

APTITUD COMBINATORIA DE MAICES TROPICALES Y SUBTROPICALES EN LA REGION DE TRANSICION BAJA DE GUERRERO

Noel Gómez Montiel ¹

RESUMEN

En el temporal de 1981, se evaluaron en seis localidades, en un látice triple 8 x 8, cinco variedades tropicales y cinco subtropicales, con sus cruza correspondientes en F₁ y F₂, bajo el Diseño Genético II. Las Aptitudes Combinatorias General y Específica (ACG y ACE), la depresión por endogamia (DE) y la heterosis fueron evaluadas. Solo dos variedades tropicales y dos subtropicales mostraron ACG y 12 híbridos varietales mostraron ACE positiva, tres de las cuales muy sobresalientes. La DE promedio fue de 5.21% y la mayor 17.84%. La heterosis promedio sobre el mejor progenitor fue de 7.36% y la más alta fue de 16.04%. Se observó una mayor contribución de los maíces tropicales a los subtropicales. En el análisis de Parametros de Estabilidad la variedad VS-521 y sus cruza fueron las más estables. Además, se clasificaron las localidades por taxonomía numérica y sólo dos se agruparon consistentemente.

SUMMARY

Five tropical and five subtropical varieties and their crosses in F₁ and F₂ were evaluated in six locations under rainfall conditions during 1981; a triple lattice 8 x 8 under a Genetic Design II was used. General and Specific Combining Ability (GCA, SCA), inbreeding depression (ID) and heterosis were evaluated. Only two tropical and two subtropical varieties showed a positive GCA and 12 varietal hybrids showed a positive SCA with three of them outstanding; the average ID value was 5.21 and the highest 17.84%; the average heterosis over the best parental variety was of 7.36% and the highest was 16.04%. A major contribution of the tropical over the subtropical maize was observed. The analysis of the stability parameters showed that the parental variety VS-521 and its crosses were the most stable; in addition a clasification of the locations for numerical taxonomy was performed, and only two of them were consistently congregated.

INTRODUCCION

Debido a las características orográficas del país, en México se presenta una variación climática continua, en la que se encuentran además diferentes tipos de suelos.

¹ Investigador de Maíz, INIA-CIAPAC-CAEIGUA.

Como resultado de esta variación en diferentes partes del país y, particularmente en el Estado de Guerrero, se encuentra en las estribaciones de las montañas el clima de tipo semicálido, el cual es considerado de transición entre los climas de tipo cálido y templado. En el Estado de Guerrero la región con clima de esta clase, presenta buena precipitación y suelos delgados, y se encuentra entre 1,000 y 1,600 msnm. Las variedades de maíz sembradas en esta región son criollas, correspondientes a las razas Pepitilla y Tabloncillo, con intervención de la raza Bolita, entre otras, cuyo rendimiento y otras características agronómicas no han podido ser superadas por las variedades mejoradas provenientes de las razas Tuxpeño y Celaya, las cuales son más tardías y prosperan principalmente en los pequeños valles.

Siendo ésta una región de transición baja, una posible manera de introducción de maíces mejorados con características superiores sería aprovechar la hibridación varietal entre poblaciones tropicales y subtropicales.

En el presente estudio se pretende establecer las bases para la obtención de variedades estables para las condiciones ecológicas de la montaña, para lo cual se consideró necesario conocer el comportamiento de los híbridos varietales del tipo trópico x subtropical; determinar las Aptitudes Combinatorias General (ACG) y Específica (ACE) de las variedades; definir el tipo de germoplasma de mayor utilidad y conocer la adaptabilidad del mismo; y, agrupar las localidades de evaluación a través de taxonomía numérica.

En este trabajo se parte del supuesto de que los híbridos varietales tendrán un rango de adaptación desde 0 hasta 1,600 msnm y podrán ser empleados como germoplasma base en un programa de mejoramiento genético para esta región semicálida de transición.

REVISION DE LITERATURA

Las ventajas del Diseño Genético II, descrito por Comstock y Robinson, sobre todo cuando el número de progenitores es grande, son señaladas por Hallauer (1981), quien menciona que la información genética obtenida con este diseño factorial y los diseños dialélicos es similar y que es posible tener dos estimaciones independientes de Aptitud Combinatoria General (ACG), una para las hembras y otra para los machos, siendo la fuente de variación hembra x macho equivalente a la Aptitud Combinatoria Específica (ACE) en un análisis dialélico. El análisis de varianza de un

Diseño Genético II lo presentan Castillo (1980) y Hallauer (1981). Hinkelmann (1976) señala que a este Diseño Genético se le conoce como Diseño de Apareamiento Dialélico tipo 1, Diseño de Apareamiento Factorial o Diseño II de Carolina del Norte. En este diseño genético si los tratamientos que intervienen es menor al número de tratamientos del diseño experimental, se usan sólo los tratamientos involucrados y si se trata de un diseño experimental de látice, se pueden usar las medias de los tratamientos ajustados que corresponden al Diseño Genético y considerar en el error el cuadrado medio ponderado y los grados de libertad del efecto intrabloque (Castillo, 1980).

