

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

PROGRAMA DE GRADUADOS



**RENDIMIENTO PREDICHO Y OBSERVADO DE LAS MEJORES
CRUZAS TRIPLES Y DOBLES DE MAIZ (Zea mays L.) EN EL
TROPICO HUMEDO.**

POR

JESUS SALMERON ERDOSAY

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN FITOMEJORAMIENTO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO
JULIO DE 1984**

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR DE ASESORIA Y

APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD FITOMEJORAMIENTO



COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

ASESOR PRINCIPAL:

M.C. JOSE GUADALUPE RODRIGUEZ VALDEZ

ASESOR:

ASESOR:

DR. HANS RAJ CHAUDHARY

M.C. GUSTAVO OLIVARES SALAZAR

SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

DEDICATORIA

Con todo cariño a mis padres:

Valente Salmerón Roldán (Q.D.D.G.)

Albina Erdosay Vda. de Salmerón

A mi esposa:

Socorro

A mi hija:

Krishna

A mis hermanos:

Pablo, Graciela, Humberto, Rosa Luz y Carlo Alberto

A mi tía:

Margarita Erdosay Galan

A la memoria del Doctor Mario Castro Gil

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. José Gpe. Rodríguez Valdez, a quien deseo expresar mi más sincero -
agradecimiento por su valiosa ayuda en la realización, interpretación y
revisión de la presente investigación.

Al Ing. José R. Gómez González por sus brillantes sugerencias para la reali-
zación y culminación de este estudio.

Al Dr. Hans R. Chaudhary por la ayuda que me brindó para la elaboración y -
presentación de este estudio.

Al M.C. Edgar Edmundo Guzmán Medrano por las invalorable enseñanzas y por
sus oportunas sugerencias al presente trabajo.

A los Ings. Enrique Varela G. e Isidro Alvarez Garza por su valiosa y since-
ra colaboración desinteresada en la realización de este trabajo.

Al ISAAEG y CONACYT por el financiamiento que hizo posible la realización y
finalización de mis estudios de maestría.

A todo el personal del Instituto Mexicano del Maíz por las facilidades otor-
gadas para efectuar este trabajo de investigación.

CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	vi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
MATERIALES Y METODOS	18
RESULTADOS Y DISCUSION	31
RESUMEN Y CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFIA	53
APENDICE	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
1	Evaluación de cruzas simples (normal x enano) de líneas tropicales en las localidades de Cardel y San Rafael - Ver., Ciclo 80A	20
2	Los mejores rendimientos (ton/ha) de cruzas triples predichas por el método "B" de Jenkins (1934).	21
3	Los mejores rendimientos (ton/ha) de cruzas dobles predichas por el método "B" de Jenkins (1934)* y por la fórmula "6" de Eberhart (1964)**	22
4	Componentes del análisis de varianza para cada localidad ..	26
5	Análisis de varianza combinado de las tres localidades . ..	29
6	Cuadrados medios del análisis de varianza para diez características de maíz para la localidad de Iguala, Gro. . .	32
7	Cuadrados medios del análisis de varianza para diez características de maíz para la localidad de U. Galván, Ver.	34
8	Cuadrados medios del análisis de varianza para ocho características de maíz para la localidad de Río Bravo, Tamps.	36

9	Análisis de varianza combinado para ocho características de maíz evaluados en tres localidades.	38
10	Parámetros genéticos de las diez características de maíz en Iguala, Gro.	41
11	Parámetros genéticos de las diez características de maíz en U. Galván, Ver.	42
12	Parámetros genéticos de las ocho características de maíz en Río Bravo, Tamps.	44
13	Parámetros genéticos de ocho características de maíz, del análisis combinado de las tres localidades.	45
14	Correlaciones de los rendimientos predichos y observados de las cruzas dobles y triples en las localidades estudiadas.	48
A1	Correlaciones fenotípicas de diez características agronómicas estudiadas en U. Galván, Ver.	61
A2	Correlaciones fenotípicas de diez características agronómicas estudiadas en Iguala, Gro.	62
A3	Correlaciones fenotípicas de ocho características estudiadas en Río Bravo, Tamps.	63

INTRODUCCION

Los métodos de predicción de cruzas dobles y triples para rendimiento, juegan un papel importante en los programas de mejoramiento genético enfocados a la hibridación. En maíz las predicciones han sido ampliamente utilizadas y han significado un considerable ahorro en tiempo y esfuerzo para el mejorador.

Los cuatro métodos de predicción desarrollados por Jenkins en 1934, han sido eficientemente utilizados por la significativa correlación que se manifiesta entre las medias predichas y las observadas. Por su parte, Eberhart en 1964, hace nuevos intentos para obtener mejores resultados por medio de predicciones y propone 5 fórmulas, que también son factibles de ser utilizadas.

En el programa del Trópico Húmedo del Instituto Mexicano del Maíz de la UAA "AN", se cuenta con líneas normales y enanas de buen potencial de rendimiento, obtenidas de diferentes poblaciones tropicales y seleccionadas por su buena Aptitud Combinatoria General, susceptibles de aprovecharse en cruzamientos, por lo que el presente estudio contempló los objetivos siguientes:

- 1.- Estudiar el comportamiento de las cruzas dobles y triples utilizando líneas normales y enanas derivadas de poblaciones tropicales, Mexicanas y Salvadoreñas.
- 2.- Desarrollar híbridos normales y enanos con alto rendimiento en un corto plazo para el Trópico Húmedo Mexicano.

3.- Hacer una comparación relativa con respecto a las ventajas y desventajas entre los métodos de predicción propuestos por Jenkins (1934) y por Eberhart (1964).

REVISION DE LITERATURA

Las primeras investigaciones sobre selección en la región del Trópico Húmedo, consistieron en la evaluación de colecciones tropicales, lo cual permitió elegir algunos materiales tales como la V-520C, Ver-15, Ver-39 y Coah-8, a partir de las cuales se derivaron las líneas que dieron origen a los híbridos H-501, H-502 y H-503 y posteriormente al H-507 (Reyes et al. 1961).

Estos materiales son de porte alto, presentando susceptibilidad al acame, lo que propició el inicio de programas tendientes a desarrollar maíces de menor altura con un incremento del potencial de rendimiento por unidad de superficie. Fue así como se formaron los híbridos H-508 y H-509 y la variedad V-524. Los dos primeros, aprobados por el Comité Calificador de Variedades de plantas en 1972 y obtenidos mediante la incorporación del gen branquítico-2 a las líneas progenitoras de H-503 y H-507 (Balderas et al. 1978), mientras que la variedad V-524 fue aprobada en 1977, siendo el resultado de varios ciclos de selección recurrente para planta baja realizados por el CIMMYT en la población Tuxpeño Crema I, (CIMMYT, 1974).

Aptitud combinatoria general y específica.

Sprague y Tatum (1942) introdujeron los términos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE); para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y para referirse al comportamiento de combinaciones específicas de líneas en cruza con relación al comportamiento promedio de todas las líneas involucradas, respectivamente.

Matzinger et al. (1959) desarrollaron un estudio en tres localidades durante 3 años en Iowa (EUA), para el cual incluyeron cruzas dialélicas de 10 padres seleccionados al azar de una variedad sintética de maíz, encontrando estimaciones significativas de la varianza de ACG, en los ensayos individuales, concluyendo que las estimaciones en un ambiente está sujeto a interacciones de los efectos generales tanto en años como en localidades; sin embargo, la no proporción de varianzas de la ACG y ACE para interacciones como ambiente, fue evidente en esta población.

Brown et al. (1966) llevaron a cabo un ensayo con 7 variedades parentales de trigo así como sus 16 cruzas simples, encontrando que mucha de las estimaciones de la máxima heterosis fue obtenida entre variedades duro por blando; asimismo la ACG positiva fue manifestada por la var. Racine y sugirieron que puede ser completamente provechoso en programas de híbridos y el fracaso para rendimiento la detectó la ACE, ya que no es significativa en trigo.

Dhillon y Singh (1977) incluyeron cruzas entre 20 poblaciones de maíces amarillos (once fueron desarrollados en la India y nueve obtenidos por el CIMMYT, México), las cuales se evaluaron en cuatro ambientes donde se observó en las mismas la heterosis, concluyendo que la var. Cuba observó la mejor combinación general para rendimiento de grano y obteniendo el mejor rendimiento comparado con la media parental.

Pesév (1978) realizó un estudio en Yugoslavia usando el método de "mazorca por surco", donde desarrollaron líneas de maíz de 4 fuentes genéticamente diferentes. La Aptitud Combinatoria de 855 líneas de todos los 4 orígenes, a saber: SP 495, 7-165, 37-69 y Do126, las cuales fueron cruzadas

con un probador común denominado B14, observándose en relación al testigo NSS696 que de 495 líneas probadas del origen SP, el 36.6% tuvieron buenas combinaciones de rendimiento; de 165 cruzas del origen 7 el 41% fueron mejores; de 69 cruzas del origen 37 el 52.8% tuvieron rendimientos superiores y de 126 líneas probadoras del origen Do el 49.5% tuvieron un rendimiento superior a la media de todas las combinaciones.

Ivanović et al. (1979) realizaron investigaciones en cruzas dialélicas con 5 líneas endogámicas de maíz de diferente resistencia al hospedero y pudrición del tallo; donde los análisis obtenidos de ACG y ACE, concluyeron que el índice de pudrición del tallo, es manifestado por genes con efectos aditivos y no aditivos, por lo cual los efectos del gene aditivo prevalecen; y en la herencia del rendimiento de grano, los no aditivos sobredominan a los efectos del gene aditivo.

Curnow (1980) empleó la teoría e imitación para comparar la selección de cruzas, utilizando para estas los rendimientos individuales de cada una de ellas, como también la suma estimada de la ACG de los padres de cada cruza, concluyó que en la selección la base de ACG es menos preferente que la varianza de la ACE de los padres que exceden dos veces la varianza de su ACE, por lo tanto, la selección está basada en la formación de las cruzas individuales.

Heterosis.

El principio del concepto de heterosis en maíz, se inició con los estudios reportados por Shull (1908), el mismo autor en 1914, introdujo el término de heterosis para el estímulo especial de heterocigosis, "división

celular", desarrollo y otras actividades fisiológicas de un organismo; en 1948, este vocable de heterosis se consideró como "libre de todas las hipótesis propuestas". Y en 1952, sumalizó sus estudios.

Por lo anterior, Shull es considerado como el pionero en interpretar en forma concreta el fenómeno de depresión endogámica y vigor híbrido; finalmente definió la heterosis como el incremento de tamaño, rendimiento, vigor de la F_1 como resultado del cruzamiento de dos progenitores.

Brieger (1950) consideró que la heterosis ocurre siempre que la media de cualquier carácter cuantitativo en el híbrido sea mayor que la media de los descendientes. En general, se concluye que la heterosis es la expresión observada u observable del efecto genético después de realizarse una hibridación. Esta expresión se manifiesta a menudo, en el aumento de vigor de la descendencia híbrida, respecto a las poblaciones parentales.

