

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



**"Análisis e Interpretación de Cruzas Dialélicas en Variedades
Tropicales de Maíz Adaptadas a Nayarit."**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
FITOTECNISTA
PRESENTA
ARTURO DANIEL TERRON IBARRA**

Las Agujas Mpio. de Zapopan Jalisco 1981

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 18 de Noviembre 1981

ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E

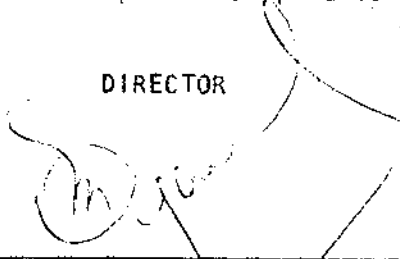
Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

ARTURO D TERRON IBARRA _____ Titulada:

" **ANALISIS E INTERPRETACION DE CRUZAS DIALELICAS EN VARIETADES TROPICALES DE MAIZ ADAPTADAS A NAYARIT.** "

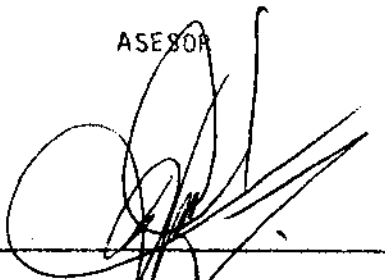
Damos nuestra aprobación, para la Impresión de la misma

DIRECTOR



ING. MANUEL OYERVIDEZ GARCIA

ASESOR



ING. SALVADOR HURTADO Y DE LA PEÑA

ASESOR



ING. RAFAEL GARCIA PRECIADO

AGRADECIMIENTO

A mi Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara que me brindó la oportunidad de realizarme como profesionalista y en la cual pasé momentos inolvidables.

Al Ing. M.C. Manuel Oyervides García, por su invaluable labor desarrollada en la Dirección del presente trabajo y por transmitirme sus conocimientos y experiencias con el fin de crear en mi un espíritu de superación constante.

Al Ing. M.C. Salvador Hurtado de La Peña, por su valiosa participación como Asesor en la presente investigación y por los consejos recibidos durante mi capacitación profesional.

Al Ing. M.C. Rafael García Preciado, por su inapreciable Asesoría para la presentación de éste trabajo.

Al Ing. M.C. Raymundo Velázco Nuño, por sus enseñanzas y orientación recibidas durante mi formación académica.

Al Ing. M.C. Fernando Galván Castillo, por su valiosa participación en la estimación de los cálculos efectuados.

Al Dr. Hermilo Angeles y compañeros de trabajo que permitieron con su buena disposición llegar a la culminación de mi Tesis.

Al Ing. Julián Sánchez e Ing. José Antonio Sandoval, por las facilidades prestadas en el desarrollo de mi carrera.

A mis maestros, por compartir sus conocimientos y orientarnos en nuestra carrera.

A la Sra. Rita Benítez, por su inapreciable labor mecanográfica en el presente trabajo.

A mis compañeros, que compartieron las experiencias de mi carrera y continuamente me alentaron en ésta importante etapa de mi vida, en especial a: Eduardo Javier Tórres Jiménez, Francisco Javier Flores Mendoza, Ernesto Preciado Ortíz, Oscar Rivas Aguilera, Lorenzo Ordaz Suárez, Hipólito Venegas Solorio, Carlos Díaz Hernández y Maximiano Moreno López.

DEDICATORIAS

A mis padres Daniel y Guadalupe, que con gran cariño,
firmeza y paciencia me guiaron hasta verme for-
mado profesionalmente.

A mis hermanos Silvia, Guillermo, Gerardo,
Cecilia y Sandra, en donde siempre--
encontré comprensión y palabras
de aliento.

A mis tíos Leobardo y Anita,
que con sus consejos--
motivaron mi su--
peración --
personal.

Al Ing.M.C.Manuel Oyervides
García con gratitud y
gran estimación.

C O N T E N I D O

	PAG.
LISTA DE CUADROS	viii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Análisis dialélico y aptitud combinatoria.	3
2.2 Cruzas intervarietales	7
2.3 Diversidad genética.	10
2.4 Heterosis.	12
III. MATERIALES Y METODOS	17
3.1 Area de trabajo	17
3.2 Material genético.	18
3.2.1 Material básico.	18
3.2.2 Formación de la serie dialélica. . .	19
3.3 Diseño y parcela experimental.	21
3.4 Labores culturales	21
3.5 Toma de notas	22
3.6 Análisis dialélico	23

	PAG.
IV. RESULTADOS	26
4.1 Formación de la tabla de cruzas dialélicas	26
4.2 Análisis de varianza	28
4.2.1 Estimación de los grados de libertad	29
4.2.2 Estimación del factor de corrección .	29
4.2.3 Estimación de las sumas de cuadrados	30
4.2.4 Estimación de los cuadrados medios .	32
4.2.5 Estimación de las F calculadas . . .	32
4.3 Cálculo de efectos	33
4.3.1 Efecto varietal.	33
4.3.2 Efecto de heterosis.	34
4.3.2.1 Heterosis promedio	36
4.3.2.2 Heterosis varietal	36
4.3.2.3 Heterosis específica	37
V. DISCUSION.	39
VI. CONCLUSIONES	44
VII. BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS Y UBICACION GEOGRAFICA DE LAS LOCALIDADES EXPERIMENTALES. EN EL EDO. DE NAYARIT.	18
2	IDENTIFICACION, GENEALOGIA, CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y RAZA DE LAS VARIEDADES DE MAIZ CON LAS QUE SE FORMO LA SERIE DIALELICA.	20
3	FORMA DE ANALISIS DE VARIANZA DE UNA CRUZA DIALELICA IMPLICANDO UN NUMERO "N" DE PROGENITORES Y TODAS LAS CRUZAS INDIVIDUALES-POSIBLES.	25
4	RENDIMIENTO PROMEDIO DE MAZORCA EN KG/HA.- DE LOS PROGENITORES Y CRUZAS SIMPLES POSIBLES COMBINANDO LAS TRES LOCALIDADES DE -- PRUEBA.	27

CUADRO		PAGINA
5	VALORES DEL EFECTO DE HETEROSIS DISPUESTOS- EN UNA TABLA DIALELICA.	35
6	VALORES DE HETEROSIS ESPECIFICA DISPUESTOS- EN UNA TABLA DIALELICA.	38

I. INTRODUCCION

Para la implementación de programas de mejoramiento de maíz, el genetista comunmente se enfrenta al dilema de la elección de la población o poblaciones apropiadas para aplicar mejoramiento genético, así como en el problema de elegir la metodología más eficiente para mejorar una población (es) dada.

Actualmente en los diversos programas de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas se cuenta con una serie numerosa de genotipos sobresalientes, que pueden ser utilizados con propósitos de mejoramiento.

No obstante se precisa de un mayor conocimiento de la variación genética y aptitud de ellos, para detectar de una manera más objetiva el material que constituirá la base del programa de mejoramiento. Así como, para elegir la metodología que redunde en una mayor ganancia genética.

Se han diseñado diversos modelos matemáticos cuya aplicación a la información obtenida del cruzamiento dialélico de una serie de progenitores conduce a la estimación de sus efectos de aptitud combinatoria.

Los primeros modelos para cruzamientos dialélicos fueron desarrollados por Griffing (1956) y tienen la propiedad

de estudiar las autofecundaciones, cruzas directas y recíprocas posibles de un grupo de progenitores. Los defectos de estos modelos es poseer una capacidad limitada, para incluir las cruzas de un número grande de líneas progenitoras y limitada precisión. Lo que lleva a que dichos análisis sean bastante generalizados.

Por otro lado Gardner y Eberhart (1966), presentan una modificación al Diseño 2 de Griffing. Dicho modelo es más completo y específico, y permite descomponer los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE), en parámetros debidos a Heterosis, a partir de los cuales se tiene un conocimiento más preciso de la variación genética y habilidad combinatoria de los progenitores que forman el dialélico.

A pesar de las ventajas que ofrece éste modelo, ha sido, al menos en nuestro país, muy poco aprovechado.

Esta situación motivó a la realización del presente estudio el cual tiene como objetivo principal el aplicar el modelo desarrollado por Gardner y Eberhart (1966), a una serie de cruzas dialélicas entre variedades tropicales de maíz adaptadas al Estado de Nayarit. Lo anterior con el propósito de mostrar la bondad del método para proporcionar información que permita seleccionar con un mayor grado de seguridad las poblaciones más idóneas para su mejoramiento, así como la metodología más adecuada para implementar programas de mejoramiento. Por otro lado la información que de aquí se derive, podrá ser de gran utilidad para el programa de mejoramiento de Santiago Ixcuintla, Nay.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Análisis dialélico y aptitud combinatoria.

El hombre a raíz de iniciar la investigación en el - - área del mejoramiento de las plantas y animales, se ha visto en la imperiosa necesidad de generar un gran número de - diseños experimentales que le permitan conocer y evaluar el desempeño o comportamiento de los materiales que se prueban.

Uno de estos diseños experimentales es el diseño dialélico, el cual permite estudiar el comportamiento de cru-- zas dialélicas generadas a partir de los cruzamientos posibles de un número determinado de progenitores.

En mejoramiento genético los experimentos de cru-- zas dialélicas representan un instrumento de trabajo muy útil - para estimar ciertos parámetros importantes, determinantes de la variación de diferentes caracteres de las poblaciones en estudio. Estas estimaciones de la variación genética, - permiten elegir las metodologías más adecuadas para aplicar programas de mejoramiento.

Schimidt (1919), citado por Hinkelmann (1976), fué el - que introdujo el término dialélico para denotar todas las - cru-- zas posibles entre un conjunto de animales machos y hem-

bras.