En relación a la hibridación varietal, Trifunovic (1978) menciona que varios híbridos de este tipo fueron usados comercialmente en Europa; sin embargo, debido a que el rendimiento no fue muy superior a sus progenitores, poco tiempo después fueron sustituidos por los híbridos formados con líneas de Estados Unidos cruzadas con líneas de Europa. Rivera (1977), al analizar el efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruza intervarietales de maíz, encontró que la variable rendimiento acusó los efectos más altos de heterosis al combinar tres variedades del Bajío, tres del Trópico y tres de la Mesa Central, siendo las cruza con mayor heterosis las del tipo Trópico x Mesa Central. Sánchez (1977), al evaluar en 6 localidades las Razas, Bolita, Cónico y Cónico Norteño con sus respectivas cruza, encontró que los grados más altos de heterosis se presentaron al combinar materiales más divergentes, lo mismo encontraron Moll *et al.* (1965) al estudiar ocho niveles de diversidad genética basados en su relación ancestral y diferencias en adaptación. Coutiño (1982) evaluó en 3 localidades tropicales un dialélico completo en el que participaron 7 variedades criollas y 11 genotipos mejorados como progenitores, y encontró que 73% de las cruza demostraron vigor híbrido respecto al progenitor más rendidor, con un valor máximo de heterosis del 65%; además, este autor menciona que las poblaciones mejoradas mostraron mayores efectos genéticos de tipo aditivo que las poblaciones criollas y que en los análisis por localidad la varianza de ACE fue mayor a la varianza de ACG. Ramírez (1985) combinó maíces del trópico húmedo con maíces del trópico seco y los evaluó en 29 y 19 localidades, respectivamente; él observó que el vigor híbrido se manifestó en 95% de los cruzamientos, encontrando también híbridos estables en las diferentes condiciones ambientales consideradas y menciona que este tipo de cruzamientos pueden constituir una posibilidad para incrementar substancialmente el rendimiento, pues algunos híbridos superaron hasta en 40% a los testigos comerciales actuales.

En relación a la heterosis y la depresión por endogamia, ha sido indicado que el término heterosis fue aplicado por Shull para describir el fenómeno, pero no dió una explicación del mecanismo genético involucrado en su expresión (Hallauer 1981). La explicación la presenta Falconer (1964) quien menciona que la heterosis es el fenómeno opuesto a la endogamia, cuyo efecto consiste en reducir la aptitud en dirección de los alelos más recesivos, demostrando además que la cantidad de heterosis mostrada en la F_1 o la F_2 se mide como una desviación respecto a la media de las dos poblaciones parentales ($HF_1 = MF_1 - M\bar{p} = dy^2$, y $HF_2 = MF_2 - M\bar{p} = 1/2 dy^2 = 1/2 HF_1$); el autor señala además que la ocurrencia de la heterosis depende de los efectos de dominancia, ya que los loci sin dominancia no causan depresión por endogamia ni heterosis y que la F_2 regresa a la mitad del valor de la F_1 , hacia el valor medio de los progenitores, fenómeno al que se le considera depresión por endogamia; finalmente, menciona que en las siguientes generaciones se esperaría que la media de la población sea la misma que la F_2 siempre que no haya interacción epistática. Hallauer (1981) señala que la manifestación de la heterosis usualmente depende de la diversidad genética de los progenitores, la cual se puede estimar empíricamente por medio de las cruza varietales, de tal manera que si se manifiesta fuerte heterosis en la cruza de dos progenitores se concluye que los padres son genéticamente diferentes y viceversa; también menciona que el análisis de cruza dialélicas para un grupo fijo de variedades proporciona las bases para un análisis preliminar de los patrones heteróticos entre cruza varietales, y define heterosis promedio, heterosis varietal y heterosis específica.

Después de hacer una evaluación de varios complejos raciales en la década de los 60 y con la información de subsecuentes estudios para identificar patrones heteróticos para las regiones tropicales de América Latina, Wellhausen (1978) identificó 4 complejos raciales básicos para el mejoramiento de maíz en los trópicos; ellos son: Tuxpeño y los Dentados del Caribe y Estados Unidos; Cristalinos Cubanos; Cristalinos de la Costa Tropical; y, ET0. Las mejores combinaciones que encontró este autor fueron de Tuxpeño con los otros complejos. Los cuatro complejos germoplásmicos mencionados han sido ampliamente utilizados por el programa de mejoramiento de maíz del CIMMYT (CIMMYT, 1982).

MATERIALES Y METODOS

El material genético empleado fue el siguiente: como variedades tropicales hembras VS-521, proveniente del Sintético Breve del Mante (Llera III) al que se le

aplicó un ciclo de selección recurrente de hermanos completos, Across 7721, P R 7729 (E), Across 7725 y Ferke (1) 7622; como variedades subtropicales machos ETO, Dholi 7644, Across 7644, Across 7642 y Across 7734. Con excepción de la primera, todas las variedades son poblaciones de amplia base genética generadas por el CIMMYT a través de selección recurrente de hermanos completos y sus componentes pertenecen a las razas Tuxpeño, Dentados y Cristalinos del Caribe, Dentados de la Faja Maicera de Estados Unidos y ETO obtenido en la región andina. Estos maíces, las cruces posibles hembras x machos, en F₁ y F₂, y 4 testigos totalizaron 64 variedades evaluadas.

