.63	101.13	7.48	15.48	5.697 abc
VS-529*VE-1	64.75	65.88	108.38	7.75	14.06	6.323 a
SINT-3-HE*VE-3	64.5	65.5	109.25	7.8	14.14	5.772 ab
VS-529*VE-3	64.38	65.13	105	7.9 a	13.65	6.28 a
CIST	62.5	63.88	99	7.43	14.8	5.54 abc
VE-1	62.75	64.13	91.5	7.36	14.06	5.066 bcd
VE-3	63	64.13	103.75	7.71	13.88	5.668 abc
SINT-3-HE	66.75	68.25	102.88	7.58	15.71 a	5.244 bc
VS-529	66.63	68	107.88	7.49	14.46	4.952 cd
Criollo local	63.25	65	119.5 a	7.08	10.56	4.95 cd
Ancho	62.75	64.5	116	7.55	9.9	5.529 abc
Pepitilla	62	63.75	105.63	7.53	14.74	4.953 cd
CSeqC-10	66.5	67.5	87.38	7.48	15.05	4.962 bcd
VS-535	68.38	69.5	110.25	7.23	15.7 a	4.377 d
H-516	63	64.75	120.25 a	7.39	14.64	5.288 bc
H-565	69 a	70.13 a	111.13	7.4	14.65	5.027 bcd
$\bar{X}$	64.56	65.86	105.09	7.51	14.17	5.356
DMS (0.05)	1.2	1.23	11.61	0.4	1.18	0.813

V= variedad; DAF= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; ADMz= altura de mazorca (cm); CMz= calificación de mazorca; NHXMz= número de hileras por mazorca; RGr= rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$).

Estos resultados indican que los progenitores masculinos VE-1, VE-3 y CIST, mostraron relativamente mayor rendimiento de grano que los progenitores femeninos, debido tal vez a que fueron más precoces en días a floración masculina y femenina, y tuvieron menor altura de mazorca; este comportamiento se atribuye que estos materiales fueron seleccionados y formados con germoplasma local de la

confirmed by this research, which infers that influenced the expression of grain yield potential and adaptability in the same environments and years of evaluation.

Furthermore, we compared the averages of four groups of varieties (male and female parents, and controls' varietal crosses), and these were analyzed and are discussed below.

región semicálida; en cambio, los progenitores femeninos fueron generadas para áreas cálidas y al someterse bajo selección para adaptación durante 10 años en Valles Altos, se logró obtener estadísticamente mejor aspecto de planta y mayor número de hileras por mazorca, pero manteniendo su mejor comportamiento en regiones cálidas; valores semejantes se observaron en nueve caracteres más respecto a los progenitores masculinos.

El material genético bajo estudio, se ha venido evaluando y analizando durante los cinco años anteriores (Palemón *et al.*, 2011), y en el presente trabajo se confirma que los materiales sobresalientes mostraron varias características agronómicas de suma importancia que se confirma con esta investigación, los cuales se infiere que influyeron en la expresión del potencial de rendimiento de grano y adaptabilidad en los mismos ambientes y años de evaluación.

Por otra parte, se compararon los promedios de cuatro grupos de variedades (progenitores masculinos y femeninos, cruza varietales y testigos), mismas que fueron analizados y se discuten a continuación. Los progenitores masculinos VE-3 y VE-1 mostraron comportamiento similar en 14 variables y sólo difirieron en ADMz; además, mostraron relativamente menor ACM, MzP y PDO que la variedad CIST; no obstante, las tres variedades fueron similares estadísticamente en rendimiento de grano, en particular a la variedad experimental VE-3 se le atribuye que tiene mayor peso específico de grano que las variedades CIST y VE-1 (Cuadro 2). Respecto a los progenitores femeninos, la variedad SINT-3-HE mostró superioridad significativa en NH*Mz respecto a la VS-529, mientras que este último mostró mayor ADP y LDMz; sin embargo, ambas variedades obtuvieron estadísticamente similar rendimiento de grano.