La heterosis ha sido ampliamente aprovechada en una forma práctica, y uno de los mejores ejemplos lo muestra la utilización de híbridos en diversas especies, particularmente en maíz. La evidencia experimental al respecto, es abundante, ya que desde 1877, Darwin comparó y cruzó plantas del mismo progenitor de maíz, estableciendo la altura de las plantas cruzadas, donde los resultados indicaron que fue mayor que las mismas plantas jóvenes en un 19%; sin embargo, de las anteriores llegaron a la madurez un 9%.

Al tener conocimiento de los resultados obtenidos por Darwin, Beal (1880) efectuó un experimento en el cual presentó métodos usados para hibridación en maíz, utilizando como progenitores parentales variedades de polinización libre. La manifestación de heterosis en las cruas alertó a otros

investigadores de los posibles beneficios de híbridos varietales, entre los cuales se menciona a Richey (1922) que sumalizó los diversos estudios de evaluación de variedades de polinización libre y sus cruzas, respectivamente.

Stringfield (1950) utilizó en un trabajo de investigación 4 líneas endogámicas de maíz, las cuales fueron combinadas en cruzas en la misma proporción y concluyó que las cruzas F_1 tuvieron aproximadamente el doble del rendimiento de grano de sus líneas parentales endogámicas.

Los efectos de heterosis en los componentes principales de rendimiento de grano de maíz, fue estudiado por Leng (1954) utilizando 92 híbridos diferentes de cruzas simples (F_1) y sus respectivas líneas parentales. Observándose que los híbridos fueron superiores a su "límite parental" por alta significancia y un margen consistente en el rendimiento de grano total, aumentando el peso de grano por mazorca, número de semillas/hilera y número de semilla/mazorca, así como también un pequeño aumento de semilla en la medida.

Un estudio para rendimiento de grano, fue hecho por Lonquist (1953) utilizando cruzas simples entre un grupo de 5 combinaciones superiores y 4 combinaciones inferiores con la línea endogámica de maíz Krug. Observando una mayor proporción en número de cruzas y obteniendo altos rendimientos entre las combinaciones de líneas alta x alta entre alta x baja cuya interpretación está indicando la acción de dominancia favorable o dominancia parcial en la acción del gene.

La homeostasis fue medida en ocho grupos de maices híbridos en pro -

ducción por Adams (1959), evaluando 40 híbridos en dos localidades durante todo el año por homeostasis en comparación de cinco cualidades de coeficientes de variación entre parcelas, atribuyéndose diferentes capacidades a diferencia en la heterocigosidad de los ocho grupos de híbridos.

Una relación entre heterosis y diversidad genética en cruzas intervarietales de maíz, fue descrita por Moll et al. (1962) donde el grado de diversidad genética de las variedades fue postulado por relaciones ancestrales y separación geográfica de las poblaciones. El ensayo consistió en cruzas dialélicas con seis variedades provenientes de tres regiones geográficamente distintas con tres niveles de diversidad genética. El promedio de las cruzas dentro de una región fue de 104% respecto a la media parental comparado con el promedio de 124% para las cruzas entre regiones. También llegaron a conclusiones semejantes Moll et al. (1965).

Paterniani y Lonquist (1963) efectuaron estudios en tres localidades en Brasil con variedades provenientes de 12 razas de maíz de México, Brasil, Paraguay y Argentina, encontrando resultados similares y establecieron que un grado mayor de heterosis se observó en cruzas hechas con variedades de origen más diverso. Esta diversidad se basó en el grado de aislamiento geográfico, por lo tanto, los resultados indicaron que a mayor diversidad genética de las variedades parentales, se manifiesta una mayor heterosis en las cruzas intervarietales.

Upadhyaya y Rasmusson (1967) evaluaron en dos ambientes variedades parentales de cebada con sus posibles 28 poblaciones F_1 y F_2 , en las cuales se obtuvieron valores promedio de heterosis basada en la media parental de las F_1 . El incremento en rendimiento, peso de semilla, semilla por espiga,

espigas por plantas y altura fue de 21.5, 5.9, 7.1, 7.6 y 3.2% respectivamente. Cuando las F_1 's fueron comparadas con el mejor padre, el promedio de heterosis para rendimiento fue de 9.1%, la media de la depresión endogámica para rendimiento en la generación F_2 fue de 26.1%. Concluyeron que el rendimiento del mejor híbrido superó el más alto rendimiento de las variedades parentales Liberty y Trail por 22 y 38% respectivamente.

En un estudio desarrollado en 3 ambientes en México, por Castro et al. (1968) utilizando 5 variedades de polinización libre de maíz, representando cada una un diferente grupo racial y otras 35 poblaciones derivadas de ellas mismas. Concluyeron que para el caso de rendimiento, el factor que más contribuyó a la variación genética fueron los efectos dominantes dentro de las variedades (52.4% del total), en cambio los efectos del gene aditivo contribuyeron más a la variación entre medias en días a floración (87.9%) para altura de planta (79.3%) y número de mazorcas (60.9%). En promedio, la heterosis en las cruzas explicó un 5.1% de la variación total en el rendimiento medio varietal considerado y el efecto específico de la heterosis acumulada por solo una mayor proporción de variación, siendo estadísticamente no significativa.

Pes^vev y Trifunović (1968) realizaron una investigación en Yugoslavia, utilizando 10 líneas de fertilización uniforme de 3 diferentes variedades de maíz, en las cuales 5 líneas se basaron en un marcador de grano cristalino y las 5 líneas restantes de dos variedades dentadas, siendo cruzadas con cuatro probadores (dos variedades locales y dos cruzas simples), observándose una capacidad combinatoria donde las cinco líneas de grano cristalino dieron un rendimiento promedio de 74.50 q/ha y las cinco líneas dentadas un

78.60 q/ha. Las cruzas simples relacionadas (cristalino x cristalino), produjeron el mejor rendimiento en la generación F_1 , en cambio las cruzas de líneas de grano cristalino y dentado mostraron en promedio el mayor efecto de heterosis en el rendimiento. Sin embargo, las cruzas dentado x dentado producen mayores efectos de heterosis en rendimiento (24.8%) que dentado x cristalino; en cambio la expresión en el rendimiento fue alto para las cruzas de líneas morfológica y genéticamente divergentes (dentado x duro) en un 39.3%.

Moutray y Frakes (1973) realizaron un estudio con cañuela (Festuca mundinacea schreb) en el cual incluyeron nuevos clones parentales; nueve progenies de cruzas simples y siete progenies S_1 . Observaron que las cruzas fueron superiores a todos los padres en todas las características, excepto en rendimiento de grano, así como los padres superaron su respectiva S_1 's - exceptuando altura de planta. Las cruzas entre grupos de maduración resultó con la máxima heterosis sobre la media parental para todas las características, por lo que concluyeron que las cruzas de clones de diversa morfología, origen y fecha de antesis puede resultar una heterosis mayor que las observadas en cruzas entre clones similarmente seleccionados.

Dhillon y Singh (1975) desarrollaron una investigación con los mejores 20 maíces amarillos compuestos, sintéticos y variedades de polinización libre. Entre estos materiales se incluyó la variedad Cuba 19 que mostró una respuesta prometedora a la heterosis en todas las cruzas registradas en los cuatro ambientes (excepto la Antigua 3D x Cub 19); además se observó la superioridad de los híbridos F_1 sobre los mejores padres en todas las 76 cruzas posibles.

Gupta y Kovács (1976) compararon los híbridos obtenidos por todas las posibles cruzas simples, triples y dobles de seis líneas endogámicas de Opaco-2 (O_2), con los análogos híbridos normales obtenidos de su equivalencia para su habilidad germinativa a bajas temperaturas. Los híbridos normales fueron observados cerca del 60% con mayor heterosis que los híbridos O_2 , aunque el 7% de los híbridos O_2 mostraron más del 100% de heterosis positiva con el uso eficiente para los programas de mejoramiento de maíz Opaco-2.

Bailey y Qualset (1980) realizaron un estudio durante 2 años para estimar los efectos aditivos y de heterosis, usando poblaciones derivadas de cuatro cultivares de trigo (Triticum aestivum L. aestivum), donde las medidas de las cruzas simples fueron cuidadosamente predichas utilizando estimaciones de efectos genéticos obtenidos del padre, F_2 , y medias de la F_1 , en cruzas triples. Concluyeron que de esta manera se puede predecir la heterosis a través de combinaciones predichas de híbridos específicos sin la necesidad de utilizar en el campo testigos para los híbridos F_1 .

Mabo (1980) determinó que el grado de heterosis para las características como número de granos por hilera, número de granos por hilera por mazorca, altura de planta y rendimiento de grano, dependen del número de granos por hilera por mazorca de los padres, por lo que los mejores resultados fueron obtenidos por selección de los padres con un alto número de granos por hilera por mazorca.

Petrenko (1982) realizó un estudio con híbridos de cruzas simples, triples y dobles bajo condiciones de riego, observando que la heterosis fue mayor para rendimiento y componentes de rendimiento, altura de planta, altura de mazorca y longitud del período de crecimiento. Concluyendo que bajo

condiciones de riego generalmente los híbridos de una crusa simple obtienen los más altos rendimientos pero son menos adaptables que algunos híbridos - de cruzas triples y dobles.

Predicción de cruzas dobles y triples.

La acumulación de genes favorables en poblaciones mejoradas es de gran importancia en cualquier programa de mejoramiento genético, ya que de esta manera es posible obtener líneas sobresalientes que permita predecir resultados siguiendo cruzas controladas.

En el procedimiento de la selección para desarrollar híbridos de cruzas triples y cruzas dobles es más eficiente predecir medias para obtener - pruebas de cruzas simples y solo los mejores híbridos de cruzas triples y - dobles será evaluados realmente (Sprague, 1977).

Jones (1981) menciona que las cruzas simples son usadas como los progenitores parentales para la producción de híbridos de cruzas dobles. A este procedimiento se le dió importancia en los años 20's, en el estudio de - líneas endogámicas para el desarrollo de híbridos.

La predicción de cruzas dobles formadas en maíz, fue primeramente regportado por Jenkins (1934), el cual usó datos de cruzas simples y presentó - cuatro métodos alternativos de predicción:

- A. La media formada de seis cruzas simples posibles entre un grupo de cualtro líneas endogámicas.
- B. El promedio formado de cuatro cruzas simples no parentales.

- C. El promedio formado de cuatro líneas endogámicas sobre una serie de cru-
zas simples.
- D. El promedio formado de un grupo de cuatro líneas endogámicas, al tiempo
que se prueba por el procedimiento de mestizos.

Los métodos difieren con respecto al tipo de acción génica involucra-
da. Los métodos A, C y D, se encuentran relacionados solamente con la ac-
ción génica aditiva, mientras que el método B, involucra tanto aditiva como
efectos no aditivos (dominancia y varios tipos de epistasis). Fundamentó -
una significativa correlación entre medias observadas y predichas en todos -
los métodos, pero la correlación más grande fue en el método B, que también
es usado para la predicción de cruza triples con la media de las dos cru-
zas simples no parentales.