El germoplasma descrito fue evaluado en diferentes sitios de los que en el Cuadro 1 se presentan sus características climáticas y edáficas.

Cuadro 1. Características climáticas de localidades utilizadas en la evaluación de cruces intervarietales para la Región Intermedia del Estado de Guerrero.

Localidad	Clasificación Climática	ASNMM* (m)	Temperatura promedio (°C)	Precipitación (mm)	Tipo de suelo
Iguala	Aw ₀	750	26.5	1050	Fluvisol
Sochijala	Bs ₁	1050	23.9	650	Rendzina
Campusano	Aw ₁	1100	23.2	1150	Fluvisol
Chilpancingo	A(C)w ₀	1300	21.5	820	Rendzina
Chilapa	(A)Cw ₀	1400	20.5	850	Rendzina
Ahuacatitlán	(A)Cw ₂	1450	22.0	1250	Luvisol

*Altura sobre el nivel del mar

El diseño experimental usado fue el de Láctice Triple 8 x 8. La parcela experimental fueron 2 surcos de 5 m de longitud. La densidad de población fue de 45,000 plantas por hectárea. Además, se hizo el análisis de parámetros de estabilidad bajo el modelo de Eberhart y Russell (1966) y una clasificación de ambientes por taxonomía numérica, como la descrita por Cervantes (1976).

Las variables consideradas en el presente estudio fueron: rendimiento (ton ha⁻¹); porcentaje de materia seca del grano; días a floración masculina; altura de planta y mazorca; y, calificación de mazorca.

El diseño genético empleado correspondió al Diseño Genético II de Comstock y Robinson (1948), aplicado a 25 cruces en F₁, que corresponde a un esquema básico de

apareamiento factorial entre dos grupos de variedades, cuyo modelo es:

$$Y_{ij} = \mu + h_i + m_j + (hm)_{ij} + e_{ij}$$

donde:

- μ = efecto medio general
- h_i = efecto de la hembra i de (ACG h)
- m_j = efecto del macho j de (ACG m)
- $(hm)_{ij}$ = efecto específico de interacción de la hembra i con el macho j (ACE)
- e_{ij} = efecto aleatorio

Cálculo de las varianzas:

$$\sigma_{ACE} = hm^2 = CM_{hm} - CMe$$

$$\sigma_{ACGh} = h^2 = \frac{CMh - CMhm}{h}$$

$$\sigma_{ACGm} = m^2 = \frac{CMm - CMhm}{m}$$

El porcentaje de heterosis se calculó con base en el promedio de los dos progenitores (\bar{h}_x) y también respecto al mejor progenitor (h), de acuerdo a las formulas siguientes:

$$\bar{h}_x = \frac{Y_{ij} - (y_{ii} + y_{jj})/2}{(y_{ii} + y_{jj})/2} \times 100; \quad h = \frac{Y_{ij} - y_{pp}}{y_{pp}} \times 100$$

donde:

- y_{ij} = media de la cruce del progenitor i con el progenitor j
- y_{ii} = media del progenitor i
- y_{jj} = media del progenitor j
- y_{pp} = media del progenitor superior

La depresión por endogamia (DE) se calculó empleando la relación siguiente:

$$DE = \frac{y_{ijF_1} - y_{ijF_2}}{y_{ijF_1}}$$

$y_{ij F_1}$ = media del progenitor iF_1 con el progenitor $j F_1$

$y_{ij F_2}$ = media del progenitor iF_2 con el progenitor $j F_2$

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se observa que en el análisis combinado no hubo diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación (FV) y sólo en las hembras hubo una tendencia que marca las diferencias al 26% de cometer el error Tipo 1. Sin embargo, en los análisis por localidad se encontró que para Chilapa, Chilpancingo y Sochipala, hubo diferencias significativas en las hembras y en la localidad de Puente Campusano para la interacción hembra x macho.

En el Cuadro 3 se presenta la ACG para hembras y machos en el que se observa que las hembras VS-521 y Across 7721 y los machos Across 7644 y Across 7734 mostraron acción génica del tipo aditiva. En el Cuadro 4 sobresalen las combinaciones específicas Across 7721 x ET0, VS-521xAcross 7644 y VS-521 x Across 7734 que presentaron más acentuados los efectos genéticos de dominancia.

La heterosis mostrada por los cruzamientos intervarietales se encuentra en el Cuadro 5, donde se identifican algunas combinaciones específicas altamente heteróticas. La heterosis general promedio considerando todos los cruzamientos, sobre la media de los progenitores de todo el experimento, fue 11.64%; y, considerando al mejor progenitor fue 7.36%. En el Cuadro 6 se presenta la depresión por endogamia al pasar las cruza intervarietales de F_1 a F_2 , siendo esta depresión superior a 5% en promedio de todo el experimento, que aunque bajo, fue significativo al 6% de probabilidad de cometer Error Tipo 1, como se observó al correr el modelo genético incluyendo las generaciones F_1 y F_2 .

Cuadro 2. Nivel de significancia (α), coeficientes de variación y rendimientos medios, para las fuentes de variación del Diseño Genético en los ANVA individual y combinado.