Se detectaron diferencias significativas entre cruza intervarietales: en ADMz, CPI, CMz, DDMz, NHXMz y RGr. En particular, las cruza VS-529*VE-1 y VS-529*VE-3 fueron las que expresaron mayor rendimiento de grano, mismas que superaron al resto de las cruza intervarietales, progenitores masculinos y femeninos, testigos y la variedad local del agricultor; además, estadísticamente fueron más precoces en días a floración, respecto a los testigos tropicales, CSeqC-10, VS-535 y H-565, y los progenitores femeninos SINT-3-HE y VS-529, tuvieron menor altura de mazorca que la variedad local pepitilla y el H-516 de la región cálida; estadísticamente la cruza intervarietal VS-529*VE-3, tuvo mejor aspecto de mazorca que las cruza VS-529*CIST, SINT-3-HE*VE-1,

Male parents and VE VE-3-1 showed similar behavior and only 14 variables differed in ADMz, also showed relatively lower ACM, MZP and the variety CIST PDO; however, the three varieties were statistically similar in grain yield, in particular the experimental range VE-3 is attributed to have greater weight of grain varieties CIST and VE-1 (Table 2). Regarding the female parents, the variety SINT-3-HE showed significant superiority in NH*Mz about the VS-529, while the latter showed higher ADP and LDMz, but both varieties were statistically similar grain yield.

Significant differences between intervarietal crosses: in ADMz, CPI, CMZ, DDMz, NHXMz and RGr. In particular, the VS-529*VE-1 and VS-529*VE-3 were expressed with higher grain yield, same beat all intervarietal crosses, male and female parents, controls and the local variety farmer, in addition, statistically were earlier in days to flowering, compared to controls tropical CSeqC-10, VS-535 and H-565, and female parents SINT-3-HE and VS-529 had lower ear height Pepitilla the local variety and H-516 of the hot region; statistically the VS-529*VE-3 intervarietal crosses had better ear aspect that crosses VS-529*CIST, SINT-3-HE*VE-1 that male parents CIST and VE-1, which the female parent VS-529, control CSeqC-10, VS-535, F-516 and H-565.

The farmer's local variety showed greater plant height and ear, more lodging, than varieties CIST, VE-1, VE-3, SINT-3-HE, VS-529 and the CIST-3-HE*VE-1, VS-529*VE-3, and controls Pepitilla and CSeqC-10, while grain yield was statistically similar to the male parent (CIST, VE-1 and VE-3), females (SINT-3-HE and VS-529), intervarietal crosses (SINT-3-HE*CIST, VS-529*CIST y SINT-3-HE*VE-1) and six controls (Table 2), but in the town of Teloloapan was quite outstanding.

The varieties under improved Ancho and Pepitilla selected to the same environmental conditions, showed similarity with the 13 characters with respect to varietal crosses. Commercial control (H-516 and H-565) and the synthetic variety (SV-535) were from 2 to 4 days delayed in DMF and DFF; showing 7 cm higher plant size, and 912 kg less than output respect to the overall average intervarietal crosses (5809 t ha⁻¹). In particular, the VS-535 variety showed a tendency to have a greater NMzP and PDO compared with the intervarietal crosses, which were earlier in days to flowering and exhibited better ear aspect, so that these qualities are attributed to better influence expression in the grain yield of intervarietal crosses.

que los progenitores masculinos CIST y VE-1, que al progenitor femenino VS-529, testigos CSeqC-10, VS-535, H-516 y H-565.

La variedad local del agricultor mostró mayor altura de planta y mazorca, mayor acame, que las variedades CIST, VE-1, VE-3, SINT-3-HE, VS-529 y las CI SINT-3-HE*CIST, VS-529*CIST y SINT-3-HE*VE-1, VS-529*VE-3, y los testigos Pepitilla y CSeqC-10, mientras que en rendimiento de grano fue estadísticamente similar a los progenitores machos (CIST, VE-1 y VE-3), hembras (SINT-3-HE y VS-529), cruza intervarietales (SINT-3-HE*CIST, VS-529*CIST y SINT-3-HE*VE-1) y a los seis testigos (Cuadro 2); sin embargo, en la localidad de Teloloapan fue muy sobresaliente.