Wright (1921) definió tres tipos de varianza génica: - la aditiva, la debida a desviaciones de dominancia del es-- quema aditivo y la resultante de la interacción de genes no alélicos (epistasia).

Sprague y Tatum (1942) establecieron dos términos en - relación al comportamiento relativo de cruza, clones o lí- neas:

1) Aptitud Combinatoria General (ACG), define el com- portamiento promedio de un clón o líneas en combinaciones - híbridas.

2) Aptitud Combinatoria Específica (ACE), designa - - aquellos casos en que ciertas combinaciones híbridas son -- mejores o peores que lo esperado en base al comportamiento- promedio de los clones o líneas que intervienen en el cru-- zamiento.

También consideran que la ACG es función de la acción- génica aditiva, y la ACE es función de los efectos de acción génica no aditiva, como dominancia y epistasia.

Jinks (1954, 1956) expresa que el análisis de cruza - dialélicas proporciona un medio de gran valor para determi- nar los méritos de las posibles combinaciones híbridas.

Griffing (1956) fue el que realizó formalmente la in-- troducción de los primeros experimentos dialélicos, y quién propuso en base a p líneas progenitoras, los 4 esquemas si- guientes:

Diseño 1. Ensayo las p autofecundaciones, un grupo de cruza F_1 y las cruza recíprocas de las --

F_1 . En total, las p^2 combinaciones posibles de obtener.

Diseño 2. Ensayo las p autofecundaciones y un grupo de cruza F_1 . No incluyen las cruza recíprocas. En total en éste diseño se tienen $p(p+1)/2$ combinaciones.

Diseño 3. Ensayo un conjunto de cruza F_1 y sus recíprocas. No se incluyen las autofecundaciones. En total el diseño incluye las $p(p-1)$ diferentes combinaciones.

Diseño 4. Ensayo solo un grupo de cruza F_1 . No se incluyen las cruza recíprocas ni las autofecundaciones. En total se tienen para éste diseño las $p(p-1)/2$ combinaciones.

Gilbert (1958) cita que una cruza dialélica consiste en todas las cruza posibles entre un número de variedades. Indica también que el efecto principal es la ACG o componente genética aditiva, mientras que la interacción puede ser referida como ACE o componente genética no aditiva.

Whitehouse, Thompson y Ribeiro (1958), Lupton (1961), Kronstad y Foote (1961), entre otros, señalan que las cruza dialélicas en las especies autogamas proveen un medio que puede ser de gran valor para estimar los méritos relativos de progenitores potenciales. Finalmente señalan que también permiten hacer predicciones sobre la bondad de las combinaciones híbridas en generaciones tempranas.

Kemphorne y Curnow (1961) al observar lo poco práctico de los diseños de Griffing, introdujeron una clase de --

experimentos dialélicos parciales. Estos ensayan un subconjunto del conjunto total de $p(p-1)/2$ cruzas simples que pueden derivarse de p progenitores. Su análisis permite una estimación más balanceada en cuanto a precisión de la aptitud combinatoria general y de la específica, y sobre todo, permite manejar las cruzas de un número mayor de líneas progenitoras, lo cual es la limitante más importante de los diseños de Griffing.

Fyfe y Gilbert (1963) extienden y complementan la propuesta de Kempthorne y Curnow (1961) y presentan dos nuevos esquemas parciales de experimentos dialélicos: Diseño Triangular y Diseño Factorial.

Gardner y Eberhart (1966) consideran que el cruzamiento dialélico sirve a los fitomejoradores para poder decidir el sistema de mejoramiento a usar para seleccionar el material que presenta características promisorias.

Molina (1968) modificó el método 2 de Griffing del diseño dialélico. La modificación consiste en además de las $p(p-1)/2$ cruzas posibles, incluir a los progenitores $(p-1)$ veces cada progenitor por repetición, ganándose así precisión experimental. Con éste método la varianza genética total se descompone en ACG y en ACE, siendo posible determinar de una manera más precisa el tipo de acción génica que controla a los diferentes caracteres agronómicos que se estudian.

Singh (1973) presenta los procedimientos estadísticos para el análisis de cruzas dialélicas a través de ambientes para los cuatro métodos propuestos por Griffing. El presenta los modelos para ellos, así como las fórmulas para

obtener las sumas de cuadrados, y esperanzas de cuadrados - medios para los efectos de interacción de ACG y ACE con ambientes.

Hinkelman (1976) hace un análisis de la información -- que se puede obtener de los diseños de cruzas dialélicas y multiples, señalando que lo que determina la utilidad de -- estos diseños es la información que se puede extraer.

2.2 Cruzas intervarietales

Se denomina craza varietal al apareamiento o craza- -- miento de dos o más variedades de polinización libre de - - maíz, la cual da origen a un híbrido varietal.

La hibridación varietal ha jugado un doble papel en el mejoramiento del maíz, ya que los híbridos varietales han - servido de base para el desarrollo de muchas variedades que han sido seleccionadas y estabilizadas por medio de la se- - lección masal, y han proporcionado parte de la primera in- - formación sobre la heterosis de rendimiento en maíz; dando indirectamente estímulo a los trabajos de "Endocria" y "he- - terosis".

Se cree que los indios americanos ya utilizaban la hi- - bridación desde tiempos inmemorables, pues en la celebra- - ción de sus ceremonias religiosas hacían una mezcla semi- - controlada de tipos caracterizados por diferentes colores - de endosperma.

Beal (1877) realizó parte de los primeros experimentos de hibridación intervarietal controlada. A partir de los cuales él obtuvo datos de rendimiento. Demostrando así en 1880 la superioridad en rendimiento de las cruzas intervarietales sobre la media de los padres o sobre el padre superior. El trabajo lo realizó en la Estación Experimental-Agrícola de Michigan, E.U.A.

Hayes y Olsen (1919) presentaron rendimientos promedios de maíces de textura harinosa, dentada, cristalina y sus cruzamientos posibles, incluyendo de uno a cuatro años de pruebas. Ellos observaron que con excepción de uno, todos los cruzamientos produjeron rendimientos que excedieron al progenitor de más alto rendimiento.

Griffe (1922) hace una revisión de los resultados obtenidos en pruebas de cruzamiento en maíz e indica que existe una gran evidencia de la bondad de la hibridación como un medio de obtener aumentos en el rendimiento.

Robinson, Comstock, Khalil y Harvey (1946) publicaron los resultados de todas las cruzas posibles de 6 variedades de polinización abierta adaptadas en Carolina del Norte. El rendimiento promedio de todas las cruzas con relación a la media parental fue superior en un 20% aproximadamente.

Castro (1964) realizó los cruzamientos posibles entre 25 variedades de maíz, representativas cada una de las 25 razas mexicanas descritas por Wellhausen et al. (1951). Posteriormente las evaluó por su rendimiento en 3 localidades, y encontró que el 85% de estas tuvieron rendimientos mayores que el promedio de los progenitores y el 53.7% su-

peraron al mejor progenitor.

Molina (1964) hizo un estudio encaminado a observar el comportamiento de las razas entre Tuxpeño, Vandeño y Stiff-Stalk Synthetic, al ser cruzados con el resto de las 25 razas descritas por Wellhausen et al. (1951). Este investigador encontró que el promedio de las cruzas fue mayor que el rendimiento medio de las razas progenitoras.

Wellhausen (1965) señala que algunas variedades han sido desarrolladas por selección natural con la ayuda consciente o inconsciente del hombre, como resultado de la interhibridación de cruzas diferentes, lo cual ocurre en la actualidad. Al respecto el autor cita el caso de Jalisco, en donde los agricultores han desarrollado algunas variedades mediante la hibridación ¹natural entre tipos nativos de Tabloncillo y los híbridos desarrollados a partir de la raza Celaya.

González (1966) en los campos experimentales de la Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro estudió los cruzamientos posibles entre 14 variedades de maíz provenientes de distintos estados de la República Mexicana. Concluyó que es posible obtener cruzas superiores en rendimiento a los híbridos probados a partir de cruzas intervarietales.

Paczka y Angeles (1978) mencionan que en la década pasada algunos investigadores realizaron estudios interesantes sobre cruzas intervarietales. En opinión de los autores de la dicha ponencia, el raquíptico fruto práctico de dichos trabajos se debió a que se cruzaron materiales extremos en cuanto precocidad y área de adaptación, así como tam

bién a que las colecciones que intervinieron en las cruzas no fueron seleccionadas en base a su capacidad de rendimiento.

En la actualidad, varios programas de maíz del INIA han reiniciado los estudios de cruzas intervarietales de maíz, utilizando las colecciones regionales sobresalientemente detectadas y procurando que en las cruzas intervenga germoplasma de precocidad semejante pero distante genéticamente. Lo anterior con el fin de auspiciar la mayor heterosis posible, sin perder adaptación, ni dificultar los cruzamientos.

2.3 Diversidad genética

Es del conocimiento de todos los fitomejoradores que los mejores cruzamientos involucran líneas endocriadas derivadas de materiales que son de origen muy diverso.

Esta diversidad genética que es generada por medio de cruzamientos de variedades puede ser aprovechada usándola como fuente de nuevas líneas, o bien mediante el aprovechamiento directo de las mismas cruzas.

Jungenheimer (1976), cita que Kulehoy (1933) reportó la diversidad genética mundial de fenotipos de maíz, enfatizando que dicha especie tiene una extraordinaria diversidad morfológica y biológica.

Wu (1939) señaló que líneas relacionadas en su origen-

producen consistentemente cruzamientos simples de más bajo rendimiento que las líneas que tienen solamente uno o ningún padre común. Johnson y Hayes (1940) presentaron datos adicionales, indicando que había una diferencia estadísticamente significativa entre cruzamientos simples de líneas relacionadas y no relacionadas.