Fuente de Variación	Iguala	Sochi pala	Puente Cam pusano	Chilpan cingo	Chilapa	Ahuaca tlán	Combi nado
Hembras (H)	0.19	0.02	0.61	0.02	0.001	0.23	0.26
Machos (M)	0.27	0.20	0.19	0.35	0.140	0.64	0.59
Interac- ción HxM	0.50	0.71	0.02	0.48	0.210	0.90	0.99
C.V.	17.20	13.70	11.40	12.40	15.600	19.60	28.00
Rendimiento medio tonha ⁻¹	4.200	5.799	7.077	8.547	5.416	5.754	6.132

Cuadro 3. Efectos de Aptitud Combinatoria General para hembras y machos, promedio de 6 localidades.

Hembras	ACG	Machos	ACG
VS-521	320	ETO	- 80
Ferke 1 7622	- 80	Dholi 7644	- 80
Across 7725	-280	Across 7644	120
Across 7721	120	Across 7642	- 80
PR 7729 E	- 80	Across 7734	120

Cuadro 4. Efectos de Aptitud Combinatoria Específica del rendimiento en promedio de 6 localidades.

Variedades	ETO	Dholi 7644	Across 7644	Across 7642	Across 7734
VS-521	-300	-300	500	-300	500
Ferke 1 7622	100	100	-100	100	-100
Across 7725	-700	300	100	300	100
Across 7721	900	-100	-300	-100	-300
PR 7729 E	100	-100	100	100	-100

En las Figuras 1 y 2 se observan las ganancias en rendimiento de las cruzas intervarietales al hacer la comparación con los tipos de progenitores. Los tropicales tuvieron en general mayor rendimiento que los subtropicales y la variedad VS-521 fue el mejor progenitor. Además, los más altos rendimientos se obtuvieron en altitudes de 1100 a 1300 msnm (Figura 1).

Las Figuras 3 y 4 muestran la agrupación de ambientes con base en la respuesta de la planta, con las seis variables presentadas en materiales y métodos, usando como unidad de medida el complemento del coeficiente de correlación y los efectos fenotípicos y de la interacción (G-A). Se puede observar que sólo Chilapa y Ahuacatlán se unen bajo los dos tipos de efectos.

Finalmente, en el Cuadro 8 se presentan sólo las variedades más sobresalientes en rendimiento y estabilidad. De las 64 variedades evaluadas 60 fueron estables, 2 inconsistentes, una adaptada a ambientes favorables y consistente, y, la otra adaptada a ambientes desfavorables y consistente.