La eficiencia del método B, fue reportado por varios investigadores
(Doxtator y Johnson, 1936; Anderson, 1938; Hayes Murphy y Rinke, 1943; Ha-
yes, Rinke y Tsiang, 1946). Los cuales presentaron una amplia evidencia de
predicción para la formación de cruza dobles. Citados por Hallauer y Miran-
da (1981).

Para predecir la formación de cruza dobles, Eberhart (1964) propuso
5 fórmulas que son:

$$1. \hat{D}_{ijkl}^{sa} = 1/6 (S_{ij} + S_{ik} + S_{il} + S_{jk} + S_{jl} + S_{kl})$$

$$2. \hat{D}_{ij.kl}^s = \frac{1}{4} (S_{ik} + S_{il} + S_{jk} + S_{jl})$$

$$3. \hat{D}_{ij.kl}^{tij} = \frac{1}{2} (T_{ij.k} + T_{ij.l})$$

$$4. \hat{D}_{ij.kl}^{tkl} = \frac{1}{2} (T_{kl.j} + T_{kl.i})$$

$$5. \hat{D}_{ij.kl}^t = \frac{1}{2} (\hat{D}_{ij.kl}^{tij} + \hat{D}_{ij.kl}^{tkl})$$

Donde las dos primeras fórmulas como procedimiento corresponden a los métodos A y B propuestos por Jenkins (1934); en tanto las otras son basadas en la formación de cruzas triples, y no pueden ser usadas extensamente porque de un grupo fijo de líneas endogámicas, estas son mayormente posibles las cruzas triples que las cruzas simples. Las fórmulas son imparciales para efectos aditivos y efectos dominantes, exceptuando la primera, por lo tanto las fórmulas 2, 3, 4 y 5, pueden ser eficientemente usadas para la predicción de cruzas dobles, cuando efectos epistáticos son considerados insignificantes. Sin embargo, cuando efectos epistáticos del tipo dominante son de mayor importancia a otros tipos de epistasis, propone predecir cruzas dobles mediante la relación lineal:

$$\begin{aligned} \hat{D}_{12.34}^{t-s} &= 2 \hat{D}_{12.34}^t - \hat{D}_{12.34}^{sb} \\ &= \frac{1}{2} (T_{12.3} + T_{12.4} + T_{34.1} + T_{34.2}) - \frac{1}{4} (S_{13} + S_{14} + S_{23} + S_{24}) \end{aligned}$$

Eberhart et al. (1964) comparó valores predichos de cruzas dobles en maíz para varios predictores, basándose en la media de los rendimientos de todas las cruzas simples y triples posibles de 6 líneas endogámicas. Observó valores no aprovechables por comparación, concluyendo que las diferencias en valores de predicción no fue significativa entre los métodos. De cualquier modo, la interacción genotipo-ambiente y la porción del error experimental afecta mucho la exactitud de las fórmulas de predicción para una mayor extensión de la epistasis, prefiriendo un adecuado número de repeticiones y ambientes para la obtención de medias de cruzas simples y cruza-triples.

Cockerham (1967) presentó una ecuación general que acepta una estimación de las condiciones experimentales y genéticas en la predicción de híbridos de cruza dobles, usando para ello datos de híbridos de cruza simples. Al comparar las eficiencias de la teoría del predictor óptimo con el método A y B de Jenkins para varias proporciones de aditiva, dominancia y varianza del error (asumiendo epistasis significativa), el encuentro de las diferencias en eficiencia entre ellas fue menor, sin embargo, el predictor óptimo fue generalmente más eficiente.

Hallauer (1967) desarrolló un procedimiento para híbridos de cruza simples en poblaciones de maíz de dos mazorcas, donde la selección entre genotipos de plantas individuales fue continua hasta que las plantas fueron relativamente homocigotas, al mismo tiempo que un grupo de híbridos de cruza simples seleccionados fueron probados en cada una de la endogamia proporcionada; éste procedimiento es designado como máxima selección para efectos genéticos no aditivos. La intensidad de selección de aproximadamente 35% fue usada en cada generación donde los seis híbridos comunes comprobaron que la selección fue efectiva en la primera generación.

Eberhart y Hallauer (1968) efectuaron un estudio en cuatro localidades de Iowa (EUA), utilizando híbridos de cruza simples, triples y dobles, en la cual se obtuvo baja correlación entre predicciones y observaciones. Lo anterior manifiesta que la interacción genotipo-ambiente es el factor más importante para obtener predicciones confiables; aunque los efectos epistáticos estudiados se presentaron, no existió evidencia en las fórmulas estándar de predicción de híbridos.

Weatherspoon (1970) realizó una evaluación para rendimiento de gra-

no en dos localidades en E.U.A., donde comparó un grupo balanceado de 36 cruza - simples, 36 cruza triples y 36 cruza dobles, relacionándolas con nueve líneas endogámicas de maíz (Zea Mays L.). El rendimiento promedio de cruza simples fue de 3.1 q/ha mayor que la cruza triple, y el promedio de cruza triples fue de 1.7 q/ha mayor que el de cruza dobles; el rango en rendimiento para cruza simples fue de 12.7 q/ha más que para cruza tri - ples y 24.2 q/ha mayor que para cruza dobles.

Otsuka et al. (1972) predijeron híbridos de cruza triples y dobles en maíz (Zea mays L.) con varias fórmulas, involucrando además funciones li - neales con estimaciones de efectos general y específico para un dialélico - de cruza simples. La eficiencia de estas predicciones se compararon con la correlación de lo observado y medias predichas, usando el criterio de compa - ración (aumento óptima de peso). La fórmula de predicción con medias de cru - zas simples no parentales (método B de Jenkis), fue estrechamente eficiente con el criterio de comparación.

Lynch et al. (1973) determinaron los rendimientos de los híbridos de cruza simples, triples y dobles de maíz (Zea mayz L.) Los rendimientos ob - tenidos de los híbridos en cruza simples fue de 3.8 q/ha más que las cru - zas triples y 63.3 q/ha mayor que las cruza dobles; por lo tanto, concluye - ron que el rendimiento superior de las cruza simples fue aparente tanto en áreas como en años.

Suwantaradon y Eberhart (1974) desarrollaron un ensayo en cuatro lo - calidades de Iowa (EUA), utilizando un grupo de 49 híbridos de las mejores 7 líneas seleccionadas de (Zea mays L.) de cada una de las poblaciones -- BSK(S)C₅ y BSS (R)C₅, comparándolas tanto con las cruza varietales híbri -

das del origen de las poblaciones, como también con los mejores híbridos de cruza simples. Obteniendo que la media del rendimiento de todos los híbridos fue estadísticamente mayor que la media del rendimiento de los híbridos de cruza varietales; sin embargo, nueve híbridos fueron significativamente superiores en rendimiento que las cruza varietales; finalmente concluyeron que el mejor híbrido que se produjo fue la cruza varietal en un 18%.

Varela (1978) efectuó un trabajo de investigación en dos localidades del Bajío Mexicano, donde estudió el comportamiento de 13 cruza triples - formadas en el Bajío (SSE), con líneas formadas en el Trópico Húmedo, siendo comparadas con los testigos (AN-360 y AN-363). Se observó que los cruzamientos (Bajío x Trópico Húmedo) superaron en un amplio rango a los testigos (Bajío x Bajío), por lo que concluyó que es recomendable buscar otras combinaciones con la finalidad de un mejor aprovechamiento de la heterosis que se obtiene al cruzar materiales de diverso origen.

Rodríguez (1979) utilizando 8 líneas S_4 , comparó rendimientos predichos y observados tanto de cruza dobles como de cruza triples de maíz superenano en 3 localidades del Bajío Mexicano. Los resultados obtenidos indicaron que no existe correlación entre los valores predichos y los reales, el cual se debe al efecto de la interacción genotipo-ambiente.

Los actuales rendimientos obtenidos de híbridos triples en maíz -- (A x B x C) se basaron en los cálculos de los rendimientos teóricos, utilizando una fórmula que se basa en los rendimientos de híbridos simples de una cruza dialélica de nueve líneas. Concluyendo que el coeficiente de correlación entre rendimientos teóricos y actuales fue de 0.92 (Benko, 1980).

MATERIALES Y METODOS

Materiales.

El material genético para el desarrollo del presente estudio, consistió en 10 líneas enanas y 10 líneas normales (Mexicanas y Salvadoreñas) endocriadas a niveles de S_2 a S_4 y que son las siguientes:

Líneas Enanas

Líneas Normales

Tuxpeño Enano 91I

Trop. 11I

" " 22I

" 85-6-4-1

" " 156-1-1

" 76-1-5-30 y 32

" " 41-1-1

" 17-1-2-5 y 6

" " 127-2-1

" 148-1-3

" " 71I

" 4I

" " 40-1-1

E.S. 11

" " 2-1-1

" 6

" " 21I

" 3

" " 22-8

" 2

Las líneas Tuxpeñas (T.E.) fueron obtenidas de la población Tuxpeño x Enano $br_2 br_2$ (Guijosa, 1976). Las líneas normales tropicales (Trop.) fueron derivadas de la cruce Tuxpeño x Antigua Gpo. 2 y las líneas Salvadoreñas (E.S.) a su vez se derivaron de la variedad de polinización libre "La Posta" (Hernández, 1975).

Estas líneas fueron seleccionadas por su Aptitud Combinatoria General, así como por sus buenas características agronómicas (Hernández, 1975 y Guijosa, 1976).

Métodos.

Estas líneas fueron evaluadas en cruzas simples (Normal x Enanas) en dos localidades: Cardel y San Rafael, Ver., durante el ciclo 80A; se incluyeron además 3 testigos (Cuadro 1). Las evaluaciones en ambas localidades, mostraron muy buenos resultados en cuanto a rendimiento y características agronómicas deseables y en base a ello fueron predichas las mejores cruzas triples y cruzas dobles por el método "B" de Jenkins (1934), así como también, cruzas dobles con la fórmula "6" de Eberhart (1964), Cuadros 2 y 3.

En Tepalcingo, Mor., en 1981 se formaron las cruzas triples y dobles predichas, sembrándose en forma apareada las líneas con las cruzas simples, de las cuales se obtuvieron 44 cruzas triples y 20 dobles. Este material más 17 testigos dan un total de 81 tratamientos, que se incluyeron en un diseño experimental de látice simple (9 x 9) con dos repeticiones para cada localidad (Iguala, Gro., U. Galván, Ver. y Río Bravo, Tamps.). La parcela que se utilizó fue de 3 surcos de 5 m de largo y 90 cm de ancho con una distancia entre plantas de 22 cm.