Eckhardt y Bryan (1940) y Cowan (1943) han puesto énfasis también en la importancia de la diversidad genética en la producción de híbridos de alto rendimiento.

En México Bucio (1954), Barrientos (1962), Castro (1964) Sandoval (1974) y Molina (1964) mencionan que el cruzamiento entre variedades de genealogía bien distinta, puede dar origen a combinaciones con un alto grado de heterosis. Medida ésta en base a rendimiento.

Covarrubias (1960) muestra los resultados de un grupo de cruzas dialélicas llevadas a cabo con nueve variedades de polinización abierta; tres variedades de cada una de tres diferentes regiones de México. Este autor encontró que las cruzas de variedades provenientes de regiones diversas produjeron los mejores híbridos.

Moll (1962) también señala que en los últimos años se ha venido demostrando que la mayor diversidad genética de las variedades parentales está asociada con mayor heterosis en la craza varietal.

Mell et al. (1965) para demostrar que la heterosis en maíz se incrementa con altos niveles de diversidad genética, estudiaron 8 niveles de diversidad sobre la base de relaciones ancestrales y diferencias de adaptación. Los resul-

tados encontrados indicaron que el rendimiento se tiende a incrementar con la divergencia de los progenitores.

Mukherjee et al. (1971) estudiaron nueve variedades de maíz, que representaron un rango extremo de diversidad genética en un diseño dialélico. Lo anterior lo hicieron para obtener información sobre la cantidad de heterosis útil en las cruzas varietales y la magnitud relativa de las varianzas (general y específica) de habilidad combinatoria y estabilidad. La máxima respuesta heterótica que encontraron fué de 48.4%. Señalan además que un híbrido varietal que tiene el mismo rendimiento que un híbrido de cruce doble es preferible, ya que su formación es más fácil.

Mukherjee et al. (1971) mencionan que el aprovechamiento efectivo del vigor híbrido o heterosis depende de la diversidad genética entre las variedades, así como de las características y magnitud de la varianza genética.

Reyes (1977) menciona que la diversidad genética es fundamental para una mayor manifestación de heterosis y una más amplia adaptación en tiempo y espacio de los materiales obtenidos.

2.4 Heterosis

La heterosis es el fenómeno que se produce al cruzar material divergente genéticamente. Este fenómeno se caracteriza por un incremento en vigor, tamaño, sanidad, rendi-

miento, entre otros efectos.

Allard (1960) menciona que el conocimiento de los efectos de la heterosis en plantas se remonta a los experimentos hechos por Koelreuter en 1763 y Sprengel en 1793.

Shull (1914) fué quien propuso que éste fenómeno se llamara heterosis. El término es una contracción de "estímulo de la heterosis".

Jones (1917) sostiene la hipótesis de que la heterosis es causada por la acción conjunta de los genes dominantes favorables.

East y Hayes (1912) atribuyeron la heterosis de la generación F_1 a su condición heterocigótica, por lo que, a mayor número de genes por el cual una planta es heterocigótica, mayor será la heterosis.

Keeble y Pellew (1910) y Bruce (1910) señalaron que la heterosis resultaba de la acción combinada de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes.

East (1936) indica que la heterosis es debida a un tipo de acción intra-alélica con ausencia de dominancia.

Ashby (1930, 1932, 1936, 1937) menciona que la heterosis es el resultado del mantenimiento de la ventaja inicial del tamaño del embrión y no de una aceleración de los procesos metabólicos.

Randolph (1942) ha interpretado ciertas comparaciones usando líneas diploides u tetraploides de maíz, como indicación de que la heterosis por si misma es responsable en mucho del vigor híbrido o heterosis exhibida por los híbridos.

Harberg (1953) mantiene la definición de heterosis dada por Shull, quién la define como la diferencia entre la F_1 y el progenitor superior. Además indica que la dominancia y sobredominancia pueden contribuir simultáneamente a la heterosis.

Whitehouse, Thompson y Ribeiro (1958) son de la idea de que no hay ningún sistema génico para rendimiento de grano, ya que éste carácter es el producto final de una interacción multiplicativa entre los caracteres componentes del rendimiento. Por ello indica que la heterosis para rendimiento se logra a través de la heterosis individual de sus componentes.

Williams (1959) considera que para obtener heterosis en un carácter complejo, es necesario cruzar un progenitor superior para un carácter componente, con otro progenitor superior para otro carácter componente.

East y Jones (1919) señalan que los estudios sobre heterosis y vigor híbrido en maíz se iniciaron en forma organizada y amplia casi desde principios de éste siglo.

Shull, East y Jones () encontraron que cuando se hibridaban artificialmente dos variedades distintas, el híbrido de la primera generación es claramente más vigoroso que cualquiera de los progenitores de donde procede.

Richey (1922) al hacer un sumario de datos obtenidos por otros investigadores informa que de 244 cruzamientos varietales, el 82% de éstas cruzas produjeron mayores rendimientos que el promedio de los padres. Por otro lado, algo más del 50% de las cruzas rendían más que el progenitor-

de mayor rendimiento. Observó también que, en general había mayor heterosis cuando los padres tenían mayor rendimiento y presentaban amplias diferencias en caracteres de planta y mazorca.

Timothy (1961), al citar a Torregroza y Varela (sin publicar), informa que estos investigadores al estudiar 12 variedades obtuvieron estimaciones de heterosis (datos de dos localidades). Esta promediaba el 10% sobre el progenitor de mayor rendimiento. Uno de estos cruzamientos, el cual mostraba en la F_1 una heterosis del 18% sobre el progenitor de mayor rendimiento, fué distribuido en forma comercial.

Lonnquist y Gardner (1961) informaron sobre la heterosis en cruzamientos intervarietales del maíz. La heterosis promedio en relación con la media de los progenitores fue de 108.5%, y en relación con el mejor progenitor 102.8%.

Moll et al. (1962) informaron sobre la heterosis y la diversidad genética en cruzamientos intervarietales de maíz. Los materiales que usaron fueron dos variedades del sureste, dos del oeste medio de E.U. y dos de Puerto Rico. Concluyeron que los cruzamientos entre materiales muy divergentes -- pueden tener una utilidad potencial para mejorar el rendimiento, a pesar de la deficiente adaptación local de las variedades de orígenes distantes.

Paterniani y Lonnquist (1963) estudiaron 12 razas de -- maíz de Latinoamérica. La respuesta promedio de heterosis -- fué de 33% respecto a la media de los padres y el 14% en relación con el padre más rendidor. El mejor cruzamiento tuvo un rendimiento aproximadamente igual al de los híbridos dobles comerciales usados como testigos.

Molina (1964) indica que la heterosis promedio en las cruzas de ciertas razas con algunas variedades mexicanas -- osciló entre 11.7 y 65.8%. Informe también que las razas -- de mayor rendimiento fueron las que exhibieron mayor hete-- rosis, y que algunos cruzamientos rindieron igual que el -- H-503, uno de los mejores híbridos tropicales de México.

Hallauer y Eberhart (1966) y Hallauer y Sears (1968) -- evaluaron el rendimiento de variedades sintéticas de maíz, -- encontrando que en relación con el progenitor medio y el -- superior, la heterosis promedio de todas las cruzas fué de -- 9.8 y 4.2% respectivamente. El mejor sintético tuvo una -- heterosis de 24.1% respecto al progenitor Medio.

Sandoval (1964) utilizó 6 cruzas raciales de maíces -- mexicanos del Caribe, encontrando buena respuesta a la he-- terosis en 5 caracteres estudiados.

Sánchez (1977) analizó el rendimiento de un conjunto -- de variedades de las razas Bolita, Cónico y Cónico Norteño, -- las cuales fueron cruzadas y se evaluaron en 6 localidades -- de temporal. Sánchez señaló que los grados más altos de -- heterosis se obtuvieron entre los materiales más divergen-- tes.

Hallauer (1978) señala que el uso de germoplasma exó-- tico es potencialmente útil para incrementar la variabili-- dad genética dentro de las poblaciones mejoradas. Con ello -- es posible incrementar la heterosis y crear fuentes de re-- sistencia a enfermedades e insectos.

III. MATERIALES Y METODOS

La tesis que aquí se muestra es una ampliación de la investigación efectuada por el Ing. M.C. Manuel Oyervides García (1979), en el estado de Nayarit. Es estudio formó parte del programa de mejoramiento genético de maíz del Campo Agrícola Experimental de Santiago Ixcuintla, Nay., del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH.- Por lo que manifiesto mi reconocimiento a la información por él reunida, la que sirvió de base para implementar el estudio que aquí se reporta.

3.1 Area de trabajo

El estado de Nayarit se localiza en el Noroeste de la República Mexicana, limita al Norte con los estados de Sinaloa y Durango, al Sur con Jalisco, al Este con Durango y Jalisco y al Oeste con el Océano Pacífico. Geográficamente ésta entidad queda comprendida dentro de las coordenadas $20^{\circ} 37'$ y $23^{\circ} 00' 00''$ de latitud Norte y $103^{\circ} 50' 04''$ y $105^{\circ} 45' 06''$ de longitud Oeste.

Las zonas agrícolas más importantes se encuentran en-

el Noroeste y Suroeste del estado. Dentro de dichas regiones se encuentran los municipios de Santiago Ixcuintla, -- Compostela y Santa María del Oro. Estas son las localidades de prueba del presente estudio, los cuales poseen las características geográficas que se presentan en el Cuadro siguiente:

CUADRO (1) CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS Y UBICACION -- GEOGRAFICA DE LAS LOCALIDADES EXPERIMENTALES. EN EL EDO. - DE NAYARIT.