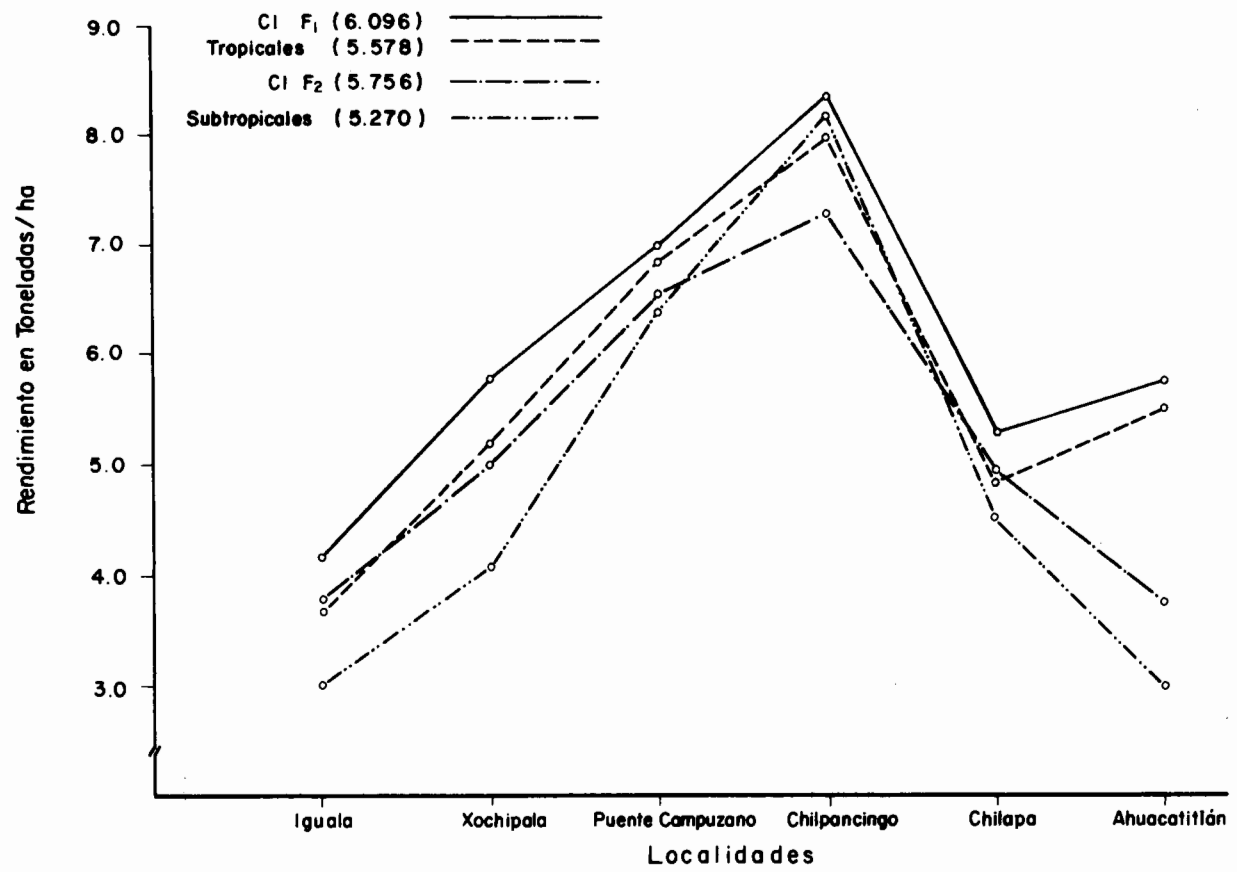


Fig. 1 Rendimiento por localidad de los progenitores y sus cruza en F₁ y F₂

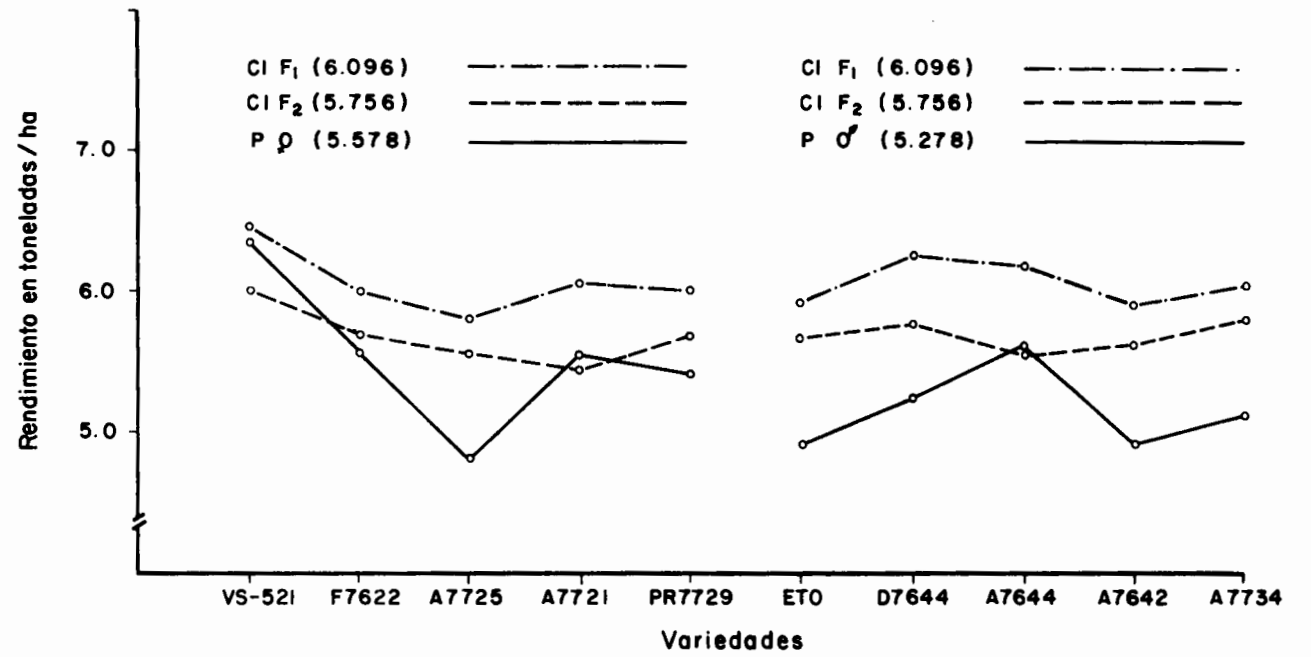


Fig._2 Rendimiento de las variedades per-se y de sus cruzas intervarietales en F₁ y F₂ a través de seis localidades.

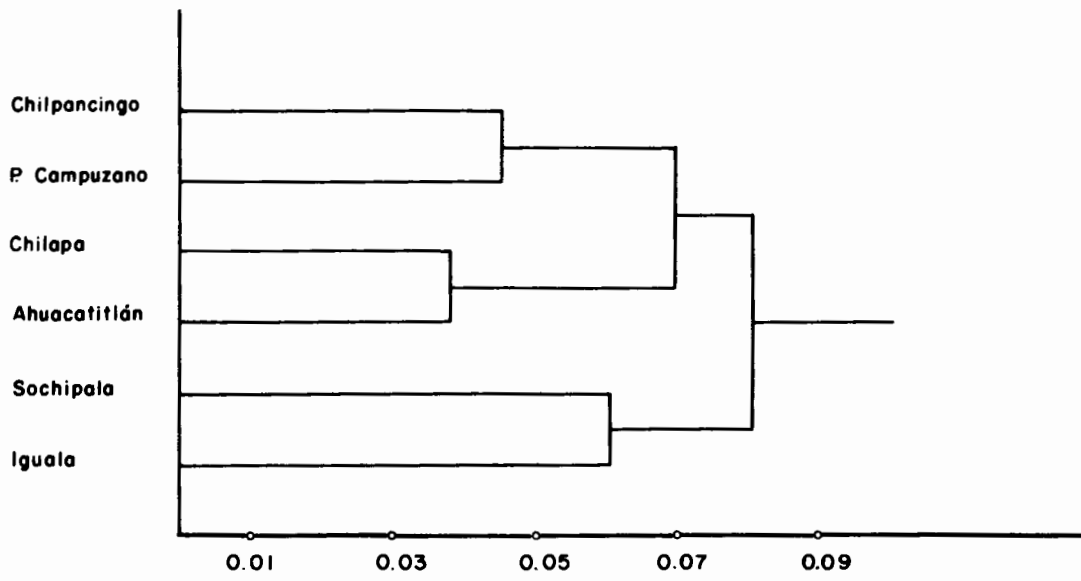


Fig._3 Disimilitud entre ambientes por efectos fenotípicos y usando como medida el complemento del coeficiente de correlación.