La preparación del terreno en las localidades, fue de la manera acostumbrada por el agricultor, es decir, barbecho, rastreo y surcado. Las siembras se llevaron a cabo en seco, depositando dos semillas por golpe, para aclarar posteriormente a una planta por mata. Las fechas de siembra fueron las siguientes:

Iguala, Gro., 19 de enero de 1982A

U. Galván, Ver., 23 de enero de 1982A

Río Bravo, Tamps., 12 de marzo de 1982A

Cuadro 1. Evaluación de cruza simples (normal x enano) de líneas tropicales en las localidades de Cardel y San Rafael Ver., Ciclo 80A.

Cardel, Ver.

71I 91I 21I 22I 2-1-1 40-1-1 41-1-1 127-2-1 156-1-1 22-8

Trop. 17-1-2-5 y 6	X		X	X					
Trop. 76-1-5-30 y 32	X				X	X			
Trop. 85-6-4-1	X	X		X		X	X	X	
Trop. 148-1-3	X	X	X	X		X	X	X	X
Trop. 4I	X	X	X			X	X	X	X
Trop. 11I	X		X	X					
E.S. 2		X			X				X
E.S. 3			X	X					
E.S. 6	X	X	X	X		X	X	X	X
E.S. 11	X	X							

H-503

H-507

VS-524

San Rafael, Ver.

71I 91I 21I 22I 2-1-1 40-1-1 41-1-1 127-2-1 156-1-1 22-8

Trop. 17-1-2-5 y 6	X		X	X					
Trop. 76-1-5-30 y 32	X				X	X			
Trop. 85-6-4-1	X	X	X	X		X	X	X	
Trop. 148-1-3	X	X	X	X		X	X	X	X
Trop. 4I	X	X	X			X	X	X	X
Trop. 11I	X		X	X					
E.S. 2		X			X				
E.S. 3			X	X					
E.S. 6	X	X	X	X		X	X	X	X
E.S. 11		X				X	X	X	X

H-503

H-507

VS-524

Cuadro 2. Los mejores rendimientos (ton/ha) de cruzas triples predichas por el método "B" de Jenkins (1934).

	ton/ha		ton/ha
(T.E.91IXT.E.156-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 10,266	(T.E.21IXT.E.22I)XE.S.11	= 9,348
(T.E.91IXT.E.22I)XTrop.85-6-4-1	= 10,166	(T.E.91IXT.E.156-1-1)XE.S.6	= 9,323
(T.E.91IXT.E.127-2-1)XTrop.85-6-4-1	= 10,104	(T.E.41-1-1XT.E.127-2-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,297
(T.E.91IXT.E.22I)XE.S.6	= 10,074	(T.E.22IXT.E.127-2-1)XE.S.6	= 9,294
(T.E.91IXT.E.21I)XTrop.85-6-4-1	= 10,022	(T.E.91IXT.E.156-1-1)XE.S.11	= 9,271
(T.E.91IXT.E.41-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,938		
(T.E.71IXT.E.22I)XE.S.11	= 9,865		
(T.E.22IXT.E.156-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,687		
(T.E.127-2-1XT.E.156-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,625		
(T.E.71IXT.E.22I)XE.S.6	= 9,595		
(T.E.21IXT.E.156-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,543		
(T.E.22IXT.E.127-2-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,525		
(T.E.22IXT.E.156-1-1)XE.S.6	= 9,473		
(T.E.91IXT.E.41-1-1)XE.S.11	= 9,464		
(T.E.41-1-1XT.E.156-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,459		
(T.E.71IXT.E.91I)XTrop.85-6-4-1	= 9,450		
(T.E.71IXT.E.91I)XE.S.6	= 9,445		
(T.E.21IXT.E.22I)XTrop.85-6-4-1	= 9,443		
(T.E.21IXT.E.127-2-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,381		
(T.E.22IXT.E.41-1-1)XTrop.85-6-4-1	= 9,359		

Cuadro 3. Los mejores rendimientos (ton/ha) de cruzas dobles predichas por el método "B" de Jenkins (1934)* y por la fórmula "6" de Eberhart (1964)**.

*	ton/ha	**	ton/ha
(T.E.221XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 10,120	$\frac{1}{2}(10,074+10,166+9,906+10,335) - \frac{1}{2}(10,224+9,588+9,925+10,745)$	= 10,120
(T.E.156-1-1XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,795	$\frac{1}{2}(9,323+10,266+9,254+10,335) - \frac{1}{2}(8,722+9,787+9,925+10,745)$	= 9,795
(T.E.156-1-1XT.E.911)x(E.S. 11XTrop.85-6-4-1)	= 9,768	$\frac{1}{2}(9,271+10,266+9,323+10,213) - \frac{1}{2}(8,860+9,787+9,682+10,745)$	= 9,768
(T.E.911XT.E.41-1-1)x(E.S. 11XTrop.85-6-4-1)	= 9,701	$\frac{1}{2}(9,464+9,938+10,213+9,189) - \frac{1}{2}(9,682+10,745+9,247+9,131)$	= 9,701
(T.E.127-2-1XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,624	$\frac{1}{2}(9,144+10,104+8,913+10,335) - \frac{1}{2}(8,364+9,463+9,925+10,745)$	= 9,624
(T.E.221XT.E.156-1-1)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,580	$\frac{1}{2}(9,473+9,687+9,906+9,354) - \frac{1}{2}(10,224+9,588+8,722+9,787)$	= 9,580
(T.E.211XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,469	$\frac{1}{2}(8,916+10,022+8,603+10,335) - \frac{1}{2}(7,908+9,299+9,925+10,745)$	= 9,469
(T.E.711XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,448	$\frac{1}{2}(9,445+9,450+8,560+10,335) - \frac{1}{2}(8,966+8,155+9,925+10,745)$	= 9,448
(T.E.127-2-1XT.E.221)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,409	$\frac{1}{2}(9,294+9,525+8,913+9,906) - \frac{1}{2}(8,364+9,463+10,224+9,588)$	= 9,409
(T.E.911XT.E.221)xTrop.148-1-3XTrop.85-6-4-1)	= 9,407	$\frac{1}{2}(8,648+10,166+9,749+9,066) - \frac{1}{2}(8,753+10,745+8,544+9,588)$	= 9,407
(T.E.127-2-1XT.E.911)x(E.S. 11XTrop.85-6-4-1)	= 9,397	$\frac{1}{2}(8,690+10,104+8,590+10,213) - \frac{1}{2}(7,598+9,463+9,682+10,745)$	= 9,397
(T.E.911XT.E.41-1-1)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,394	$\frac{1}{2}(8,850+9,938+10,335+8,453) - \frac{1}{2}(9,925+10,745+7,775+9,131)$	= 9,394
(T.E.156-1-1XT.E.911)x(Trop.148-1-3XTrop.85-6-4-1)	= 9,325	$\frac{1}{2}(8,385+10,266+8,902+9,747) - \frac{1}{2}(8,017+9,787+8,753+10,745)$	= 9,325
(T.E.156-1-1XT.E.911)x(E.S. 6XE.S.11)	= 9,297	$\frac{1}{2}(9,323+9,271+8,791+9,803) - \frac{1}{2}(8,722+8,860+9,925+9,682)$	= 9,297
(T.E.156-1-1XT.E.41-1-1)x(E.S. 11XTrop.85-6-4-1)	= 9,256	$\frac{1}{2}(9,053+9,459+9,323+9,189) - \frac{1}{2}(8,860+9,787+9,247+9,131)$	= 9,256
(T.E.221XT.E.211)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,255	$\frac{1}{2}(9,066+9,443+9,906+8,603) - \frac{1}{2}(10,224+9,588+7,908+9,299)$	= 9,255
(T.E.711XT.E.221)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,233	$\frac{1}{2}(9,595+8,871+8,560+9,906) - \frac{1}{2}(8,966+8,155+10,224+9,588)$	= 9,233
(Trop.111XE.S. 6)x(T.E.221XT.E.211)	= 9,207	$\frac{1}{2}(9,348+9,066+10,208+8,206) - \frac{1}{2}(10,192+8,504+10,224+7,908)$	= 9,207
(T.E.221XT.E.41-1-1)x(E.S. 6XTrop.85-6-4-1)	= 9,179	$\frac{1}{2}(8,994+9,359+9,906+8,453) - \frac{1}{2}(10,224+9,588+7,775+9,131)$	= 9,179
(T.E.156-1-1XT.E.911)x(E.S. 6XTrop.148-1-3)	= 8,854	$\frac{1}{2}(9,323+8,385+8,369+9,339) - \frac{1}{2}(8,722+8,017+9,925+8,753)$	= 8,854

Los experimentos fueron conducidos bajo condiciones de riego, los cuales fueron aplicados en las etapas requeridas para un buen desarrollo del cultivo.

La fertilización se efectuó con diferentes fórmulas en dos fases de desarrollo del cultivo. La primera aplicación se hizo antes de la siembra, utilizando la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio. La segunda aplicación se llevó a cabo en la primera labor cultura, aplicándose el resto del nitrógeno. Las fórmulas usadas fueron:

Iguala, Gro.	100-80-20
U. Galván, Ver.	200-60-00
Río Bravo, Tamps.	200-80-00

Durante el desarrollo del cultivo fue necesario realizar dos labores culturales en el tiempo requerido para mantenerlos libres de malas hierbas, así como también el control de plagas fue llevado a cabo a su debido tiempo, aplicando productos químicos agrícolas específicos.

Para la toma de datos, se tomó como parcela experimental el surco central y como bordos los surcos laterales y la primera y la última mata de la parcela útil; tomándose las siguientes características agronómicas las que se consideraron:

Días a floración. Se tomó por separado para flores masculinas y femeninas, cuando el 50% de las plantas se encontraban soltando polen más de la tercera parte de la espiga y presentaban estigmas receptivos de \pm 5 cm de largo respectivamente.

Altura de mazorca. Esta fue tomada antes de la cosecha, midiendo 10 plantas

al azar por parcela de la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal, obteniéndose el promedio de altura de las plantas medidas.

Altura de planta. Tomándose la media de 10 plantas medidas al azar de la superficie del suelo a las lígulas de la hoja bandera.

Porcentaje de acame de raíz (1). Esta estimación se hizo considerando acamadas todas aquellas plantas que tuvieron una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la vertical, entre el total de plantas.

Porcentaje de acame de tallo (1). Se consideró acamada toda aquella planta que presentaba quebramiento en el tallo abajo de la mazorca principal, entre el total de plantas (aparte del acame de raíz).

Mala cobertura de mazorca (1). Se contó el número de plantas que presentaban esta característica indeseable y posteriormente se procedió a convertir en porcentaje.

Número de plantas. Se tomó con la finalidad de conocer la población real por parcela útil sin considerar la primera ni la última mata de cada surco.

Mazorcas podridas (1). Una vez cosechadas y obteniendo el número total de mazorcas por parcela se contaron todas aquellas mazorcas podridas que presentaban más del 10% de granos afectados, para transformarse a porcentaje y así determinar el grado de sanidad de los materiales evaluados.

Peso de campo. Con este dato se obtuvo el rendimiento por parcela útil experimental.