Características Generales	Santiago, Ixc.	Compostela	Sta. Ma. del Oro
Precipitación media			
Anual (mm)	869	964	1250
Temperatura media			
Anual (°C)	26.4	22.0	26.0
Altura en msnm	44	375	1200
Latitud Norte	21° 49'	21° 15'	21° 23'
Longitud Oeste	105° 12'	104° 54'	104° 23'

3.2 Material genético

3.2.1. Material básico

El germoplasma utilizado para la investigación realizada por Oyervides (1979) se obtuvo de un grupo de 1036 colecciones de maíz que constituyen una muestra del material que se posee en el Banco de Germoplasma del INIA.

Estas colecciones fueron sembradas en dos localidades en 1974 para su evaluación. De ellas se seleccionaron alrededor de 210 colecciones en base a rendimiento, precocidad, color y textura del grano, principalmente. Dichas colecciones posteriormente se llevaron a ensayos de rendimiento durante 1975 y 1976.

Una vez reunidos los datos de las evaluaciones, se seleccionaron en base a estas 40 colecciones sobresalientes, de las que a su vez se eligieron 10 basándose en las siguientes condiciones:

- a) Cantidad de semilla disponible para poder llevar a cabo los cruzamientos intervarietales.
- b) Comportamiento en evaluaciones de 1975 y 1976.

La variedad comercial VS-521 se eligió para intervenir con las 10 colecciones para la formación de las cruzas intervarietales por su buen comportamiento en las áreas de prueba ya mencionadas. A continuación se detallan las genealogías, clasificación racial y algunas características agronómicas de las 11 variedades que se utilizaron en la formación de la serie dialélica Cuadro (2).

3.2.2 Formación de la serie dialélica

Las 55 cruzas simples posibles entre las 11 variedades de maíz se realizaron satisfactoriamente en el ciclo agrícola de invierno-primavera 1976-1977. Para disminuir un posible sesgo por muestreo inadecuado, los cruzamientos se efectuaron tomando y mezclando el polen de aproximadamente 100 plantas de una variedad para así polinizar 50 plantas de la otra variedad.

CUADRO (2) IDENTIFICACION, GENEALOGIA, CARACTERISTICAS AGRONOMICAS¹ Y RAZA DE LAS - - -
 VARIEDADES DE MAIZ CON LAS QUE SE FORMO LA SERIE DIALELICA.

No.	Genealogía	Días a Antesis	Altura planta ²	Altura mazorca ²	No. de ram. de la esp. ³	No. de hojas ⁴	Color grano	Clasificación racial
1	Chis -455	71	319	182	17.2	5.8	Crema	Tuxp. x olotillo
2	Chis -497	71	314	178	15.7	5.8	Crema	Tuxpeño
3	VS-521	65	394	162	17.6	5.6	Blanco	Tuxpeño
4	Jal -285	65	293	152	17.3	5.9	Blanco	Tuxpeño
5	Sin -21	65	279	146	18.0	6.0	Blanco	Tuxpeño
6	SLP -199	70	303	177	11.5	5.7	Blanco	Tuxpeño
7	Chis -512	69	312	181	16.6	5.7	Amarillo	Tuxp. x olotillo
8	Chis -472	71	317	184	16.6	5.7	Crema	Tuxpeño
9	Chis -496	72	319	193	16.3	5.7	Crema	Tuxp. x olotillo
10	Nay -334	70	313	180	15.9	5.8	Crema	Tuxpeño
11	Tam -126	62	273	145	17.7	5.3	Blanco	Tuxpeño

1 Datos promedio de las 3 localidades de prueba (promedio de 80 plantas de cada prueba)

2 Medida en centímetros (promedio de 80 plantas de cada prueba)

3 Ramificaciones primarias de la espiga (promedio de 80 plantas de cada prueba)

4 Hojas sobre la mazorca principal (promedio de 80 plantas de cada prueba)

Con el fin de facilitar la identificación de los materiales en estudio, a los híbridos intervarietales se les denominará "variedades".

3.3 Diseño y parcela experimental

El material genético, formado por 11 variedades, sus 55 cruzas posibles y 2 híbridos comerciales, H-507 y H-503, se evaluó en un ensayo uniforme de rendimiento repetido en 3 localidades, empleando para ello un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones por localidad.

La parcela experimental consistió de 2 surcos de 6.5 m de largo y 90 cm. de ancho, con 52 plantas cada uno para todas las variedades.

3.4 Labores culturales

Preparación del Terreno. Se llevó a cabo en la forma acostumbrada por los agricultores de la zona y consistió en barbecho, rastreo y surcado.

Siembra. Fué realizada uniformemente en las 3 localidades experimentales, sembrando en cada parcela 3 granos -- cada 25 cm, aclarando posteriormente a una planta por golpe para tener una población de 44,500 plantas por ha. aproxi--

madamente. La siembra se hizo los días 3 y 6 de julio de -- 1977 bajo condiciones de temporal en los municipios de - -- Santa María del Oro y Compostela, respectivamente, y el día 15 de diciembre de 1977 en Santiago Ixcuintla bajo condi- - ciones de humedad residual.

Fertilización. Las localidades de temporal se ferti-- lizaron con la fórmula 120-60-00 aplicando la mitad del Ni-- trógeno y todo el fósforo en la siembra; y la otra mitad -- del nitrógeno en el segundo cultivo. Para la localidad de -- humedad residual se empleo la fórmula 100-00-00, aplicándo-- se ésta a la siembra.

Deshierbes. Se les proporcionó a los experimentos dos cultivos, una limpia manual y un aporque, lo que dió por -- resultado un buen control de las malas hierbas.

Combate de Plagas. El gusano cogollero, (Spodoptera -- frugiperda) fue la plaga que tuvo mayor incidencia durante -- el desarrollo del cultivo, por lo que hubo necesidad de - - aplicar Dipterex granulado al 25%, a razón de 12 kgs/ha. pa -- ra controlarlo.

3.5 Toma de notas

Oyervides (1979) tomó aleatoriamente 20 plantas con -- competencia completa en cada parcela de las 3 localidades - - con el fin de medir 10 caracteres tanto de planta como de - - mazorca. Para propósitos de éste trabajo solo se tomará en

consideración la información correspondiente a rendimientos de grano.

El rendimiento se determinó pesando las mazorcas de -- cada parcela, las cuales fueron producidas por plantas con competencia completa. Posteriormente el peso por parcela -- se corrigió por contenido de humedad. Por último, el peso de mazorca por parcela, ajustado al 100% de materia seca, -- se dividió entre el número de plantas cosechadas, obteniéndose así el rendimiento promedio en kilogramos de mazorca -- por planta por parcela.

3.6 Análisis dialélico

Para analizar los efectos de la aptitud combinatoria -- de los materiales empleados en este estudio, se siguió el -- procedimiento estadístico para cruzas dialélicas presentado por Gardner y Eberhart (1966), el cual es una modificación del Diseño 2 de Griffing. (1956). Por este procedimiento -- podemos calcular los parámetros genéticos y las sumas de -- cuadrados, sin el uso de computadoras electrónicas, y se -- basa en fórmulas abreviadas que permiten realizar las estimaciones en una calculadora de escritorio.

Gardner y Eberhart (1966) menciona que el modelo para el rendimiento medio de cualquier población progenitora en un análisis dialélico puede ser:

$$Y_{jj'} = \mu_v + 1/2 (V_j + V_{j'}) + \theta h_{jj'}$$

Donde: μ_v es la media de las variedades progenitoras,
 V_j es el efecto varietal de la j ésima variedad,
 $h_{jj'}$ es el efecto de heterosis cuando la variedad j
 es cruzada con la variedad j' . Esto ocurre so-
 lamente en las cruzas.

El efecto de heterosis se subdivide en:

$$h_{jj'} = \bar{h} + h_j + h_{j'} + S_{jj'}$$

Donde: \bar{h} es el promedio de heterosis,
 h_j es la heterosis varietal contribuida por la --
 variedad,
 $S_{jj'}$ es la heterosis específica debida al cruza- --
 miento de las variedades j y j' .

Cuando $j=j'$, un progenitor esta indicado y $\theta=0$.

Cuando $j \neq j'$, una cruza esta indicada y $\theta=1$.

Este modelo estadístico origina el siguiente Cuadro de
 Análisis de varianza:

CUADRO (3) FORMA DE ANALISIS DE VARIANZA DE UNA CRUZA - -
DIALELICA IMPLICANDO UN NUMERO "N" DE PROGENITORES Y TODAS-
LAS CRUZAS INDIVIDUALES POSIBLES.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio
Poblaciones	$(n(n+1)/2)-1$	S_t	M_t
Variedades (V_j)	$n-1$	S_v	M_v
Heterosis (H_{jj})	$n(n-1)/2$	S_h	M_h
Heterosis promedio (\bar{h})	1	$S_{\bar{h}}$	$M_{\bar{h}}$
Heterosis varietal (h_j)	$n-1$	S_{vh}	M_{vh}
Heterosis específica (S_{jj}')	$n(n-3)/2$	S_s	M_s

Como se observa el análisis de varianza es básicamente el señalado por Griffing (1956) en su Diseño 2, excepto que la suma de cuadrados debida a la aptitud combinatoria específica y a la cual denominaron heterosis es subdividida en heterosis promedio, heterosis varietal y heterosis específica.

Estos parámetros genéticos al ser calculados nos proporcionan datos más precisos de heterosis y de la depresión de los apareamientos, permitiendo predecir el comportamiento de los compuestos en generaciones avanzadas y llegar a buenas conclusiones para poder elegir fenotipos sobresalientes, así como la metodología más efectiva para mejorarlos.