Las variedades en proceso de mejoramiento Ancho y Pepitilla, seleccionadas para estas mismas condiciones ambientales, mostraron similitud en 13 caracteres con respecto a las cruza varietales. Los testigos comerciales (H-516 y H-565) y la variedad sintética (VS-535) fueron 2 a 4 días más tardíos en DFM y DFF; mismas que mostraron 7 cm más en porte de planta, y 912 kg menos de rendimiento respecto al promedio general de las cruza intervarietales (5.809 tha⁻¹). En particular la variedad VS-535 mostró una tendencia a tener mayor NMzP y PDO comparado con las cruza intervarietales, las cuales fueron más precoces en días a floración y exhibieron mejor aspecto de mazorca, por lo que se atribuye que estas cualidades influyeron en una mejor expresión en el rendimiento de grano de las cruza intervarietales.

Los resultados sugieren que las cruza intervarietales exhiben características agronómicas y rendimiento de grano favorables; con respecto a sus progenitores, testigos comerciales y la variedad local del agricultor; además, las diferencias estadísticas entre genotipos corrobora la gran variación genética existente entre el material genético evaluado en ambientes contrastantes (Gómez *et al.*, 1988; Romero *et al.*, 2002; De la Cruz *et al.*, 2003). De estos resultados se puede desprender que las CI seleccionadas e integradas con germoplasma de maíces criollos de la región, es una buena alternativa para estas regiones semicálidas de Guerrero, lo cual se aprecia por sus mejores características agronómicas deseables al competir con variedades locales, variedades e híbridos comerciales introducidos en áreas semicálidas. Las variedades VE-3 (V-234) y CIST (V-235) integrantes de este estudio, ya fueron liberadas al mercado para las regiones semicálidas del estado de Guerrero, ahora con las CI sobresalientes de este estudio, se puede mejorar aún más la producción en la región semicálida.

The results suggest that intervarietal crosses exhibit agronomic traits and grain yield favorable with respect to their parents, commercial controls, and the local variety of the farmer; in addition, the statistical differences between genotypes confirms the great genetic variation among the genetic material evaluated contrasting environments (Gómez *et al.*, 1988; Romero *et al.*, 2002; De la Cruz *et al.*, 2003). From these results it can be inferred that the IC selected and integrated with native maize germplasm in the region is a good alternative for these semi-warm regions of Guerrero, which is best appreciated for its desirable agronomic traits to compete with local varieties, and introduced in commercial hybrids in the semi-warm areas. The varieties VE-3 (V-234) and ISTC (V-235) members of this study, were released to the market for semi-warm regions of the State of Guerrero, now with IC outstanding in this study we can further improve the production in the semi-warm region.

General and Specific Combining Ability

In order to estimate the effects of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), we used data from intervarietal crosses (Table 3). CIST varieties and SINT-3-HE contributed GCA negative effects on RGr, ADP and ADMz (-0.212, -0.418, -2.08, -6.38, -1.85, -0.71, respectively); i.e. their IC showed lower plant and ear height, primarily SINT-3-HE*CIST, these effects are considered desirable to reduce vulnerability to lodging. However, when the negative effects are to RGr, these do not benefit the intervarietal crosses, since it is desirable that for both parents or at least one positive effect of GCA present, so that the crosses revealed good genetic potential (Reyes *et al.*, 2004; Escorcia *et al.*, 2010).