(1) Los datos para realizar el análisis estadístico fue necesario transformarlos a ARC SEN; utilizando la siguiente fórmula: $\text{ARC SEN } \sqrt{\frac{X}{100} + 0.05}$

En cada parcela se tomó una muestra de grano representativa, con el objeto de determinar por ciento de humedad en un aparato específico para dicho fin y de esta manera estandarizar en un 15.5% de humedad al material en estudio.

En virtud de que se presentó un cierto número de fallas, se realizó un análisis de covarianza para peso seco determinando el coeficiente de regresión para ajustar el rendimiento de mazorca en ton/ha al 15.5% de humedad, de acuerdo al número de plantas cosechadas, siendo su modelo estadístico el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + r_j + b (X_{ij} - \bar{X} \dots) + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento observado

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

r_j = Efecto de la j-ésima repetición

b = Coeficiente de regresión de y en x

X_{ij} = Número de plantas (covariables) del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

$\bar{X} \dots$ = Media general del número de plantas en el experimento

E_{ij} = Efecto del error experimental

Análisis estadístico.

Las mejores 64 cruzas dobles y triples fueron evaluadas en tres localidades (Río Bravo, Tamps., U. Galván e Iguala, Gro.), utilizándose un dise-

ño experimental látice (9 x 9) con dos repeticiones en base al modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + R_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque incompleto en la k -ésima repetición.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento, $i = 1, 2, \dots, t$

B_j = Efecto del j -ésimo bloque incompleto, $j = 1, 2, \dots, b$

R_k = Efecto de la k -ésima repetición, $k = 1, 2, \dots, r$

E_{ijk} = Error experimental donde todos los efectos se consideran aleatorios excepto la media y,

$$V_i \sim \text{DNI} (0, \delta_r^2)$$

$$e_{ijk} \sim \text{DNI} (0, \delta_e^2)$$

El análisis de varianza para este modelo se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Componentes del análisis de varianza para cada localidad.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanza de Cuadrados medios
Repeticiones	$r-1$		
Tratamientos	$t-1$	M_2	$\delta_e^2 + r\delta_t^2$
Error	$(r-1)(t-1)$	M_1	δ_e^2
Total	$rt-1$		

Para el cálculo de los parámetros genéticos en cada ambiente, se usaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Varianza genética} = \delta^2_g = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$\text{Varianza fenotípica} = \delta^2_{ph} = \frac{\delta^2_e}{r} + \delta^2_g$$

$$\text{Heredabilidad en sentido amplio} = H^2 = \frac{\delta^2_g}{\delta^2_{ph}} \times 100$$

Donde:

M_2 = Cuadrado medio del carácter en cuestión

M_1 = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

Análisis de varianza combinado.

El análisis de varianza combinado fue realizado a partir de los análisis por ambiente, para detectar la estabilidad de los genotipos, estimar la diferencia de ambientes y la interacción de los genotipos con estos ambientes; el análisis se realizó en base al modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_k + R_j/A_k + (TA)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo ambiente

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

A_k = Efecto del k -ésimo ambiente

R_j/A_k = Efecto de la j -ésima repetición anidado en el k -ésimo ambiente.

$(TA)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo tratamiento y k -ésimo ambiente.

E_{ijk} = Efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

$k = 1, 2, \dots, a$ (ambientes)

Donde todos los efectos se consideran aleatorios excepto la media y,

$$T_i \sim \text{DNI} (0, \delta_t^2)$$

$$E_{ijk} \sim \text{DNI} (0, \delta_e^2)$$

La estimación de los parámetros genéticos en el análisis combinado se realizó con las siguientes fórmulas:

$$\text{Varianza genética} = \delta_g^2 = \frac{M_3 - M_2}{ar}$$

$$\text{Varianza genético ambiental} = \delta_{ge}^2 = \frac{M_2 - M_1}{a}$$

$$\text{Varianza fenotípica} = \delta_{ph}^2 = \frac{\delta_e^2}{ar} + \frac{\delta_{ge}^2}{a} + \delta_g^2$$

$$\text{Heredabilidad en sentido amplio} = H^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_{ph}^2} \times 100$$

Donde:

δ_e^2 = Varianza del error = cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

t = Número de ambientes

La forma del análisis de varianza combinado dado para un carácter, - se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado de las tres localidades.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Esperanza de Cuadrados medios
Ambientes	a-1		
Rep. x amb.	(r-1)a		
Tratamiento	(t-1)	M ₃	$\delta_e^2 + r\delta_{ta}^2 + ra\delta_t^2$
Trat. x amb.	(t-1)(a-1)	M ₂	$\delta_e^2 + r\delta_{ta}^2$
Error	(r-1)(t-1)a	M ₁	δ_e^2
Total	art-1		

Correlaciones fenotípicas.

Las correlaciones fenotípicas fueron determinadas por medio de los - componentes de varianza y covarianza, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\gamma_{pxiyj} = \frac{\delta_{pxiyj}}{\sqrt{\delta_{pxi}^2 \delta_{pyj}^2}}$$

Donde:

γ_{pxiyj} = Coeficiente de correlación fenotípica entre la i-ésima característica y rendimiento.

δ_{pxiyj} = Covarianza fenotípica entre la i-ésima característica y rendimiento.

δ_{pxi}^2 = Varianza fenotípica de la i-ésima característica.

δ_{pyj}^2 = Varianza fenotípica de rendimiento.

Las correlaciones fenotípicas para el análisis de varianza combinado fueron realizadas en forma similar a las descritas anteriormente (análisis de varianza por localidad), siendo diferentes algunas fuentes de variación y coeficientes.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los cuadrados medios para la localidad Iguala, Gro., se presentan en el Cuadro 6. Para la fuente de variación repeticiones, en las variables días a flor femenina, acama de raíz, mala cobertura, número de mazorcas x 100 plantas y rendimiento se encuentran diferencias significativas al 1% de probabilidad y solamente acame de tallo al 5%, para las otras tres características no presentaron significancia siendo su comportamiento más uniforme, esto demuestra que en esta localidad las repeticiones fueron sembradas en un suelo bastante heterogéneo y las presiones microambientales aportan los resultados para las diferencias altamente significativas y significativas para los caracteres anteriormente citados. Para la fuente de variación bloques incompletos la variable altura de mazorca presentó diferencias significativas al 1% de probabilidad, para días a flor masculina y rendimiento al 5%, las demás características no presentaron diferencias significativas, aunque la formación de los grupos se ejecutó al azar se demuestra que algunos grupos fueron constituidos por individuos que se significan de los demás para las tres características ya citadas. Para la fuente genotipos las características días a flor masculina y femenina, altura de mazorca, acama de raíz y mala cobertura presentaron diferencias significativas al nivel del 1% de probabilidad y el rendimiento al 5%, las demás características no presentaron significancia siendo su comportamiento más uniforme, los valores de significancia estadística entre genotipos demuestra que existe amplia variabilidad entre los mismos genotipos, lo que favorece la selección entre ellos para las características más importantes como por ejemplo el rendimiento. Los coeficientes de variación para días a floración masculina tuvo un valor de 1.63%,

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para diez características de maíz para la localidad de Iguala, Gro.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz (1)	Acame de tallo (1)	Mazorcas podridas (1)	Mala cobertura (1)	No.de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha 15.5%
Reps.	1	5.191NS	48.895**	28129.3NS	179.236NS	2296.91**	19.358*	27.710NS	1643.56**	1714.38**	29.587**
Bloq. incomp.	16	2.768*	4.534NS	25461.9NS	282.710**	172.559NS	5.816NS	36.647NS	48.00NS	222.668NS	1.988*
Vars.	80	9.196**	17.946**	26162.9NS	654.977**	384.347**	3.196NS	68.096NS	88.916**	158.213NS	1.891*
Error	64	1.485	2.985	24775.7	105.741	108.065	4.212	49.819	33.429	142.851	1.048
CV(%)		1.63	2.25	69.74	8.29	32.18	18.33	32.53	31.45	13.69	20.43

NS No significancia

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

CV Coeficiente de variación

1/ Datos transformados a ARS $SEN \sqrt{\frac{x}{100} + 0.05}$

días a floración femenina 2.25%, altura de mazorca 8.29%, número de mazorcas x 100 plantas 13.69% y rendimiento 20.43%, lo cual indica que los resultados son confiables, excepto la altura de planta que tiene un coeficiente de variación alto de 69.74%, el que puede deberse a que éste carácter es afectado por las condiciones edáficas y de humedad, y sería recomendable hacer la observación nuevamente, para las características acame de raíz, de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura, los coeficientes de variación variaron entre un rango de 18.33% y 32.53%, lo cual indica que éstos altos valores pueden tomarse con cierta reserva de aceptación.

Para la localidad de Ursulo Galván, Ver., los cuadrados medios se presentan en el Cuadro 7. Para la fuente de variación repeticiones, las variables días a flor masculina y altura de planta presentaron significancia al nivel del 1% de probabilidad y el rendimiento al 5%, estas características están controladas por genes cuantitativos con gran influencia ambiental, aunque otras características no presentaron lo mismo, se puede considerar que son efectos microambientales y en el rendimiento es donde más se expresa la interacción de todos los efectos. Para la fuente bloques incompletos solamente altura de planta y de mazorca presentaron diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1%. Para la fuente genotipos las características días a flor masculina y femenina, altura de planta y mazorca, mazorcas podridas y mala cobertura presentaron diferencias altamente significativas (1%) mostrando gran variabilidad para estas características entre los genotipos, no presentando diferencias significativas para acame de raíz, de tallo, número de mazorcas x 100 plantas y rendimiento, indicando éstos resultados que los híbridos estudiados presentaron comportamiento diferente para dichas características en esta localidad. Los coeficientes de variabilidad obteni-

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para diez características de maíz para la localidad de U. Galván, Ver.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz (1)	Acame de tallo (1)	Mazorcas podridas (1)	Mala cobertura (1)	No.de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha 15.5%
Reps.	1	25.248**	2.722NS	2648.302**	74.691NS	2.988NS	30.247NS	70.673NS	158.025NS	26.080NS	7.414*
Bloq. incomp.	16	4.138NS	2.139NS	355.754**	314.879**	148.196NS	27.157NS	33.124NS	141.719NS	316.671NS	1.556NS
Vars.	80	5.360**	4.432**	812.097**	926.434**	215.420NS	55.606NS	87.176**	460.760**	324.697NS	1.769NS
Error	64	2.899	2.509	82.361	68.769	179.326	55.660	34.513	101.835	621.433	1.287
CV(%)		2.39	2.15	3.99	5.51	47.30	42.44	26.42	32.87	15.27	16.43

NS No significancia

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

CV Coeficiente de variación

1/ Datos transformados a ARS $SEN \sqrt{\frac{X}{100} + 0.05}$

dos de los análisis de varianza para las características días a flor masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de mazorcas x 100 plantas y rendimiento, variaron entre 2.15% y 16.49% por lo que se puede considerar aceptables, para las características acame de raíz, de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura los coeficientes de variación variaron entre 26.42% y 47.30%, lo cual indica que éstos valores pueden deberse a los efectos directos de los resultados de las transformaciones por ARC SEN de los diferentes valores de las mismas características, ya que los datos fueron transformados correctamente.