IV. RESULTADOS

4.1 Formación de la tabla de cruzas dialélicas

Los rendimientos de las cruzas intervarietales a partir de los cuales se realizó el presente trabajo y que fueron obtenidos por Oyervides (1979) se muestran en el Cuadro (4).

El total de las variedades y los híbridos así como la media de los híbridos formados se calculó en base a la siguiente tabla, la cual es la forma general de cruzas dialélicas utilizada para el análisis cuando los progenitores y una serie de cruzas están incluidos.

Progenitor (j)	1	2	...	J'	...	n	Total variedad $Y_j.$	Total Híbrido $Y_h.$	Media Híbrido $\bar{Y}_h.$
1	Y_{11}	Y_{12}	...	$Y_{1j'}$	...	Y_{1n}	$Y_{1.}$	$Y_{1.} - Y_{11}$	$\bar{Y}_{1.}$
2	Y_{21}^*	Y_{22}	...	$Y_{2j'}$	...	Y_{2n}	$Y_{2.}$	$Y_{2.} - Y_{22}$	$\bar{Y}_{2.}$
.
.
J	Y_{j1}	Y_{j2}	...	$Y_{jj'}$	...	Y_{jn}	$Y_{j.}$	$Y_{j.} - Y_{jj}$	$\bar{Y}_{j.}$
.
n	Y_{n1}	Y_{n2}	...	$Y_{nj'}$	...	Y_{nn}	$Y_{n.}$	$Y_{n.} - Y_{nn}$	$\bar{Y}_{n.}$

* $Y_{21} = Y_{12}$, etc.

CUADRO (4) RENDIMIENTO PROMEDIO DE MAZORCA EN KG/HA DE LOS PROGENITORES Y CRUZAS
SIMPLES POSIBLES COMBINANDO LAS TRES LOCALIDADES DE PRUEBA

Progenitor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	T. var. Y _{j.}	T. híbr. Y _{h.}	M. híbr. Y _{h.}
	Chis 455	Chis 472	Chis 496	Chis 497	Chis 512	Nay 334	Jal 285	Sin 21	SLP 199	Tam 126	VS 521			
1 Chis-455	6.002	6.839	7.310	6.238	6.609	7.088	6.273	7.251	6.206	6.298	7.185	73.299	67.297	6.7297
2 Chis-472		6.715	6.156	6.048	7.030	6.598	7.245	5.968	7.020	5.899	7.045	72.563	65.848	6.5848
3 Chis-496			5.388	6.293	6.276	6.753	6.183	6.169	6.787	6.321	5.549	69.185	63.797	6.3797
4 Chis-497				6.297	6.600	6.893	6.775	6.872	6.545	7.157	6.545	72.263	65.966	6.5966
5 Chis-512					6.481	7.639	6.593	5.800	6.451	5.925	6.653	72.057	65.576	6.5576
6 Nay -334						5.934	6.976	6.518	5.785	5.763	6.821	72.768	66.834	6.6834
7 Jal -285							5.478	6.032	6.708	5.694	6.235	70.192	64.714	6.4714
8 Sin- 21								4.374	5.695	5.425	6.613	66.717	62.343	6.2343
9 SLP- 199									4.509	5.242	5.653	66.601	62.092	6.2092
10 Tam- 126										4.799	5.275	63.798	58.999	5.8999
11 VS - 521											5.406	68.980	63.574	6.3574

Donde: Se considera a $Y_{j'j} = Y_{jj'}$

$Y_{jj'}$ = media de los progenitores cuando $j=j'$ y de una cruce cuando $j \neq j'$,

$Y_v = \sum_{j=1}^n Y_{jj} =$ Total de todas las variedades progenitoras (valores sobre la diagonal),

$Y_H = \sum_{j < j'} Y_{jj'}$ = Total de todas las cruces o híbridos (valores arriba de la diagonal),

$Y_{..} = \sum_{j \leq j'} Y_{jj'} = Y_v + Y_H =$ Total de poblaciones,

$Y_{j.} = \sum_{j'=1}^n Y_{jj'}$ = Total de fila para una variedad -- (una variedad y sus cruces),

$Y_{h.} = \sum_{j \neq j'} Y_{jj'} = Y_{j.} - Y_{jj.} =$ Total de todas las -- cruces para la variedad h,

$\bar{Y}_{h.} = \frac{Y_{h.}}{n-1}$ = Media de todas las cruces por la variedad h.

4.2 Análisis de varianza

Como se mencionó anteriormente, el Cuadro de análisis de varianza que se presenta a continuación, fué elaborado en base de las fórmulas propuestas por Gardner y Eberhart. (1966).

Fuentes de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tablas	
					.05	.01
Poblaciones	65	29.67	0.46	0.77	1.32	1.47
Variedad (V_j)	10	11.30	1.13	1.88	1.83	2.32 *
Heterosis (h_{jj}')	55	18.94	0.34	0.57	1.36	1.53
Heterosis prom. (\bar{h})	1	6.59	6.59	10.98	3.84	6.63 **
Heterosis var. (h_j)	10	1.60	0.16	0.27	1.83	2.32
Heterosis esp. (S_{jj}')	44	10.75	0.24	0.40	1.39	1.59
Error	603		0.60			

Los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

4.2.1 Grados de libertad

$$G.L. \text{ Pob.} = n(n+1)/2 - 1 = 11(11+1)/2 - 1 = (132/2) - 1 = 66 - 1 = 65$$

$$G.L. \text{ Var.} = n - 1 = 11 - 1 = 10$$

$$G.L. \text{ Het.} = n(n-1)/2 = 11(11-1)/2 = 110/2 = 55$$

$$G.L. \text{ Het. prom.} = 1$$

$$G.L. \text{ Het. var.} = n - 1 = 10$$

$$G.L. \text{ Het. esp.} = n(n-3)/2 = 11(11-3)/2 = 88/2 = 44$$

G.L. Error = conversión directa de la Tabla I de Gardner y Eberhart.

4.2.2 Factor de corrección

$$\begin{aligned}
 F.C. &= \frac{2}{n(n+1)} \left(\sum_{j \leq j'} Y_{jj}' \right)^2 \\
 &= \frac{2}{11(11+1)} (6.002 + 6.839 + \dots + 5.406)^2 \\
 &= \frac{2}{132} (414.90)^2
 \end{aligned}$$

$$= \frac{2}{132} (172142.01)$$

$$= 2608.21$$

4.2.3 Sumas de cuadrados

$$\text{S.C. Pob.} = \sum_{j \leq j'} Y_{jj'}^2 - FC$$

$$= \left[(6.002)^2 + (6.839)^2 + \dots + (5.406)^2 \right] - 2608.21$$

$$= 2637.88 - 2608.21$$

$$= 29.67$$

$$\text{S.C. Var.} = \frac{1}{n+2} \left[\sum_{j=1}^n (Y_{j.} + Y_{jj})^2 - \frac{4}{n} Y^2 \dots \right]$$

$$= \frac{1}{13} \left[(73.299+6.002)^2 + (72.563+6.715)^2 + \dots \right. \\ \left. + (68.930 + 5.406)^2 - \frac{4}{11} (414.90)^2 \right]$$

$$= \frac{1}{13} (62744.01 - 62597.09)$$

$$= \frac{146.92}{13}$$

$$= 11.30$$

$$\text{S.C. Het.} = \sum_{j \leq j'} Y_{jj'}^2 - \frac{1}{n+2} \sum_{j=1}^n (Y_{j.} + Y_{jj})^2 +$$

$$+ \frac{2}{(n+1)(n+2)} \left(\sum_{j \leq j'} Y_{jj'} \right)^2$$

$$= 2637.88 - \frac{1}{13} (62744.01) + \frac{2}{(12)(13)} (414.90)^2$$

$$= 2637.88 - 4825.89 + \frac{2}{156} (172142.01)$$

$$= 2637.88 - 4825.89 + 2206.95$$

$$= 18.94$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. Het. prom.} &= \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n Y_{jj} \right)^2 + \frac{2}{n(n-1)} \left(\sum_{j < j'} Y_{jj'} \right)^2 - \\ &- \frac{2}{n(n+1)} \left(\sum_{j < j'} Y_{jj'} \right)^2 \\ &= \frac{Y_v^2}{n} + \frac{2Y_H^2}{n(n-1)} - \frac{2Y_{..}^2}{n(n+1)} \\ &= \frac{(6.002+6.715+\dots+5.406)^2}{11} + \frac{2(6.839+7.310+\dots+5.275)^2}{11(11-1)} \\ &- \frac{2(414.90)^2}{11(11+1)} \\ &= \frac{(61.38)^2}{11} + \frac{2(353.52)^2}{110} - \frac{2(414.90)^2}{132} \\ &= 342.50 + 2272.30 - 2608.21 \\ &= 6.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C. Het. var.} &= \frac{1}{n-2} \sum_{h=1}^n Y_{hh}^2 - \frac{4}{n(n-2)} Y_H^2 + \sum_{j=1}^n Y_{jj}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n Y_{jj} \right)^2 - \text{S.C.Var.} \\ &= \frac{1}{11-2} (67.297)^2 + \dots + (63.574)^2 - \frac{4}{11(11-2)} (353.52)^2 \\ &+ (6.002)^2 + (6.715)^2 + \dots + (5.406)^2 - \frac{1}{11} (61.38)^2 - 11.30 \\ &= 5056.21 - 5049.55 + 348.74 - 342.50 - 11.30 \\ &= 1.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{S.C. Het. esp.} &= \text{S.C. Het.} - \text{S.C. Het. prom.} - \text{S.C. Het. var.} \\
 &= 18.94 - 6.59 - 1.60 \\
 &= 10.75
 \end{aligned}$$