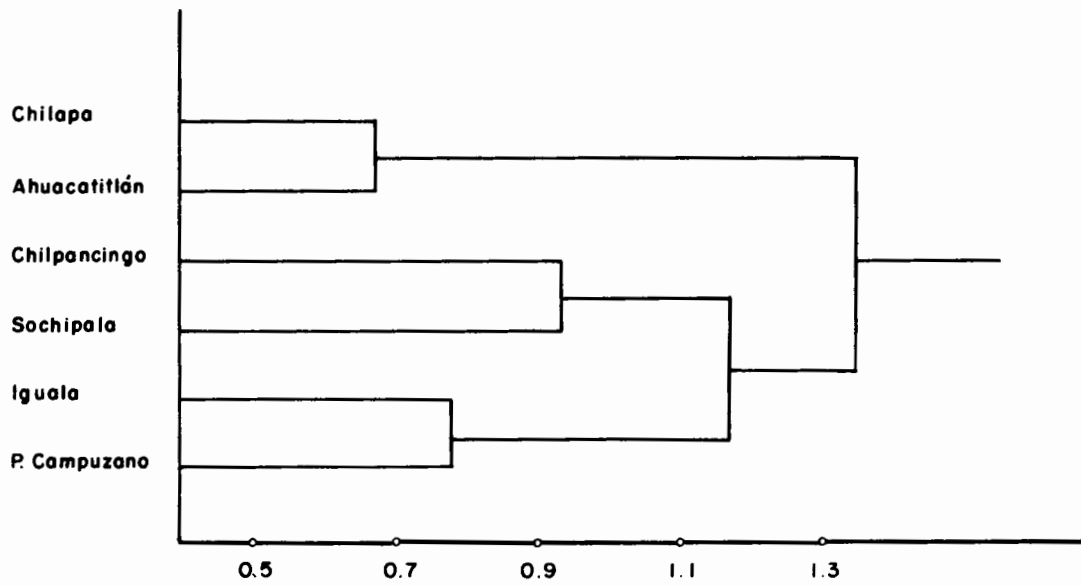


Fig._4 Disimilitud entre ambientes por interacción genotipo -ambiente y usando como medida el complemento del coeficiente de correlación.

Cuadro 5. Heterosis de cruzas entre variedades tropicales x subtropicales, promedio de 6 localidades (%).

Progenitor		E T O	Dholi 7644	Across 7644	Across 7642	Across 7734	Prome dio
VS-521	H	13.80	9.37	9.35	5.68	11.76	9.03
	h	1.21	0.34	4.02	-6.29	2.15	1.41
Ferke 1 7622	H	8.64	12.21	5.82	8.60	11.63	8.54
	h	1.57	8.47	5.38	1.64	7.42	4.90
P R 7729 E	H	13.10	18.57	9.18	20.11	12.60	13.00
	h	9.14	15.57	5.20	16.04	11.95	11.58
Across 7721	H	21.73	16.13	6.74	8.99	8.01	12.32
	h	15.10	13.56	5.03	3.17	5.14	8.40
Across 7725	H	8.15	18.63	17.73	16.95	14.95	15.29
	h	6.82	13.25	8.38	15.38	10.22	10.81
Promedio	H	12.31	13.98	9.38	11.20	11.30	11.64
	h	6.77	10.24	5.60	5.99	7.37	7.36

H = Heterosis respecto al promedio de progenitores

h = Heterosis respecto al mejor progenitor

Cuadro 6. Depresión por endogamia de las cruzas trópico x subtrópico, al pasar de F₁ a F₂, promedio de 6 localidades (%).

Progenitor	E T O	Dholi 7644	Across 7644	Across 7642	Across 7734	Prome dio
VS-521	- 7.86	-11.50	- 4.69	- 2.88	- 2.42	- 5.87
Ferke 1 7622	+ 3.44	- 6.98	- 3.26	- 4.41	- 2.59	- 2.76
P R 7729 E	- 3.08	- 7.95	- 4.62	- 3.45	- 7.62	- 5.32
Across 7721	-17.84	- 7.56	-13.89	- 5.94	0.00	- 9.05
Across 7722	+ 5.42	- 2.52	-12.77	- 2.35	- 3.04	- 3.05
Promedio	- 3.98	- 7.82	- 7.85	- 3.81	- 3.13	- 5.21

DISCUSION

Al analizar los resultados por localidad se encontró que en la de mayor altitud no se presentaron efectos de ACG. En las otras localidades las variedades tropicales con más alta ACG fueron VS-521, principalmente en las regiones de 1300 msnm hacia abajo, y PR 7729 con mayor adaptación. De las variedades subtropicales las poblaciones con mayor ACG fueron las poblaciones Across 7644, Dholi 7644

Cuadro 7. Rendimientos de los progenitores y sus cruzas en F₁ y F₂ (Kg ha⁻¹) promedio de seis localidades.