En el Cuadro 8, se presentan los cuadrados medios para la localidad de Río Bravo, Tamps., donde la fuente repeticiones la variable rendimiento detectó diferencias altamente significativas (1%), las demás características no presentaron significancia siendo su comportamiento más uniforme. Para la fuente bloques invompletos solamente la variable altura de mazorca presentó significancia al nivel de probabilidad del 1%, para la variable acame de tallo y rendimiento al 5%, las demás características no presentaron significancia siendo su comportamiento más estable. Para la fuente genotipos las características días a flor masculina, altura de mazorca, acame de raíz, mazorcas podridas y rendimiento exhiben diferencias altamente significativas (1%), las demás características no presentaron significancia siendo su comportamiento más uniforme, los valores altamente significativos demuestran que hay amplia variabilidad entre los genotipos, lo cual favorece a la selección de individuos altamente rendidores. Los coeficientes de variabilidad obtenidos de los análisis de varianza de las características días a flor masculina, altura de mazorca, número de mazorcas x 100 plantas y rendimiento, variaron entre 1.79% y 13.86%, lo cual nos indica que los resultados son confiables, pa

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para ocho características de maíz para la localidad de Río Bravo, Tamps.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a flor	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz (1)	Acame de tallo (1)	Mazorcas podridas (1)	Mala cobertura (1)	No. de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha 15.5%
Repeticiones	1	2.988NS	0.500NS	164.006NS	8.914NS	102.722NS	256.889NS	2.228NS	3.551**
Bloq. incomp.	16	3.029NS	115.715**	183.353NS	84.976*	92.271NS	225.861NS	143.235NS	0.755*
Variedades	80	8.814**	461.238**	329.206**	53.955NS	106.539**	196.425NS	149.540NS	0.943**
Error	64	1.852	27.556	140.763	44.851	60.355	165.036	127.742	0.365
CV(%)		1.79	4.70	44.45	39.26	25.26	36.85	11.78	13.86

NS No significancia

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

CV Coeficiente de variación

1/ Datos transformados a ARS SEN

$$\sqrt{\frac{x}{100} + 0.05}$$

ra las características acame de raíz y de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura, los coeficientes de variación variaron entre 25.26% y 44.45%, lo cual indica que estos valores puedan deberse a los efectos directos de las transformaciones de los diferentes valores por ARC SEN.

En los Cuadros 6, 7 y 8 se pueden observar que para la fuente de variación genotipos las variables días a flor masculina y femenina exhiben diferencias altamente significativas (1%), lo cual es de esperar, dado que se tienen diferentes ambientes que permiten un rango mayor en lo que respecta a floración, para la variable rendimiento en la localidad de Ursulo Galván, Ver., (Cuadro 7) no existió respuesta significativa, lo que se debe a que los rendimientos presentaron una magnitud similar. Sin embargo, esta variable en las localidades Iguala, Gro. y Río Bravo, Tamps., (Cuadro 6 y 8 respectivamente) si mostraron diferencias significativas al nivel de probabilidad del 5% y 1% respectivamente, por lo que se muestra que los genotipos tuvieron presiones ambientales más heterogéneas debido a las condiciones edáficas y de humedad que permitieron que los mejores expresaran fenotípicamente sus verdaderos valores genotípicos lo que es muy importante para los valores de las varianzas fenotípicas entre genotipos para obtener una mejor estimación de ganancia genética.

Las tres localidades se mostraron dentro de los límites normales de tolerancia y constituyen una demostración de que tanto los diseños usados como la conducción de los experimentos fueron los adecuados para este estudio.

En el análisis de varianza combinado (Cuadro 9) que proporciona una mejor confiabilidad y estimación, se observa que la fuente ambiental para todas las variables presentan diferencias altamente significativas (1%), corre

Cuadro 9. Análisis de varianza combinado para ocho características de maíz evaluados en tres localidades.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Días a flor ♂	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz (1)	Acame de tallo (1)	Mazorcas podridas (1)	Mala cobertura (1)	No. de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha 15.5%
Ambientes	2	1098.06**	63267.69**	1261.63**	1960.94**	4148.80**	11940.57**	15060.35**	275.93**
Reps./ambos.	3	11.40**	83.10NS	861.35**	45.91NS	80.22NS	692.43**	576.06**	13.58**
Tratamientos	80	17.75**	1777.95**	551.44**	44.11NS	156.70**	473.00**	226.49NS	1.34NS
Trats.x ambos.	160	2.86NS	131.00*	187.24NS	31.43NS	51.97NS	135.08*	175.11NS	1.48**
Error	240	2.33	101.78	150.70	35.14	49.69	107.88	186.67	1.00
CV(%)		2.06	7.84	42.13	38.85	28.34	37.08	14.15	18.48

NS No significancia

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

CV Coeficiente de variación

1/ Datos transformados a ARS $SEN \sqrt{\frac{x}{100} + 0.05}$

borando lo que se menciona anteriormente, es decir, que se explica debido a que los ambientes presentan diferente respuesta en cuanto a variables se refiere. Para la fuente repeticiones dentro de ambientes las características días a flor masculina, acame de raíz, mala cobertura y rendimiento presentaron diferencias significativas al nivel de probabilidad del 1% y número de mazorcas x 100 plantas al 5%, por lo que se argumenta que existe efecto en el número de repeticiones para diferentes ambientes, y para las características que no exhibieron significancia, implica que es igual cualquiera de los dos ambientes. En cambio, en la fuente para tratamientos las variables días a flor masculina, altura de mazorca, acame de raíz, mazorcas podridas y mala cobertura fueron significativos al nivel del 1% de probabilidad, sin embargo, el rendimiento no fue significativo, lo que demuestra que los híbridos en general son bastante similares. Para la fuente interacción tratamientos X ambientes, la variable rendimiento fue altamente significativo (1%), lo que indica que hubo diferencias reales entre genotipos evaluados en las localidades. Los coeficientes de variabilidad para las características días a flor masculina tuvo un valor de 2.06%, altura de mazorca 7.84%, número de mazorcas x 100 plantas 14.15% y rendimiento 18.48%, lo cual nos indica que los resultados son confiables. Concuerda con lo encontrado por Varela (1978) argumentando que al exhibir valores bajos, se debe a que existió una buena conducción del experimento, reduciendo el error experimental. Sin embargo, para las variables acame de raíz tuvo un valor de 42.13%, acame de tallo 38.85%, mazorcas podridas 28.34% y mala cobertura 37.08% son altos comparados con las demás características, esto puede deberse a que se realizaron transformaciones por ARC SEN para ser analizadas estadísticamente, y esto alteró los valores de campo.

Cabe hacer la aclaración que el análisis combinado exhibe solamente ocho variables en estudio, debido a que días a flor femenina así como también altura de planta, solamente fueron tomadas en dos localidades; Iguala, Gro. y Ursulo Galván, Ver., en cambio para la localidad Río Bravo, Tamps., no fueron tomadas.

Los parámetros genéticos calculados para las localidades 1, 2 y 3, se presentan en los Cuadros 10, 11 y 12 respectivamente. En el Cuadro 10 con la información de la localidad número uno, puede observarse que las varianzas genéticas oscilan desde 1.69 para rendimiento en ton/ha hasta 26162.90 para altura de planta y así mismo se observó fluctuación en las varianzas fenotípicas, pero guardando siempre una relación estrecha los valores genotípicos con los fenotípicos para todas las variables, ya que para las características de mayor importancia económica como el número de mazorcas x 100 plantas y el rendimiento en ton/ha mostraron 68.89 y 76.34 de heredabilidad respectivamente mostrando en esta localidad la menor heredabilidad el acame de tallo y la máxima heredabilidad la altura de mazorca, por lo que en este ambiente los genotipos tienen alta expresión y será importante observar las correlaciones de los caracteres para los programas de selección.

En la localidad 2 (Ursulo Galván, Ver.), Cuadro 11, puede observarse que la varianza genotípica varía desde 4.43 para días a floración femenina hasta 926.43 para altura de mazorca. Pero es importante hacer notar que en esta localidad la relación entre la varianza genética y la varianza fenotípica para la mayoría de las características es bastante alta, ya que los valores de heredabilidad fluctúan desde 51.10% para número de mazorcas x 100 plantas a 95.17% para la altura de planta, lo que nos muestra que en esta -

Cuadro 10. Parámetros genéticos de las diez características de maíz en Iguala, Gro.

	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura	No. de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha
δ_g^2	9.20	17.95	26162.90	654.98	384.35	3.20	68.60	88.92	158.21	1.69
δ_{ph}^2	9.94	19.44	38550.40	707.85	438.38	5.30	93.51	105.63	229.64	2.22
$H^2(\%)$	92.52	92.32	67.86	92.53	87.67	60.27	73.36	84.17	68.89	76.34

D.A.A.A.N.

00000

Cuadro 11. Parámetros genéticos de las diez características de maíz en U. Galván, Ver.

	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura	No. de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha
σ^2_g	5.36	4.43	812.10	926.43	215.42	55.61	87.18	460.76	324.70	1.77
σ^2_{ph}	6.81	5.69	853.28	960.81	305.08	83.44	104.43	511.58	635.41	2.41
$H^2(\%)$	78.71	77.93	95.17	91.42	70.61	66.64	83.47	90.94	51.10	71.10

localidad la expresión genotípica es alta a través de los genotipos, por lo que pueden aprovecharse los caracteres correlacionados para hacer selecciones indirectas y aunque el acame de raíz (70.61% de heredabilidad), y el acame de tallo (66.64% de heredabilidad), mazorcas podridas (83.47% de heredabilidad) y mala cobertura (90.04% de heredabilidad), características que pueden considerarse indeseables fueron altos, no tuvieron gran influencia en el rendimiento ya que éste presentó un porcentaje de 73.32% de heredabilidad y esto puede explicarse nada más por las altas heredabilidades de las características deseables (altura de planta, altura de mazorca y número de mazorcas x 100 plantas), correlacionadas positivamente con el mismo rendimiento.

En la localidad 3 (Río Bravo, Tamps.), Cuadro 12 se encontró que las varianzas genéticas tuvieron un rango desde 0.84 (rendimiento ton/ha) hasta 461.24 (altura de mazorca), existiendo la misma tendencia que en las otras localidades con respecto a las varianzas fenotípicas y las heredabilidades fueron dentro de un rango de 97.09% (para altura de planta) hasta 68.19% (rendimiento), siendo esta localidad la que mostró menos heredabilidad para rendimiento, ya que las localidades 1 y 2 prácticamente mostraron casi el mismo porcentaje de heredabilidad, la localidad 1 con 76.34 y la localidad 2 con 73.32%, pero sorprendentemente la localidad 3 mostró 70.07 de heredabilidad para número de mazorcas x 100 plantas y las localidades 1 (Iguala, Gro.) y 2 (Ursulo Galván, Ver.) mostraron 68.89% y 51.10% respectivamente. Pero el rendimiento puede haberse compensado por el número de mazorcas más constante en la localidad de Río Bravo, Tamps.