4.2.4 Cuadrados medios

Se calcularon dividiendo la suma de cuadrados de cada una de las fuentes de variación entre los grados de libertad que correspondían a cada fuente de variación, de manera que:

Poblaciones	$29.67/65 = 0.46$
Variedades	$11.30/10 = 1.13$
Heterosis	$18.94/55 = 0.34$
Heterosis Prom.	$6.59/1 = 6.59$
Heterosis Var.	$1.60/10 = 0.16$
Heterosis Esp.	$10.75/44 = 0.24$
Error	$= 0.60$

4.2.5 F Calculada

Se obtuvo dividiendo el cuadrado medio de cada una de las fuentes de variación entre el cuadrado medio del Error, de tal forma que:

Poblaciones	$0.46/.60 = 0.77$
Variedades	$1.13/.60 = 1.88$
Heterosis	$0.34/.60 = 0.57$
Heterosis Prom.	$6.59/.60 = 10.98$
Heterosis Var.	$0.16/.60 = 0.27$
Heterosis Esp.	$0.24/.60 = 0.40$

4.3 Cálculo de efectos genéticos

Para poder cuantificar los efectos que intervienen en el comportamiento de las variedades e híbridos en estudio - fueron necesarios los siguientes cálculos:

$$\text{Total variedades} = Y_v = \sum_{j=1}^n Y_{jj} = 6.002 + 6.715 + 5.388 + 6.297 + 6.481 + 5.934 + 5.478 + 4.374 + 4.509 + 4.799 + 5.406 = 61.38$$

$$\text{Media variedades} = \bar{Y}_v = \frac{Y_v}{n} = \frac{61.38}{11} = 5.58$$

$$\text{Total híbridos} = Y_H = \sum_{j < j'} Y_{jj'} = 6.839 + 7.310 + \dots + 5.275 = 353.52$$

$$\text{Media híbridos} = \bar{Y}_H = \frac{Y_H}{n} = 353.52/55 = 6.43$$

4.3.1 Efecto varietal

El efecto varietal (V_j) fué estimado en base de la siguiente fórmula:

$$V_j = Y_{jj} - \bar{Y}_v$$

No. Prog.	Progenitor	
2	Chis - 472	$V_j = 6.715 - 5.58 = 1.14$
5	Chis - 512	$V_j = 6.481 - 5.58 = 0.90$
4	Chis - 497	$V_j = 6.297 - 5.58 = 0.72$
1	Chis - 455	$V_j = 6.002 - 5.58 = 0.42$
6	Nay - 334	$V_j = 5.934 - 5.58 = 0.35$
7	Jal - 285	$V_j = 5.478 - 5.58 = -0.10$

No. Prog.	Progenitor	
11	VS - 521	$V_j = 5.406 - 5.58 = -0.17$
3	Chis - 496	$V_j = 5.388 - 5.58 = -0.19$
10	Tam - 126	$V_j = 4.799 - 5.58 = -0.78$
9	SLP - 199	$V_j = 4.509 - 5.58 = -1.07$
8	Sin - 21	$V_j = 4.374 - 5.58 = \underline{-1.21}$ 0.01

4.3.2 Efecto de heterosis

El efecto de heterosis ($h_{jj'}$) se calculó en base de la siguiente fórmula:

$$h_{jj'} = Y_{jj'} - 1/2 (Y_{jj} + Y_{j'j'})$$

$$h_{1-2} = 6.839 - 1/2 (6.002 + 6.715) = 0.48$$

$$h_{1-3} = 7.310 - 1/2 (6.002 + 5.388) = 1.62$$

$$h_{1-4} = 6.238 - 1/2 (6.002 + 6.297) = 0.09$$

$$h_{1-5} = 6.609 - 1/2 (6.002 + 6.481) = 0.37$$

·
·
·
·

$$h_{10-11} = 5.275 - 1/2 (4.799 + 5.406) = 0.17$$

Una vez obtenidos los valores del efecto de heterosis, para cada una de las variedades, estos se presentan en el Cuadro (5). Se forma la tabla dialélica en base a la forma general que a continuación se muestra.

CUADRO (5) VALORES DEL EFECTO DE HETEROSIS DISPUESTO EN UNA TABLA DIALELICA

Progenitor (j)	1 Chis 455	2 Chis 472	3 Chis 496	4 Chis 497	5 Chis 512	6 Nay 334	7 Jal 285	8 Sin 21	9 SLP 199	10 Tam 126	11 VS 521	T o t a l h _j
1 Chis - 455	-	0.48	1.62*	0.09	0.37	1.12	0.53	2.06	0.95	0.90	1.48	9.60
2 Chis - 472		-	0.10	-0.46	0.43	0.27	1.15	0.42	1.41	0.14	0.98	4.92
3 Chis - 496			-	0.45	0.34	1.09	0.75	1.29	1.84*	1.23	0.15	8.86
4 Chis - 497				-	0.21	0.78	0.89	1.58	1.14	1.61	0.69	6.98
5 Chis - 512					-	1.43	0.61	0.37	0.96	0.29	0.71	5.72
6 Nay - 334						-	1.27	1.36	0.56	0.40	1.15	9.43
7 Jal - 285							-	1.11	1.71	0.56	0.79	9.37
8 Sin - 21								-	1.25	0.84	1.72	12.00
9 SLP - 199									-	0.59	0.70	11.11
10 Tam - 126										-	0.17	6.73
11 VS - 521											-	8.54

FORMA GENERAL DE LA TABLA DIALELICA DE VALORES
DE HETEROSIS H_{jj} ' s).

Progenitor (j)	1	2	...	j'	...	n	Total fila variedad $h_{j.}$
1	-	h_{12}	...	$h_{1j'}$	...	h_{1n}	$h_{1.}$
2	h_{21}^*	--	...	$h_{2j'}$	...	h_{2n}	$h_{2.}$
.							
.							
j	h_{j1}	h_{j2}	...	$h_{jj'}$	...	h_{jn}	$h_{j.}$
.							
.							
n	h_{n1}	h_{n2}	...	$h_{nj'}$	...	-	$h_{n.}$

$$* h_{21} = h_{12}$$

A su vez éste efecto de heterosis se puede dividir en:

4.3.2.1. Heterosis Promedio

$$\bar{h} = \bar{Y}_H - \bar{Y}_V = 6.43 - 5.58 = 0.85$$

4.3.2.2 Heterosis Varietal

$$h_j = \frac{(n-1)}{(n-2)} (\bar{Y}_{h.} - \bar{Y}_H) - 1/2 (Y_{jj} - \bar{Y}_V)$$

$$1 \text{ Chis} - 455 \quad h_j = 10/9 (6.7297 - 6.43) - 1/2 (6.002 - 5.58) = 0.12$$

$$2 \text{ Chis} - 472 \quad h_j = 10/9 (6.5848 - 6.43) - 1/2 (6.715 - 5.58) = -0.40$$

$$3 \text{ Chis} - 496 \quad h_j = 10/9 (6.3797 - 6.43) - 1/2 (5.388 - 5.58) = 0.04$$

$$4 \text{ Chis} - 497 \quad h_j = 10/9 (6.5966 - 6.43) - 1/2 (6.297 - 5.58) = -0.17$$

$$5 \text{ Chis} - 512 \quad h_j = 19/9 (6.5576 - 6.43) - 1/2 (6.481 - 5.58) = -0.30$$

$$6 \text{ Nay} - 334 \quad h_j = 10/9 (6.6834 - 6.43) - 1/2 (5.934 - 5.58) = 0.11$$

$$7 \text{ Jal} - 285 \quad h_j = 10/9 (6.4714 - 6.43) - 1/2 (5.478 - 5.58) = 0.10$$

$$8 \text{ Sin} - 21 \quad h_j = 10/9 (6.2343 - 6.43) - 1/2 (4.374 - 5.58) = 0.39$$

$$\begin{aligned}
 9 \text{ SLP} - 199 h_j &= 10/9 (6.2092 - 6.43) - 1/2 (4.509 - 5.58) = 0.29 \\
 10 \text{ Tam} - 126 h_j &= 10/9 (5.8999 - 6.43) - 1/2 (4.799 - 5.58) = -0.20 \\
 11 \text{ VS} - 521 h_j &= 10/9 (6.3574 - 6.43) - 1/2 (5.406 - 5.58) = 0.01
 \end{aligned}$$

Jerarquizando de acuerdo al valor de la Heterosis varietal que presentan los progenitores tenemos:

$$\begin{aligned}
 8 \text{ Sin} - 21 &= 0.39 \\
 9 \text{ SLP} - 199 &= 0.29 \\
 1 \text{ Chis} - 455 &= 0.12 \\
 6 \text{ Nay} - 334 &= 0.11 \\
 7 \text{ Jal} - 285 &= 0.10 \\
 3 \text{ Chis} - 496 &= 0.04 \\
 11 \text{ VS} - 521 &= 0.01 \\
 4 \text{ Chis} - 497 &= -0.17 \\
 10 \text{ Tam} - 126 &= -0.20 \\
 5 \text{ Chis} - 512 &= -0.30 \\
 2 \text{ Chis} - 472 &= -0.40
 \end{aligned}$$

Aquí se puede observar que la variedad Chis - 472 es la de menor heterosis varietal y su rendimiento como se puede observar en el Cuadro es el más alto.