The six intervarietal crosses were statistically equal in DFM, DFF, ADP, ACM, NMzS, NMzP, PDMz, PDO, LDMz, in contrast to the variables ADMz, CPI, CMZ, DDMz, NH*Mz and RGr, were statistically different. In particular, the CI SINT-3-HE-3*VE was statistically higher in ADMz and CPI than SINT-3-HE*CIST while VE * VS-529-3 showed the best CMZ and RGr, compared with VS-529*CIST and SINT-3-HE*CIST also intervarietal crosses VS-529*CIST, VS-529*VE-1, SINT-3-HE*VE-3 and VS-529VE-3, were statistically lower NH*Mz (14.3, 14.1, 14.1 and 13.7, rows) for the cross SINT-3-HE*VE-1 (15.5, rows, DMS = 1.1), this result can be considered favorable when the PDO is reduced, as the case of VS-529*VE-3, because it would mean a higher proportion of grain in the ear.

Aptitud combinatoria general y específica

Para la estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), se emplearon los datos de las cruzas intervarietales (Cuadro 3). Las variedades CIST y SINT-3-HE contribuyeron con efectos negativos de ACG en RGr, ADP y ADMz (-0.212, -0.418; -2.08, -6.38; -1.85, -0.71, respectivamente); es decir, sus CI mostraron menor altura de planta y mazorca, primordialmente SINT-3-HE*CIST; estos efectos se consideran como deseables para reducir la vulnerabilidad al acame. En cambio, cuando los efectos negativos son para RGr, estos no benefician a la craza intervarietal, puesto que es deseable que ambos progenitores o por lo menos uno presente efecto positivo de ACG, para que la craza manifieste buen potencial genético (Reyes *et al.*, 2004; Escorcía *et al.*, 2010).

Reducing the PDMz, as in SINT-3-HE*CIST and VS-529*CIST, or NH*Mz, case of CI SINT-3-HE*CIST, would reflect a decrease in grain yield (Table 3). Moreover, the VE-3 male parent presented GCA effects (2.48 and 4.38) positive in ADP and ADMz, while the parent SINT-3-HE had negative GCA effects (-1.85 and -0.71) in the same characters; however, to cross these two parents SINT-3-HE*VE-3, the intervarietal crosses showed greater ADMz (109.3 cm) which suggests that the high cob dominates the low cob, since the CI was statistically superior to SINT-3-HE*CIST (95.8 cm), as the least significant difference was 13 cm.

A desirable range would be one which expresses good productive potential as is the case with the crosses VS-529*VE-1 and VS-529*VE-, which besides good RGr also showed a better CPI, CMZ and NMzS. SCA interaction

Cuadro 3. Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) de cruzamientos, aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE, cursivas) promedio de dos ambientes del estado de Guerrero. Primavera-verano 2009.

Table 3. Grain yield ($t\ ha^{-1}$) of crosses, general and specific combining ability (GCA and SCA, italics) average of two environments of the State of Guerrero. Spring-summer, 2009.

Progenitores hembra (♀)	Progenitores macho (♂)			Media ACG (♀)	ACG(♀)
	CIST	VE-1	VE-3		
SINT-3-HE	5.322 b	5.697 ab	5.772 b	5.597 a	-0.212
ACE	0.142	-0.101	-0.042		
VS-529	5.462 b	6.323 a	6.28 a	6.022 a	0.212
ACE	-0.142	0.101	0.042		
Media ACG(♂)	5.392 b	6.01 a	6.026 a	5.809	
ACG(♂)	-0.418	0.201	0.217		
DMS (♂) = 0.545		DMS (♀) = 0.445		DMS (Cruzas) = 0.771	