Los parámetros genéticos calculados para el análisis combinado Cuadro 13 muestran valores más confiables, ya que se está tomando en cuenta la

Cuadro 12. Parámetros genéticos de las ocho características de maíz en Río Bravo, Tamps.

	Días a flor ♂	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura	No. de mazorcas x 100 plantas	Pendiente ton/ha
σ^2 δ ² _g	8.81	461.24	329.21	53.96	106.36	196.43	149.54	0.36
σ^2 δ ² _{ph}	9.74	475.02	399.59	76.38	136.72	278.94	213.41	1.24
H^2 (%)	90.49	97.09	82.38	70.63	77.92	70.41	70.07	68.19

Cuadro 13. Parámetros genéticos de ocho características de maíz, del análisis combinado de las tres localidades.

	Días a flor δ	Altura de mazorca (cm)	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura	No. de mazorcas x 100 plantas	Rendimiento ton/ha
δ^2_g	17.75	1777.95	551.44	44.11	156.70	473.00	226.49	1.34
δ^2_{ge}	1.91	87.33	124.83	20.95	34.65	90.05	116.74	0.99
δ^2_{ph}	18.77	1824.02	618.17	56.95	176.53	521.00	296.52	1.84
$H^2(\%)$	94.54	97.47	89.20	77.45	88.77	90.78	76.38	73.00

interacción genotipo ambiente como un componente de la varianza genotípica - por lo que establece el comportamiento de los genotipos a través de las presiones ambientales y por consecuencia obteniéndose así valores más reales - con respecto a la heredabilidad de cada una de las características y se puede concluir que aunque las características indeseables tales como acame de raíz, acame de tallo, mazorcas podridas y mala cobertura mostraron 89.20%, 77.45%, 89.20% y 90.78% respectivamente no influyeron en gran medida en las características más deseables, como rendimiento, número de mazorcas x 100 plantas y altura de mazorca que mostraron valores de heredabilidad de 73.0%, 76.38% y 97.47% que definitivamente son valores altos y muy deseables para estas características.

Las estimaciones de las correlaciones fenotípicas se observan en los Cuadros A1, A2 y A3 del Apéndice. Para la localidad de Iguala, Gro. (Cuadro A1 Apéndice), se encontró correlación positiva y altamente significativa del carácter rendimiento con número de mazorcas x 100 plantas ($r = 0.66$), por lo que también esta característica indirectamente puede utilizarse como un camino de selección para el rendimiento, también se encontró una correlación negativa y significativa entre el carácter rendimiento y mazorcas podridas ($r = -0.26$), esto demuestra que a mayor número de mazorcas podridas decrece el rendimiento, por lo anterior, esta característica es indeseable para la selección de genotipos.

Para la localidad de Ursulo Galván, Ver., (Cuadro A2 Apéndice) el carácter rendimiento exhibió correlaciones positivas y altamente significativas con altura de planta ($r = 0.51$), con la altura de mazorca ($r = 0.53$) y correlaciones positivas significativas con días a flor femenina ($r = 0.29$),

con número de mazorcas x 100 plantas ($r = 0.26$) y con acame de raíz - - - ($r = 0.29$), por lo anterior, estas características se pueden usar como un índice de selección indirectamente, para obtener genotipos con alto rendimiento, excepto para las características donde presentaron una correlación negativa y altamente significativa entre el carácter rendimiento con mazorcas podridas ($r = 0.48$) y mala cobertura ($r = -0.33$), lo cual se considera aceptable, ya que las malas características son factores que influyen negativamente para que el rendimiento se vea mermado, las otras variables no presentaron significancia.

Para el ambiente de Río Bravo, Tamps., (Cuadro A3 Apéndice), se encontró correlación positiva y significativa del carácter rendimiento con el número de mazorcas x 100 plantas ($r = 0.31$), resultando lógico debido a que esta característica se considera determinante para una buena respuesta del rendimiento, también se encontró una correlación negativa y altamente significativa entre el carácter rendimiento y los días a flor masculina - - - ($r = -0.38$), esto demuestra que a mayor número de días a floración masculina hay mayor probabilidad de que no coincida con la emergencia de los estigmas originando fallas en la fecundación y como consecuencia un decrecimiento en el rendimiento.

Las correlaciones entre el rendimiento predicho y observado de las cruza dobles y triples, se presentan en el Cuadro 14. Las cruza dobles presentaron una correlación positiva y significativa al nivel de probabilidad del 5% con lo observado en la localidad de Ursulo Galván, Ver., - - - ($r = 0.26$), esto demuestra que los híbridos de cruza dobles se desarrollan mejor en esta localidad de los otros ambientes y se podría recomendar para desarrollar este tipo de híbridos.

Cuadro 14. Correlaciones de los rendimientos predichos y observados de las cruzas dobles y triples en las localidades estudiadas.

Cruzas dobles:

	Rend. observ. Iguala, Gro.	Rend. observado U. Galvan, Ver.	Rend. observac Río Bravo, Tam.
Rendimiento predicho	0.01	0.26*	0.19
Rend. observado en Iguala, Gro.		-0.38**	0.37**
Rend. observado en U. Galvan, Ver.			0.03

Cruzas triples:

	Rend. observ. Iguala, Gro.	Rend. observado U. Galvan, Ver.	Rend. observac Río Bravo, Tam.
Rendimiento predicho	0.29**	-0.05	0.12
Rend. observado en Iguala, Gro.		0.05	0.22*
Rend. observado en U. Galvan, Ver.			-0.07

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

Las cruza triples exhibieron correlaciones del rendimiento predicho positivamente y altamente significativo ($r = 0.29$) con lo observado en la localidad de Iguala, Gro., por lo tanto, puede ser utilizada para seleccionar híbridos de cruza triples altamente rendidores para esa localidad. Esto concuerda con lo concluido por Benko (1980) donde el coeficiente de correlación entre rendimientos teóricos y actuales fue de 0.92 para híbridos triples. El comportamiento de los híbridos de cruza dobles y triples en las localidades en general no hubo correlación entre lo predicho y lo observado, ya que si en alguna localidad se obtiene mayor rendimiento en la otra disminuirá, esto puede deberse a que al tener ambos ambientes diferentes (condiciones edáficas y ecológicas), el comportamiento morfofisiológico de los genotipos es diferente. Esto corrobora con Eberhart et al. (1964) y Rodríguez (1979) donde compararon rendimientos predichos y observados de cruza triples y cruza dobles en maíz, indicando que no existe correlación entre los valores predichos y reales, el cual se debe al efecto de la interacción genotipo-ambiente.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Con el objeto de comparar rendimientos predichos y observados de cru-
zas dobles y triples para desarrollar en un corto plazo híbridos con altos -
rendimientos para el Trópico Húmedo Mexicano, se desarrolló el presente estu-
dio.

El material genético para el desarrollo del presente trabajo con el -
cual se formó un dialélico parcial (normal x enanas) en dos localidades (Car-
del y San Rafael, Ver., ciclo 80A) para estudiar la Aptitud Combinatoria Ge-
neral y Específica y poder predecir las mejores cruzas dobles y triples por
el método "B" de Jenkins (1934) y cruzas dobles con la fórmula "6" de Eber -
hart (1964), consistió de 10 líneas enanas y 10 líneas normales (Mexicanas y
Salvadoreñas), endocriadas a niveles de S₂ a S₄ y que son las siguientes:

Líneas Enanas

Líneas Normales

Tuxpeño Enano 91I

Trop. 11I

" " 22I

" 85-6-4-1

" " 156-1-1

" 76-1-5-30 y 32

" " 41-1-1

" 17-1-2-5 y 6

" " 127-2-1

" 14-1-3

" " 71I

" 4I

" " 40-1-1

E.S. 11

" " 2-1-1

" 6

" " 21I

" 3

" " 22-8

" 2

Se obtuvieron 20 cruzas dobles y 44 cruzas triples predichas, eva -

luándose en un diseño látice simple (9 x 9) con dos repeticiones en tres localidades en el país (Iguala, Gro., U. Galván, Ver., y Río Bravo, Tamps., - Ciclo 82A).

Los análisis de varianza en las tres localidades revelaron que para la fuente de variación genotipos, las variables días a flor masculina y femenina exhiben diferencias altamente significativas, lo cual es de esperar, dado que se tiene diferentes ambientes que permiten un rango mayor en lo que respecta a floración, para la variable rendimiento en la localidad de Ursulo Galván, Ver., no existió respuesta significativa, lo cual se debe a que los rendimientos presentaron una similar magnitud. Sin embargo, esta variable en los ambientes de Iguala, Gro. y Río Bravo, Tamps., sí manifestaron diferencias altamente significativas, por lo que se muestra que los mejores genotipos se expresaron fenotípicamente sus verdaderos valores genotípicos, lo que es muy importante para obtener una mejor estimación de ganancia genética.

El análisis de varianza combinado que proporciona una mejor confiabilidad y estimación, reveló que la fuente de variación genotipos, las variables días a flor masculina, altura de mazorca, acame de raíz, mazorcas podridas y mala cobertura, fueron significantes, en cambio el carácter rendimiento no fue significativo, lo que muestra que los híbridos en general son bastante similares. Los coeficientes de variabilidad para las características días a flor masculina tuvo un valor de 2.06%, altura de mazorca 7.84%, número de mazorcas x 100 plantas 14.15% y rendimiento 18.48%, lo cual nos indica que los resultados son confiables. Sin embargo, para las variables acame de raíz tuvo un valor de 42.13%, acame de tallo 38.85%, mazorcas podridas 28.34% y mala cobertura 42.13% son altos comparados con las demás ca

racterísticas, ésto puede deberse a que se realizaron transformaciones para ser analizadas estadísticamente, y ésto alteró los valores de campo.

La mejor cruza triple y doble observada comparada con lo predicho, correspondió para la localidad de Ursulo Galván, Ver., la cual fue:

	Predicho (ton/ha)	Observado (ton/ha)
(T.E. 91I x T.E. 156-1-1) x Trop. 85-6-4-1 =	10.266	8.376
(T.E. 22I x T.E.91I)x(E.S.6 x Trop.85-6-4-1) =	10.120	7.403

Las líneas Trop. 85-6-4-1, E.S.6 y T.E.91I presentaron mayor efecto de Aptitud Combinatoria General y formaron parte de las cruzas con mayor Aptitud Combinatoria Específica.

Se encontró que las cruzas dobles presentaron una correlación positiva y significativa con lo observado en la localidad de Ursulo Galván, Ver., ésto demuestra que los híbridos de cruzas dobles se desarrollan mejor en este ambiente. En cambio, las cruzas triples exhibieron correlaciones del rendimiento predichas positivamente y altamente significativo con lo observado en la localidad de Iguala, Gro.