4.3.2.3 Heterosis Específica

$$S_{jj'} = y_{jj'} + \frac{n}{n-2} \bar{y}_H - \frac{(n-1)}{(n-2)} (\bar{y}_{h.} + \bar{y}_{h'.})$$

$$S_{1-2} = 6.839 + 11/9 (6.43) - 10/9 (6.7297 + 6.5848) = -0.09$$

$$S_{1-3} = 7.317 + 11/9 (6.43) - 10/9 (6.7297 + 6.3797) = 0.60$$

Calculando para cada una de las cruzas su heterosis específica obtendremos los valores que se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO (6) VALORES DE HETEROSIS ESPECIFICA DISPUESTOS EN UNA TABLA DIALELICA

Progenitor (j)	1 Chis 455	2 Chis 472	3 Chis 496	4 Chis 497	5 Chis 512	6 Nay 334	7 Jal 285	8 Sin 21	9 SLP 199	10 Tam 126	11 VS 521
1 Chis - 455	-	-0.09	0.60	-0.71	-0.30	0.04	-0.54	0.70	-0.31	0.12	0.50
2 Chis - 472		-	-0.39	-0.74	0.28	-0.29	0.60	-0.42	0.66	-0.12	0.52
3 Chis - 496			-	-0.27	-0.24	0.09	-0.24	0.01	0.66	0.53	-0.75
4 Chis - 497				-	-0.16	-0.01	0.11	0.47	0.17	1.13	0.01
5 Chis - 512					-	0.78	-0.03	0.36	0.12	-0.05	0.16
6 Nay - 334						-	0.22	0.02	-0.68	-0.36	0.19
7 Jal - 285							-	0.23	0.47	-0.20	-0.16
8 Sin - 21								-	-0.27	0.20	0.48
9 SLP - 199									-	-0.36	-0.45
10 Tam - 126										-	-0.49
11 VS - 521											-

V. DISCUSION

En base a los datos que se muestran en el cuadro de análisis de varianza, se puede observar que los efectos que principalmente influyeron en la expresión del rendimiento de las cruzas formadas entre los progenitores en estudio fueron la heterosis promedio y el efecto varietal; los cuales resultaron estadísticamente significativos al aplicar la prueba de F, con niveles de probabilidad de 5 % y 1 %, respectivamente.

El efecto de heterosis, la heterosis varietal y la heterosis específica no mostraron significancia estadística al aplicar la prueba de F a los mismos niveles de probabilidad, por lo que, se deduce que no influyeron marcadamente en la expresión del rendimiento.

Por lo anterior se puede decir que, en forma general, los progenitores poseen una alta capacidad de aptitud combinatoria general, la cual puede ser interpretada como alta proporción de acción génica aditiva para el carácter en estudio. Por lo que, sería recomendable efectuar mejoramiento poblacional en ellas. Lo que permitirá reunir una mayor cantidad de genes favorables, antes de utilizar estas poblaciones en un programa de formación de híbridos.

También es recomendable para mejorar materiales sobre-

salientes, recombinar las variedades o colecciones para formar compuestos, con lo que se crearían poblaciones variables de amplia base germoplásmica, las cuales pueden ser utilizadas en programas de mejoramiento a largo plazo.

Ahora en cuanto a los valores estimados para los efectos genéticos, se observa que las poblaciones con mayor efecto varietal fueron Chis 472 y Chis 512, con valores de 1.14 y 0.90, respectivamente. Este hecho permite pensar que, como se señaló antes, empleando algún método de selección recurrente se pueden mejorar eficientemente dichas poblaciones, las cuales presentan además los más altos rendimientos. Por otro lado las poblaciones que tuvieron los menores efectos varietales fueron Sin 21 y SLP 199.

Estas poblaciones también pudiéran ser utilizadas para aplicar algún método de selección recurrente (sea familiar o de progenies autofecundadas), no obstante los resultados a obtener serían a un plazo más largo que si se hiciera mejoramiento a las variedades Chis 472 y Chis 512.

Por otra parte es importante considerar el comportamiento que mostraron las poblaciones Sin 21 y SLP 199 al ser cruzadas con las otras poblaciones básicas en estudio; es decir presentaron valores altos de heterosis varietal. La situación contraria ocurrió con las variedades Chis 472 y Chis 512, las cuales presentaron altos valores de efectos varietales y bajos de heterosis varietal.

Por otro lado cruza individuales tales como Chis 455 X Sin 21, Chis 496 X SLP 199 y Sin 21 X VS 521, aunque muestran alto grado de heterosis, no es conveniente seleccionarlas has

ta no conocer su comportamiento en forma más específica, mediante los parámetros que resultan de subdividir la heterosis, para así lograr una mejor interpretación de dicho efecto.

Por lo tanto observando estos parámetros se aprecia que hay cruzas tales como la Chis 497 X Tam 126 la cual muestra un efecto de heterosis específica de 1.13, traducida como -- una alta aptitud combinatoria específica originada por la -- acción génica no aditiva predominante, lo que revela que -- existe una alta probabilidad de obtener buenos híbridos si se aplica algún método de selección recíproca recurrente en estas poblaciones. Lo anterior permitirá capitalizar la sobredominancia, los tipos de dominancia debidos a epistasis. Con esto se logrará el mejoramiento continuo de las dos poblaciones básicas, así como el de la craza poblacional y el de los híbridos desarrollados a partir de líneas derivadas -- mediante este sistema. Además facilitaría la detección de -- buenas combinaciones en las diferentes generaciones. Los -- cuales puedan utilizarse inmediatamente, o desarrollarse aún más por endocria adicional, cruzas de prueba y selección.

A continuación se presentan los efectos que intervienen para la manifestación del rendimiento de los 10 mejores híbridos. Estos se obtuvieron en base a la fórmula para rendimiento ya mencionado en párrafos anteriores, la cual es la siguiente:

$$Y_{jj'} = \bar{Y}_v + 1/2 (v_j + v_{j'}) + \bar{h} + h_j + h_{j'} + S_{jj'}$$

Híbrido

1	Chis 512 X Nay 334	7.65 = 5.58 + 0.63 + 0.85 - 0.30 + 0.11 + 0.78
2	Chis 455 X Chis 496	7.31 = 5.58 + 0.12 + 0.85 + 0.12 + 0.04 + 0.60
3	Chis 455 X Sin 21	7.21 = 5.58 + 0.39 + 0.85 + 0.12 + 0.39 + 0.70
4	Jal 285 X Chis 472	7.25 = 5.58 + 0.52 + 0.85 + 0.10 - 0.40 + 0.60
5	Chis 455 X VS 521	7.19 = 5.58 + 0.13 + 0.85 + 0.12 + 0.01 + 0.50
6	Chis 497 X Tam 126	7.16 = 5.58 - 0.03 + 0.85 - 0.17 - 0.20 + 1.13
7	Chis 455 X Nay 334	7.09 = 5.58 + 0.39 + 0.85 + 0.12 + 0.11 + 0.04
8	VS 521 X Chis 472	7.05 = 5.58 + 0.49 + 0.85 + 0.01 - 0.40 + 0.52
9	Chis 512 X Chis 472	7.03 = 5.58 + 1.02 + 0.85 - 0.30 - 0.40 + 0.28
10	SLP 199 X Chis 472	7.02 = 5.58 + 0.04 + 0.85 + 0.29 - 0.40 + 0.66

En el listado anterior se puede observar que las colecciones Chis 455 y Chis 472, son las de mayor incidencia en estas cruzas sobresalientes y las que manifiestan en forma general una buena heterosis específica en sus combinaciones. Por lo tanto, basándose en los resultados individuales también deben de ser mejoradas por medio de algún método de selección recíproca recurrente para obtener posteriormente variedades de polinización libre e híbrido sobresaliente.

La mejor craza resultante de éste estudio fué el Chis-512 X Nay 334, la cual combina en muy buen nivel sus efectos varietales y además presenta una heterosis específica aceptable, por lo que también es recomendable mejorarlas por el método de selección recíproca recurrente.

En síntesis el modelo de Gardner y Eberhart (1966) puede ser bastante útil para obtener mayor conocimiento de la variación genética y habilidad combinatoria, mediante

los parámetros debidos a heterosis: heterosis promedio, heterosis varietal y heterosis específica, a partir de los cuales es posible detectar y seleccionar con un mayor grado de seguridad los genotipos más idóneos para mejorar, así como la metodología específica más adecuada para mejorarlos.

VI. CONCLUSIONES

Como se planteó en un principio, la finalidad de éste estudio fué la de ilustrar las ventajas que presenta el modelo desarrollado por Gardner y Eberhart (1966) para el análisis de cruzamientos dialélicos, con el propósito de detectar los mejores materiales a usar en programas de mejoramiento; así como el de definir las metodologías más apropiadas para su mejoramiento. Para ello se aplicó dicho modelo a la información derivada de un estudio de cruzamientos intervarietales de maíz.

Por lo que, de los resultados obtenidos, así como de la discusión de los mismos se concluye lo siguiente:

1. Como lo señalan Gardner y Eberhart (1966), el análisis permite obtener información relativa a ciertos parámetros genéticos (heterosis promedio, heterosis varietal y heterosis específica, debidos a heterosis) a partir de los cuales es posible detectar los materiales más variables y la metodología específica más apropiada para la implementación de programas de mejoramiento.
2. Por otro lado el procedimiento de computo es bastante sencillo, siendo posible efectuarlo mediante el uso de una calculadora de escritorio.

3. En síntesis se está desperdiciando (dado que no se utilizado en México, y al menos no existen reportes) uno de los mejores métodos con que se cuenta actualmente para estudiar el germoplasma a incluir en programas de mejoramiento.