Las seis cruzas intervarietales estadísticamente fueron iguales en DFM, DFF, ADP, ACM, NMzS, NMzP, PDMz, PDO, LDMz, en cambio para las variables ADMz, CPI, CMz, DDMz, NH*Mz y RGr, estadísticamente fueron diferentes. En particular la CI SINT-3-HE*VE-3 fue estadísticamente superior en ADMz y CPI, que SINT-3-HE*CIST, mientras que VS-529*VE-3 presentó mejor CMz y RGr, comparada con VS-529*CIST y SINT-3-HE*CIST, asimismo las cruzas intervarietales VS-529*CIST, VS-529*VE-1, SINT-3-HE*VE-3 y VS-529*VE-3, estadísticamente tuvieron menor NH*Mz (14.3, 14.1, 14.1 y 13.7, hileras) respecto a la craza SINT-3-HE*VE-1 (15.5, hileras, DMS= 1.1); este resultado puede considerarse como favorable cuando se reduce el PDO, como es el caso de la CI VS-529*VE-3, porque significaría una mayor proporción de grano en la mazorca.

effects in conjunction with the GCA, explained the good performance of the CI VS-529*VE-1 and VS-529*VE-3, which showed positive effects of SCA and GCA (Table 3). The intervarietal crosses SINT-3-HE*CIST exhibited positive effects of SCA, but the effects of GCA of the parents were negative, so it is not a desirable combination.

In general we can say that, the negative effects GCA of the parents are desirable if it is intended to reduce DFM, DFF, ADP, ADMz, ACM, NMzP and PDO, otherwise if you want a better CPI, CMZ, LDMz, NH*Mz and RGr, it is expected that the GCA effects of parents are positive, since it is not convenient to have a greater variety or hybrid plant and ear height, because the vulnerability conducive to lodging have more ear rot and consequently undermine the grain yield, besides these, it's difficult to harvest. The results of this

Si se reduce el PDMz, como ocurrió en SINT-3-HE*CIST y VS-529*CIST, o el NH*Mz, caso de la CI SINT-3-HE*CIST, se reflejaría un decremento en rendimiento de grano (Cuadro 3). Por otra parte, el progenitor masculino VE-3 presentó efectos de ACG (2.48 y 4.38) positivos en ADP y ADMz, mientras que el progenitor SINT-3-HE tuvo efectos negativos de ACG (-1.85 y -0.71) en los mismos caracteres; sin embargo, al cruzarse estos dos progenitores SINT-3-HE*VE-3, la cruza intervarietal mostró mayor ADMz (109.3 cm) lo que hace suponer que la mazorca alta domina a la mazorca baja, ya que estadísticamente esta CI fue superior a SINT-3-HE*CIST (95.8 cm), dado que la diferencia mínima significativa fue de 13 cm.

Una variedad deseable sería aquella que exprese buen potencial productivo como es el caso de las cruzas VS-529*VE-1 y VS-529*VE-3, que además de buen RGr mostraron mejor CPI, CMz y NMzS. Los efectos de interacción ACE en conjunto con los de ACG, explicaron el buen comportamiento de las CI VS-529*VE-1 y VS-529*VE-3, las cuales presentaron efectos positivos de ACE y ACG (Cuadro 3). La cruza intervarietal SINT-3-HE*CIST presentó efectos positivos de ACE, pero los efectos de ACG de sus progenitores fueron de signo negativo, por lo que no es una combinación deseable.

De manera general se puede señalar que los efectos negativos de ACG de los progenitores, son deseables si se tiene el propósito de disminuir los DFM, DFF, ADP, ADMz, ACM, NMzP y PDO; caso contrario, si se desea obtener una mejor CPI, CMz, LDMz, NH*Mz y RGr, se espera que los efectos de ACG de los progenitores fuesen positivos, dado que no es conveniente tener una variedad o híbrido de mayor altura de planta y mazorca, porque favorecería la vulnerabilidad al acame, tener mayor número de mazorcas podridas y consecuentemente mermaría el rendimiento de grano; además, dificultaría la cosecha. Los resultados de este análisis indican que la cruza de dos progenitores con efectos positivos de ACG, pueden generar descendencia con efectos negativos o positivos de ACE; no obstante, se puede señalar que también depende del grado de divergencia genética de los progenitores (Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2004).