		ET0	Dholi 7644	Across 7644	Across 7642	Across 7734	Promedio de ♀
VS-521	F ₁	6466	6411	6646	6011	6225	6412
	F ₂	5958	5674	6334	5838	6363	6034
Ferke 1 7622	F ₁	5808	6202	6077	5812	6142	6008
	F ₂	6008	5769	5879	5556	5983	5839
P R 7729	F ₁	5837	6334	6067	6206	5987	6086
	F ₂	5767	5837	5787	5992	5531	5783
Across 7721	F ₁	6425	6339	6057	5759	5869	6090
	F ₂	5279	3860	5216	5417	5869	5528
Across 7725	F ₁	5313	6042	6250	5753	5826	5837
	F ₂	5601	5890	5452	5618	5649	5642
Promedio de o→	F ₁	5970	6266	6219	5908	6070	6087
	F ₂	5702	5806	5567	5584	5880	5728

Cuadro 8. Variedades de mayor rendimiento en el análisis de varianza de parámetros de estabilidad en 6 localidades.

Genealogía	Rendimiento Ton ha ⁻¹	Estabilidad	Otras variedades es- tables dentro del grupo significativa- mente superior
(VS521 x A 7644) F ₁	6.646*	Estable	
(VS521 x ET0) F ₁	6.466*	"	
(VS521 x D7644) F ₁	6.410*	"	
(VS-521 (PT)	6.389*	"	(F7622xA7734) F ₁
(VS-521 x A 7734) F ₂	6.367*	"	(F7622xA7734) F ₂
(A7721 x D7644) F ₁	6.339*	"	
(PR7729 x D7644) F ₁	6.334*	"	
(PR7725 x D7644) F ₁	6.249*	"	
(PR7729 x A7642) F ₁	6.206*	"	
(PR7729 x A7642) F ₂	5.992*		
DMS α0.01 = 0.688	CV = 7.82		

Across 7734. Sin embargo, en el análisis conjunto la variedad con más alta ACG fue la VS-521, única variedad de este estudio con marcadas diferencias respecto a las otras, con base germoplásmica menos compleja y más divergente, la cual al combinar con maíces contrastantes como los subtropicales, presentó complementación de genes para rendimiento, resultando un tipo de acción génica aditiva superior a los otros progenitores tropicales. También, en el análisis conjunto las poblaciones Across 7734 y 7644 tuvieron mayor ACG para los machos, aunque menor que VS-521.

Los resultados muestran la posibilidad de explotar las cruzas intervarietales pues al pasar de la F_1 a la F_2 varias de ellas superaron a sus progenitores en todas las localidades. La ACG se puede explotar principalmente en el progenitor VS-521, lo que parece lógico ya que esta variedad sólo tuvo un ciclo de selección recurrente de hermanos completos y el número de cruzas A x B que se recombinaron para darle origen fueron 21, lo cual sugiere que aún conserva amplia variabilidad genética.

En 13 cruzas intervarietales se identificó la presencia de ACE, e inclusive en tres de ellas estos efectos tuvieron un valor superior a la variedad con mayor ACG, tal fue el caso de Across 7721 x ET0 y VS-521 x Across 7644 y 7734. Estos resultados coinciden con la recopilación que hizo Wellhausen (1978) quien informó una alta heterosis al cruzar la raza Tuxpeño (Población Across 7721) x ET0, que en este estudio fue el híbrido varietal más heterótico. En estas cruzas intervarietales mencionadas es posible explotar también el tipo de acción génica de dominancia, cuyos progenitores fueron contrastantes; sin embargo, el progenitor Across 7725 fue el que más consistentemente presentó ACE, con excepción de su cruzamiento por ET0 al cual está muy emparentado puesto que su genealogía es (Mix1 x Colima Gpo. 1) ET0.

Respecto a la Depresión por Endogamia (DE) al pasar de F_1 a F_2 se observó que los resultados coincidieron con la teoría presentada por Falconer (1964), pues comparando el rendimiento medio de los progenitores con la F_1 se obtuvo un incremento en rendimiento de 672 kg (Figura 1) y comparando la F_2 con el promedio de los progenitores se obtuvo una ganancia global de 332 Kg, que representa aproximadamente la mitad de la ganancia en F_1 , tal y como es mencionado por Falconer. Si no existieran efectos epistáticos se podría pensar que no cambiaría el rendimiento de la F_2 en las siguientes generaciones, y por consiguiente se podría pensar en la bondad de la crusa intervarietal para mejorar el rendimiento actual de las variedades progenitoras, a través de cualquier método de selección recurrente.

Cabe mencionar que las inferencias sobre heterosis y la DE se hicieron sobre el promedio de rendimiento de las 6 localidades para todas las cruzas intervarietales en F_1 y F_2 , por lo que pudiera existir en una localidad en particular alguna craza diferente al resultado global, en donde se explotarían con mayor seguridad los efectos de dominancia, Across 7721 x ET0 sería el caso; sin embargo, al observar el Cuadro 5, las variedades PR 7729, Across 7725 y Dholi 7644 muestran mayor heterosis promedio. Por otra parte, en el Cuadro 6, se observa que la mayor Depresión por Endogamia coincide con las cruzas de mayor heterosis, ellas son Across 7721 x ET0 y Across 7725 x Across 7744, tal como se esperaría por ser ambos fenómenos de efectos opuestos.