El comportamiento que se observó de los híbridos en estudio en general no existió concordancia entre lo predicho y lo observado, debido probablemente a la interacción genotipo ambiente, aunque se observó alta heredabilidad para todas las características en general en todos los ambientes.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, M.W., and Shank, D.B. 1959. The relationship of heterozygosity to homeostasis in maize hybrids. *Genetics*. 44: 777-786.
- Bailey, Jr. T.B., Qualset, C.O., and Cox, D.F. 1980. Predicting heterosis in wheat. *Crop. Science*. 20: 339-342.
- Balderas, M.M., P. Ramírez, F.X. Gerón, M. Sierra y J.J. Alcázar. 1980. Maíz Resultados de la investigación en mejoramiento genético. SARH, INIA, CAECOT.
- Beal, W.J. 1880. In Rep. Michigan Bd. Agric. p. 287-288.
- Benko, N.I. 1980. Study of possibilities for the theoretical prediction of yield in three-line hybrids. *Plant Breeding Abstracts*. 50 (9). p. 66 (7812).
- Brieger, F.G. 1950. The genetic basis of heterosis in maize. *Genetics*. 35: 420-445.
- Brown, C.M. Weibel, R.O., and Seif, R.D. 1966. Heterosis and combining ability in common winter wheat. *Crop. Science*. 6: 382-383.
- Castro, G.M., Gardner, C.O., and Lonquist, J.H. 1968. Cumulative gene effects and the nature of heterosis in maize crosses involving genetically diverse races. *Crop Science*. 8: 97-101.

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo -CIMMYT-. 1974. Resultados.
- Cockerham, C.C. 1967. Prediction of double crosses from single crosses. *Der Züchter*. 37: 160-169.
- Curnow, R.N. 1980. Selecting crosses using information from a diallel cross. *Biometrics*. 36: 1-8.
- Darwin, C. 1877. The effects of cross and self fertilization in the vegetable Kingdom. D. Appleton Co., New York. p. 482.
- Dhillon, B.S., and Singh, J. 1975. Cuba 19, a highly heterotic variety of maize and its possible utilization in varietal hybrids. *Current Science*. 44 (13): 479-480.
- Dhillon, B.S., and Singh, J. 1977. Combining ability and heterosis in diallel crosses of maize. *Theor. Appl. Genet.* 49: 117-122.
- Eberhart, S.A., and Hallauer, A.R. 1968. Genetic effects for yield in single, three-way, and double-cross maize hybrids. *Crop Science*. 8: 377-379.
- Eberhart, S.A., Russell, W.A., and Penny, L.H. 1964. Double cross hybrid prediction in maize when epistasis is present. *Crop Science*. 4: 363-366.
- Guijoza, O.D. 1976. Formulación de un híbrido de maíz super-enano para el Trópico Húmedo. Tesis de Licenciatura. UAA"AN". Buenavista, Saltillo, Coah., México.

- Gupta, D., and Kovács, I. 1976. Heterosis observed for cold tolerance in opaque-2 and analogous normal crosses of maize at single, three-way and double-cross levels. *Heterosis in plant breeding*. p. 209-213.
- Hallauer, A.R. 1967. Development of single-cross hybrids from two-eared maize populations. *Crop Science*. 7: 192-195.
- Hallauer, A.R., and Miranda, J.B. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. *Heterosis*. Iowa State University Press, Ames, Iowa, p. 353-357.
- Hernández, A.C.A. 1975. Obtención de híbridos con líneas tropicales de diferente origen. Tesis de Licenciatura. UAA"AN". Buenavista, Saltillo, - Coah., México.
- Ivanović, M., Kraljević-Balalić, M., and Rosić, K. 1979. Combining ability for grain yield and stalk rot index in maize. *Genetika*. II (3): 308-315.
- Jenkins, M.T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 26: 199-204.
- Jones, D.F. 1918. The effect of inbreeding and cross breeding upon development. *Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull.* 207. 1-100.
- Leng, E.R. 1954. Effects of heterosis on the major components of grain yield in corn. *Agronomy Journal*. 46: 502-506.

- Lonnquist, J.H. 1953. Heterosis and yield of grain in maize. *Agronomy Journal*. 45: 539-542.
- Lynch, P. J., Hunter, R.B., and Kannenberg, L.W. 1973. Relative performance of single cross, three-way cross, and double cross corn hybrids recommended in Ontario, 1968-1972. *Can. J. Plant Sci.* 53: 805-810.
- Mabo, Zh. P. 1980. Heterosis in maize hybrids in relation to the number of grain rows in the parental forms. *Plant Breeding Abstracts*. 50 (6) - p. 425 (4939).
- Matzinger, D.F., Sprague, G. F., and Cockerham, C.C. 1959. Diallel Crosses of maize in experiments repeated over locations and years. *Agronomy Journal*. 51: 346-350.
- Moll, R.H., Salhuana, W.S., and Robinson, H.F. 1962. Heterosis and genetic diversity crosses of maize. *Crop Science*. 2: 197-198.
- Moll, R. H., Lonnquist, J.H., Vélez, F.J., and Johnson, E.C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics*. 52: 139-144.
- Moutray, Jr. J.B., and Frakes, R.V. 1973. Effects of genetic diversity on heterosis in tall fescue. *Crop Science*. 13: 1-4.
- Otsuka, Y., Eberhart, S.A., and Russell, W.A. 1972. Comparisons of prediction formulas for maize hybrids. *Crop Science*. 12: 325-331.

- Paterniani, E., and Lonquist, J.H. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn (Zea mays L.). Crop Science. 3: 504-507.
- Petrenko, A.L. 1982. Heterosis in maize hybrids under irrigated and unirrigated conditions in the south of the Ukraine. Plant Breeding Abstracts. 52 (1) p. 18 (186).
- Pes^vev, N., and Trifunović, V. 1968. Influence of the morphological characteristics of parents on the degree of heterosis effect in the maize of the F₁ generation. Journal for Scientific Agricultural Research. 21 (75): 12-30.
- Pes^vev, N. 1978. Combining ability of maize inbred lines from different source material. Genetika. 10 (2): 253-262.
- Reyes, C.P., F.E. Márquez, J.C. Ortíz y E.F. Johnson, 1961. H-507 nuevo híbrido de maíz para zonas tropicales. Agricultura Técnica en México. S.A.G. 11: 9-10.
- Richey, F.D. 1922. The experimental basis for the present status of corn breeding. J. Am. Soc. Agron. 14: 1-17.
- Rodríguez, V.J.G. 1977. Comparación de rendimientos predichos y reales de 32 cruas triples y 12 cruas dobles de maíz (Zea mays L.) superenano. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. UAA"AN". Buenavista, Saltillo Coah., México.

Shull, G.H. 1908. The composition of a field of maize. Rpt. Amer. Breeder's Ass. 4: 296-301.

_____. 1914. Duplicate genes for capsule form in Bursabursa pastoris. Z. Ind. Abst. Vererb. 12: 97-149.

_____. 1948. What is "Heterosis". Genetics. 33, 439-446.

_____. 1952. Beginnings of the heterosis concept. In heterosis, J.W. Gowen, Ed. Iowa State Univ. Press. Ames. p. 14-48.

Sprague, G.F. 1977. Corn and corn improvement. Ed. Am. Soc. Agron., Madison Wis. p. 323-324.

_____, and Tatum, L.A. 1942. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 923-932.

Stringfield, G. H. 1950. Heterozygosis and hybrid vigor in maize. Agronomy Journal. 42: 145-152.

Suwantaradon, K., and Eberhart, S.A. 1974. Developing hybrids from two improved maize populations. Theor. Appl. Genet. 44 (5): 206-210.

Upadhyaya, B.R., and Rasmusson, D.C. 1967. Heterosis and combining ability in barley. Crop Science. 7: 644-647.

Varela, G.E.,J. 1978. Potencial de seis líneas tropicales de maíz enano para el mejoramiento de maíces del Bajío. Tesis de Licenciatura. UAA"AN". Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Weatherspoon, J.H. 1970. Comparative yields of single, three way, and double crosses of maize. *Crop Science*, 10: 157-159.

A P E N D I C E

Cuadro A1. Correlaciones fenotípicas de diez características agronómicas estudiadas en U. Galván, Ver.

	Rendimiento	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta	Altura de mazorca	No. de mazorca x 100 plantas	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura
Rendimiento		0.22	0.29*	0.51**	0.53**	0.26*	0.29*	0.11	-0.48**	-0.33**
Días a flor ♂			0.87**	0.48**	0.51**	0.09	0.24	0.11	-0.34**	-0.17
Días a flor ♀				0.50**	0.54**	0.09	0.29	0.001	-0.34**	-0.20
Altura de planta					0.92**	0.17	0.32**	0.14	-0.37**	-0.27*
Altura de mazorca						0.28*	0.26*	0.15	-0.42**	-0.29*
No. de mazorca x 100 plantas							-0.02	0.14	-0.30*	-0.45**
Acame de raíz								-0.25*	-0.31*	-0.12
Acame de tallo									0.14	-0.09
Mazorcas podridas										0.59**

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

Cuadro A2. Correlaciones fenotípicas de diez características agronómicas estudiadas en Iguala, Gro.

	Rendimiento	Días a flor ♂	Días a flor ♀	Altura de planta	Altura de mazorca	No. de mazorca x 100 plantas	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura
Rendimiento		-0.13	-0.15	-0.01	-0.04	0.66**	0.02	-0.17	-0.26*	-0.14
Días a flor ♂			0.95**	0.64**	0.58**	-0.35**	0.50**	-0.12	-0.10	-0.37**
Días a flor ♀				0.58**	0.54**	-0.35**	0.40**	-0.06	-0.05	-0.32**
Altura de planta					0.83**	-0.11	0.39**	-0.13	-0.05	-0.34**
Altura de mazorca						-0.15	0.33**	-0.03	-0.03	-0.33**
No. de maz. x 100 plantas							-0.03	-0.10	-0.11	-0.09
Acame de raíz								0.13	-0.31*	-0.30*
Acame de tallo									0.36**	0.42**
Mazorcas podridas										0.40**

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad

Cuadro A3. Correlaciones fenotípicas de ocho características estudiadas en Río Bravo, Tamps.

	Rendimiento	Días a flor ♂	Altura de mazorca	No. de mazorcas x 100 plantas	Acame de raíz	Acame de tallo	Mazorcas podridas	Mala cobertura
Rendimiento		-0.38**	-0.18	0.31*	-0.17	0.21	-0.12	-0.21
Días a flor ♂			0.74**	-0.016	0.26*	-0.22	-0.04	0.10
Altura de mazorca				0.02	0.16	-0.13	-0.07	-0.02
No. de maz. x 100 plantas					-0.08	0.05	0.01	-0.15
Acame de raíz						-0.14	-0.20	-0.09
Acame de tallo							0.04	-0.01
Mazorcas podridas								0.21

* Significancia al 5% de probabilidad

** Significancia al 1% de probabilidad