La proporción relativa de los efectos aditivos y no aditivos indicó que ambos tipos de acción génica fueron importantes (Baker, 1978), lo que sugiere que es posible seleccionar mejores progenitores debido a sus diferencias relevantes (Hallauer, 1990). Cabe mencionar que en el mejoramiento genético por selección los efectos genéticos aditivos (ACG)

analysis indicate that, the cross of two parents with positive GCA effects, can generate offspring with negative or positive effects of SCA; however, we can say that also depends on the degree of genetic divergence from the parents (Gómez *et al.*, 1988; Goodman *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2004).

The relative proportion of the additive and non-additive effects indicated that both types of gene action were important (Baker, 1978), suggesting that it is possible to select better parents to their relevant differences (Hallauer, 1990). It's noteworthy that in the genetic improvement by selection additive genetic effects (GCA) are of greater importance (Vasal *et al.*, 1992), as expressed dominance effects in crosses (SCA) in good yield potential.

Heterosis

With the information of the parents *per se* and their crosses, the percentage of heterosis was estimated with respect to the average parent, only for grain yield (Table 4). The average heterosis was 10.6%, a gain in hybrid vigor of the order of 0,548 t ha⁻¹, compared to the average parent. The heterosis of intervarietal crosses was found in the range of -1.3 to 26.2%, where two of them had a higher overall than the average heterosis (10.6%). It can be noted that, the VS-529*VE-1 intervarietal crosses with 26.2% and VS-529*VE-3 with 18.2%, had a higher percentage of heterosis, this result indicates a relationship between SCA and heterosis; i.e., the same intervarietal crosses were those that showed higher grain yield (6323 and 6.28 t ha⁻¹), similar results were reported by Escorcía *et al.* (2010), heterosis in absolute terms was in the order of 1 314 and 0.97 t ha⁻¹ with respect to the average value *per se* for two parents (Moll *et al.*, 1962).

This result indicates that, varietal heterosis in this group is controlled by the dominance or interaction between genes from the same locus. Intervarietal crosses, SINT-3-HE*CIST, VS-529*CIST, SINT-3-HE*VE-1 and SINT-3-HE*VE-3, exhibited rates below 10.6% of heterosis, and showed lower yields (5 322, 5 462, 5 697 and 5 772 t ha⁻¹) with respect to the average (5 809 t ha⁻¹).

Conclusions

The process of selection of the studied materials, by adaptation to the semi-warm regions improved the agronomic traits and yield components of male and female

son de mayor importancia (Vasal *et al.*, 1992), al igual que los efectos de dominancia expresados en las cruzas (ACE) de buen potencial de rendimiento.

Heterosis

Con la información de los progenitores *per se* y sus cruzas se estimó el porcentaje de heterosis con respecto al progenitor medio, sólo para rendimiento de grano (Cuadro 4). La heterosis promedio fue de 10.6%, una ganancia en vigor híbrido del orden de 0.548 t ha⁻¹, respecto al promedio de los progenitores. La heterosis de las cruzas intervarietales se encontró en el intervalo de -1.3 a 26.2%, donde dos ellas presentaron mayor heterosis respecto al promedio general (10.6%). Se puede destacar que las cruzas intervarietales VS-529*VE-1 con 26.2 % y VS-529*VE-3 con 18.2 %, presentaron mayor porcentaje de heterosis, este resultado indica que hay una relación entre la ACE y la heterosis; es decir, las mismas cruzas intervarietales fueron las que presentaron mayor rendimiento de grano (6.323 y 6.28 t ha⁻¹); resultados similares fueron reportados por Escorcía *et al.* (2010); la heterosis en términos absolutos fue del orden de 1.314 y 0.97 t ha⁻¹, con respecto al valor *per se* promedio del par de progenitores correspondientes (Moll *et al.*, 1962).

parents. The farmer's local variety, Pepitilla showed a higher plant and ear height, lodging, ear rot, undesirable characteristics; however, it showed similar cob weight, ear length, ear diameter and grain yield compared to the female and male parents; although, on average of the two environments, it was lower in grain yield to the intervarietal crosses VS-529*VE-1, VS-529*VE-3 and SINT-3-HE*VE-3. Generally, intervarietal crosses showed earlier flowering than the commercial lot VS-535, H-516 and H-565, the greater number of healthy pods and number of rows per ear, that the varieties Ancho, Pepitill and CSeq-C10.