En las Figuras 3 y 4 se observa que con los efectos fenotípicos las distancias para agrupar ambientes son menores que los de la interacción GA; que Chilapa y Ahuecatitlán se agruparon a menor distancia; y, que las otras localidades no se agruparon con una tendencia definida. Con los efectos de la interacción se unen Iguala y Puente Campusano que son localidades cercanas y de mayor precipitación que Chilpancingo y Sochipala, las que también se agrupan y son a su vez localidades cercanas con menor precipitación. Con los efectos fenotípicos se agruparon de manera inversa (Figura 4) y parecería que la agrupación en este caso responde a la temperatura y al rendimiento. Sochilapa e Iguala fueron localidades más calientes y con menor potencial de rendimiento que Chilpancingo y Puente Campusano, que también se unieron.

En la estabilidad del rendimiento, las 64 variedades prácticamente se adaptaron a todos los ambientes y fueron consistentes (estables). Sin embargo, en el grupo estadísticamente superior, las de mayor rendimiento fueron las cruzas que tuvieron como progenitor a VS-521, único que se ubicó dentro del grupo estadísticamente superior. De las variedades restantes sólo las poblaciones Across 7642, 7725 y 7721 no formaron consistentemente cruzamientos superiores. Además, hubo tres cruzas en F_2 estables dentro del grupo significativamente superior. Estos resultados coinciden con los de los efectos de Aptitud Combinatoria General y Específica en donde sobresale la variedad VS-521 en cruzamiento y como progenitor.

CONCLUSIONES

En el análisis combinado se enmascararon las diferencias significativas entre hembras y la interacción hembra x macho. En los análisis individuales sólo en Puente Campusano no existieron diferencias marcadas entre hembras y en la misma

localidad hubo diferencias significativas para la interacción hembra x macho.

Los valores más altos de Aptitud Combinatoria Específica fueron tres veces superiores a los de Aptitud Combinatoria General, pero se identificaron los dos tipos de acción génica.

Los progenitores con mayor Aptitud Combinatoria General fueron VS-521, y en menor grado Across 7721, Across 7644 y Across 7734. Las cruzas con mayor Aptitud Combinatoria Específica fueron Across 7721 x ET0, VS-521 x Across 7734 y VS-521 x Across 7644.

Los mayores rendimientos los exhibieron, en orden decreciente, las cruzas en F_1 , las cruzas en F_2 , las variedades tropicales y las variedades subtropicales; los rendimientos más altos se observaron en las localidades con altitudes de 1100 a 1300 msnm; Ahuacatlán y Chilapa se agruparon según el tipo de efecto. La mayoría de las variedades fueron estables y sólo el 30% de ellas se ubicó en el grupo significativamente superior. Las variedades estables con rendimiento significativamente superior fueron principalmente las cruzas en F_1 , pero el progenitor VS-521 y tres cruzas en F_2 , también estables, se ubicaron en este grupo superior.

BIBLIOGRAFIA

- Castillo G., F. 1980. El rendimiento de grano en sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) su relación con los períodos del desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Cervantes S., T. 1976. Efectos genéticos y de interacción genotipo ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- CIMMYT. 1982. Cimmyt's Maize Program: An Overview. Presentation week March:22-26, 1982.
- Coutiño E., B. 1982. Variabilidad genética en cruzas dialélicas de maíz formadas con poblaciones tropicales sobresalientes. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Eberhart, S. A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36-40.
- Falconer, D. S. 1964. Introduction to Quantitative Genetics. Oliver and Boyd. Edinburgh and London.
- Hallauer, A. R., and J. B. Miranda. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames, Iowa. 468 p.

- Hinkelmann, K. 1977. Diseños dialélicos y de cruza múltiple: ¿Qué información se obtiene de ellos?. Trad. F. Castillo González (Tomado de Proceedings of the International Conference on Quantitative Genetics. August 16-21, 1976. Eds. El Pollak, O. Kempthorne y T.B. Bailey Jr. lo. St. Univ. Press, pp. 659-676) mimeo.
- Mool, R. H., W. S. Sahuana and H.T. Robinson. 1965. Heterosis and genetic diversity crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- Ramírez V., H. 1985. Estabilidad del rendimiento en cruzamientos intergermoplásmicos de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el trópico húmedo y seco de México. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Rivera F., C.H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruza intervarietales de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Sánchez G., J.J. 1977. Efecto de niveles de divergencia genética y factores ambientales en la expresión fenotípica de variedades sintéticas de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Trifunovic, V. 1978. Maize production and maize breeding in Europe. *In: Maize Breeding and Genetics*. D.B. Walden (ed.) pp: 41-58. John Wiley and Sons, Inc.
- Wellhausen, E.J. 1978. Recent development in maize breeding in the tropics. *In: Maize Breeding and Genetics*, D.B. Walden, (ed.). pp: 59-84. John Wiley and Sons, Inc.