The superiority of regional maize germplasm actually proves that, the Landraces are not over performed by the improved maize varieties introduced in specific ecological niches such as the mountains of Guerrero. We identified parent varieties with good general combining ability and their crosses with good specific combining ability, in addition, the parents CIST and VE-3 released for commercial planting for the intermediate regions showed good performance in most of the variables. Consistent with the potential for grain yield, heterosis, GCA, SCA and favorable agronomic characteristics, were

Cuadro 4. Rendimiento de grano (t ha⁻¹) de los progenitores hembra, macho, cruzas y heterosis (%). Teloloapan y Olinalá, Guerrero. Primavera-verano 2009.
Table 4. Grain yield (t ha⁻¹) of the female, male parents, crossbreeding and, heterosis (%). Teloloapan and Olinala, Guerrero. Spring-summer, 2009.

Progenitores		Rendimiento			Heterosis	
Hembra (♀)	Macho (♂)	(♀)	(♂)	Cruza	(%)	(t ha ⁻¹)
SINT-3-HE	CIST	5.244	5.54	5.322	-1.3	-0.07
VS-529	CIST	4.952	5.54	5.462	4.12	0.216
SINT-3-HE	VE-1	5.244	5.066	5.697	10.51	0.542
VS-529	VE-1	4.952	5.066	6.323	26.24	1.314
SINT-3-HE	VE-3	5.244	5.668	5.772	5.8	0.316
VS-529	VE-3	4.952	5.668	6.28	18.27	0.97
	X	5.098	5.425	5.809	10.61	0.548

Este resultado indica que la heterosis de este grupo varietal está controlada por la dominancia o interacción entre genes de un mismo locus. Las cruzas intervarietales, SINT-3-HE*CIST, VS-529*CIST, SINT-3-HE*VE-1 y SINT-3-HE*VE-3, exhibieron porcentajes inferiores al 10.6% de heterosis; y mostraron menores rendimientos (5 322, 5 462, 5 697 y 5 772 t ha⁻¹) con respecto al promedio general (5 809 t ha⁻¹).

chosen the intervarietal crosses VS-529*VE-1 and VS-529*VE-3, for mass promotion in the semi-warm region of Guerrero.

End of the English version



Conclusiones

El proceso de selección de los materiales de estudio, mediante adaptación para las regiones semicálidas, mejoró las características agronómicas y componentes de rendimiento de los progenitores masculinos y femeninos. La variedad pepitilla local del agricultor mostró mayor altura de planta y mazorca, acame, mazorcas podridas, características no deseables; sin embargo, mostró similitud en peso de olote, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y rendimiento de grano con respecto a los progenitores hembras y machos; aunque en promedio de los dos ambientes fue inferior en rendimiento de grano a las cruas intervarietales VS-529*VE-1, VS-529*VE-3 y SINT-3-HE*VE-3. Generalmente, las cruas intervarietales mostraron mayor precocidad que los testigos comerciales VS-535, H-516 y H-565, mayor número de mazorcas sanas y número de hileras por mazorca, que las variedades Ancho, Pepitilla y CSeq-C10.

La superioridad de los maíces con germoplasma regional, comprueba que los criollos no son superados por los maíces mejorados introducidos en nichos ecológicos específicos como el caso de la Montaña de Guerrero. Se identificaron variedades progenitoras con buena aptitud combinatoria general y sus cruas con buena aptitud combinatoria específica; además, los progenitores CIST y VE-3 liberados para siembra comercial para las regiones intermedias, mostraron buen comportamiento en la mayoría de las variables. Acorde con el potencial de rendimiento de grano, heterosis, ACG, ACE y las características agronómicas favorables, se eligieron las cruas intervarietales VS-529*VE-1 y VS-529*VE-3, para su promoción masiva en la región semicálida del estado de Guerrero.

Literatura citada

- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18:533-536.
- Balderrama, C. S.; Mejía, C. J. A.; Castillo, G. F. y Carballo, C. A. 1997. Efectos de aptitud combinatoria en poblaciones de maíz nativas de Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 20:137-147.
- Castillo, G. F. 1994. Aprovechamiento de la diversidad genética del maíz en México. *In: Memoria del II Congreso Latinoamericano de Genética. XV Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Monterrey N. L., México.* 78-98 pp.
- Comstock, R. and Robinson, H. 1948. The components of genetic variance in population of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- Comstock, R. and Robinson, H. 1952. Estimation of average dominance of genes. *In: Gowen, J. W. (ed.). Heterosis. Hafner Publishing Company. New York, N. Y.* 494-516 pp.
- De la Cruz, L. L.; Ron, P. J.; Ramírez, D. J. L.; Sánchez, G. J. J.; Morales, R. M.; Chuela, B. M.; Hurtado de la P. S. A. y Mena, M. S. 2003. Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(1):1-10.
- Escorcía, G. L. N.; Molina, G. J. D.; Castillo, G. F. y Mejía, C. J. A. 2010. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruas simples de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3):271-279.
- Gámez, V. A. J.; Ávila, P. M. A.; Ángeles, A. H.; Díaz, E. C.; Ramírez, V. H.; Alejo, J. A. y Terrón, I. A. 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. *Pub. Esp. 16. INIFAP. Toluca, Estado de México.* 102 p.
- García, M. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^{ta} edición. UNAM. D. F., México. 217 p.
- Gómez, M. N. O.; Valdivia, B. R. y Mejía, A. H. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Rev. Fitotec. Mex.* 11(2):103-120.
- Goodman, M. M.; Moreno, J.; Castillo, G. F.; Holley, R. N. and Carson, M. L. 2000. Using tropical maize germplasm for temperate breeding. *Maydica.* 45:221-234.
- Herrera, C. B. E.; Castillo, G. F.; Sánchez, G. J. J.; Hernández, C. J. M.; Ortega, P. R. y Goodman, M. M. 2004. Diversidad genética del maíz Chalqueño. *Agrociencia.* 38:191-206.
- Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica.* 35(1):1-16.
- Márquez, S. F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGT. México. 563 p.
- Moll, R. H.; Salhuana, W. S. and Robinson, H. F. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Castillo, G. F.; Ramírez, V. P.; Molina, G. J. D. y Miranda-Colín, S. 2011. Cruas intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(5):745-757.

- Preciado, O. R. E.; Ortega, C. A.; Betanzos, M. E.; Ramírez, D. J. L.; Peña, R. A.; Gómez, M. N. O. y Velázquez, C. G. 2004. Acciones para la reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. CEBAJ. 41 p.
- Reyes, L. D.; Molina, G. J. D.; Oropeza, R. M. A. y Moreno, P. E. C. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. Rev. Fitotec. Mex. 27(1):49-56.
- Romero, P. J.; Castillo, G. F. y Ortega, P. R. 2002. Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza Chalqueño: II. Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. Rev. Fitotec. Mex. 25:107-115.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2002. The SAS System for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, USA.
- Sprague, G. F. and Tatum, L. A. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34(10):923-932.
- Vasal, S. K.; Srinivasan, G.; Crossa, J. and Beck, D. L. 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. Crop Sci. 32:884-890.
- Vergara, A. N.; Rodríguez, H. S. A. y Córdova, O. H. S. 2005. Aptitud combinatoria general y específica de líneas de maíz (*Zea mays* L.) tropical y subtropical. Agron. Mesoamericana. 16(2):137-143.