Por otro lado en lo que respecta al germoplasma que -- constituye el estudio, se concluye que:

1. Los progenitores en estudio poseen alta capacidad de aptitud combinatoria general, por lo que sería recomendable efectuar mejoramiento poblacional en ellos.
2. Para Chis 472 y Chis 512 que presentaron el mayor efecto varietal, es conveniente emplear algún método de selección recurrente para mejorarlas.
3. La crucea intervarietal Chis 497 X Tam 126 que mostró el valor más alto de heterosis específica, es recomendable mejorarla por algún método de selección recíproca recurrente.
4. Las poblaciones Chis 455 y Chis 472 que manifestaron en forma general en sus combinaciones buena -- heterosis específica, es razonable mejorarlas por medio de algún método de selección recíproca recurrente.
5. La mejor crucea fué Chis 512 X Nay 334, que presentó el mejor rendimiento y que manifestó al combinarse buenos niveles de efecto varietal y heterosis específica, por lo que es recomendable mejorarla por el método de selección recíproca recurrente.

VII. BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R. W. 1956. The analysis of genetic - environmental interactions by means of diallel crosses. *Genetics* 41: 305-318.
- ASHBY, E. 1930. Studies on the inheritance of physiological characters. *Ann. bot.* 44: 457-467.
- BARRIENTOS P. F. 1962. Aprovechamiento de cruizas intervarietales en el programa de mejoramiento de maíz en la Mesa Central. Tesis Maestro en Ciencias. -- Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- BEAL, W. J. 1880. Indian Corn. *Ann. Rep. Mich. Bd. Agric.* -- 19: 279-289.
- BRAUER, O. H. 1976. *Fitogenética Aplicada*. Ed. Limusa. México.
- BRUCE, A. B. 1910. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. *Science* 32: 627-628.
- BUCIO A. L. 1954. Algunas observaciones del comportamiento de las F_1 de las cruizas entre las razas de maíz -- descritas en México. Tesis profesional. Chapingo, México.
- CASTRO, G. M. 1964. Rendimiento y heterosis con cruizas interraciales de maíz en México. Tesis Maestro en -- Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

- COVARRUBIAS, R. C. 1960. Cruzas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento de maíz en Latinoamérica. Informe de la VI Reunión del PCCMCA. Managua, Nicaragua.
- DE LA LOMA, J. L. 1975. Genética general y aplicada. Ed. -- UTEHA. México.
- ECKHARDT, R. C. AND BRYAN, A. A. 1940. Effect of method of combining the four inbred lines of a double cross of maize upon the yield and variability of the -- resulting double crosses. J. Am. Soc. Agron. 32:- 347-353.
- EAST, E. M. AND HAYES, H. K. 1912. Heterozygosis in evolution and in plant breeding. U. S. Dept. Agr. Bul. 243.
- EAST, E. M. Y D. F. JONES. 1919. Imbreeding and outbreeding. Lippincot C. Pha.
- EAST, E. M. 1936. Heterosis. Genetic. 21: 375-397.
- FYLE, J. L. Y GILBERT. 1963. Partial Diallel Crosses. Biometrics. 19: 278-286.
- GARDNER, C. O. 1966. Simplified Methods for Estimating -- Constants and Computing Sums of Squares for a -- Diallel Cross Analysis. Fitotecnia Latinoamericana. Vol. 4 No. 2.
- GARDNER, C. O. AND S. A. EBERHART. 1966. Analysis and Interpretation of the Variety Cross Diallel and Related Population. Biometrics. 22: 439-452.
- GILBERT, N. E. 1958. Diallel Cross in Plant Breeding. Heredity. 12: 477-489.

- GONZALEZ, M. C. 1966. Estudio de cruzas intervarietales en Maíz. Memoria del Segundo Congreso Nacional de -- Fitogenética, Monterrey, N. L. p.p. 67-77.
- GRIFFEE, F. 1922. First Generation Corn Varietal Crosses. - Jour. Amer. Soc. Agron. 14: 18-27.
- GRIFFING, B. 1956. A Generalized Treatment of the use of -- Diallel Crosses in Quantitative Inheritance. - -- Heredity. 10: 31 - 50.
- HALLAUER, A. R., AND EBERHART, S. A. 1966. Evaluation of -- synthetic varieties of maize for yield. Crop Sci. 6: 423-427.
- HALLAUER, A. R. 1978. Potencial of exotic germoplasm for - maize improvement. In Maize breeding and gene- - tics. Ed. David B. Walden.
- HARBERG, A. 1953. Further Studies and Discussion of the -- Heterosis Phenomenon. Hereditas 39: 349-380.
- HAYES, H. K. AND OLSEN, P. J. 1919. First generation cro-- sses between standard Minnesota corn varieties.- Minn. Agr. Expt. Sta. Tech. Bull. 183: 5-22.
- HINKELMAN, K. 1976. Diseños Dialélicos y de cruzas múlti-- ples: ¿ Que información se tiene de ellos ? Tra- ducido por F. Castillo, G. Mimeógrafo. Rama de - Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, -- México.
- HINKELMAN, K. 1976. Proceeding of the International Confe- rence on Quantitative Genetics. August 16-21, -- 1976. Edited by Edward Pollak, Oscar Kempthorne- and Theodore B. Bailey, Jr. Iowa St. Univ. Press. p.p. 659-676.

- JINKS, J. L. 1954. The Analysis of Continuous Variation in a Diallel Cross of *Nicotiana rustica* Varieties. - Genetics 39: 767-788.
- JINKS, J. L. 1956. The F₂ and Backcross Generation from a Set of Diallel Crosses. Heredity 10.
- JOHNSON, I. J. AND HAYES, H. K. 1940. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree method of breeding. J. Am. Soc. Agron. 32: 479-485.
- JONES, D. F. 1917. Dominance of linked factors as a means of accounting for heterosis. Genetic 2: 466-479.
- JUGENHEIMER, R. W. 1976. Corn, Improvement, Seed production, and uses. Wiley & Sons, Inc.
- KEEBLE, F. AND PELLEW, C. 1910. The mode of inheritance of stature and time of flowering in peas. Genetic 1: 47-56.
- KEMPTHORNE, O. Y CURNOW, R. N. 1961. The Partial Diallel Cross Biometrics. 17: 229-250.
- KRONSTAD, W. E. Y FOOTE, W. H. 1964. General and Specific Combining Ability Estimates in Winter Wheat. Crop Sci. 4: 616-619.
- LONNQUIST, J. H. AND GARDNER, C. O. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures Crop Sci. 1(3) : 179-183.
- LUPTON, F. G. H. 1961. Studies in the Breeding of Self-Pollinating Cereals. 3 . Further Studies in Cross Prediction Euphytica 10: 209-224.

- MOLINA, G. J. 1964. Comportamiento de razas de maíz y sus cruizas con Tuxpeño, Vandeño y Stiff Stalk Synthetic en Cotaxtla, Ver. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- MOLINA, G. J. D. 1968. Generation Mean Components and their Relationship with Epistatic Effects in Diallel -- Crosses Involving Selected Partial Inbred Lines of maize. Ph. D. Thesis, Department of Genetics.- North Carolina State University, Raleigh, N. C.
- MOLL, R. H. SALHUANA, W. S. AND ROBINSON, H. T. 1962. Heterosis and Genetic Diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2: 197-198.
- MUKHERJEE, B. K. DAWAN, N. L. AND SINGH, N. N. 1971. Heterosis in intervarietal crosses in maize (*Zea Mays L.*) *Indian J. Agri. Sci.* 41(5): 483-494.
- OYERVIDES, M. G. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índices de selección en variedades -- tropicales de maíz adaptadas a Nayarit. Tesis -- Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. -- Chapingo, México.
- PACZKA, R. O. Y ANGELES, H. A. 1978. Análisis de los recursos genéticos disponibles a México. *Sociedad Mexicana de Fitogenética*, A. C. p.p. 82-83.
- PATERNIANI, E. AND LONNQUIST, J. A. 1963. Heterosis in intervarietal crosses of corn (*Zea Mays L.*) *Crop Sci.* 3: 504-507.
- RANDOLPH. L. F. 1942. The influence of heterozygosity on fertility and vigor in autotetraploid maize. *Genetics* 27: 163.

- REYES, P. C. 1977. III Reunión Nacional de Investigadores - de Maíz y Sorgo del INIA.
- REYES, P. C. 1978. Diseño de experimentos agrícolas. México Ed. Trillas.
- RICHEY, F. D. 1922. The experimental basic for the present-status of corn breeding Agron. J. 14: 1-17.
- RIVERA, F. C. H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruzas intervarietales de maíz. - Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- ROBINSON, H. F. Y MOLL R. H. Procedimientos apropiados en - el mejoramiento de la performance de los cruces -- intervarietales. Mimeógrafo. North Carolina State of the University of North Carolina Raleigh, - -- North Carolina p. p. 1-28.
- SANCHEZ, G. J. J. 1977. Efecto de niveles de divergencia -- genética y factores ambientales en la expresión - fenotípica de variedades sintéticas de maíz. Te-- sis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- SANDOVAL, S. A. A. 1964. Heterosis y componentes de rendi-- miento en ocho cruzas raciales de Maíces Mexica-- nos y del Caribe. Tesis Maestro en Ciencias. Co-- legio de Postgraduados, Chapingo, México.
- SHULL, G. H. 1914. Duplicate genes for capsule form in Bur- sa bursa pastoris. Ztschr. f. Induktive Abstam.u. Vererbungslehre 12: 97-149.
- SINGH, D. 1973. Diallel analysis for combining ability over several environments. 11. The Indian J. of. Gene-

- tics and Plant Breeding Vol. 33, 3: 469-481.
- SPRAGUE, G. F. AND L. TATUM 1942. General vs. Specific -- Combining Ability in Single Crosses of Corn. J. Amer. Soc. Agron. 43: 923-932.
- SPRAGUE, G. F. 1955. Corn and Corn Improvement. Academic-Press Inc. Publishers. New York, N. Y. 5: 215--290.
- TIMOTHY, D. H. 1961. Genetic diversity heterosis and the use of exotic stocks in maize in Columbia.
- WELLHAUSEN, E. J. 1954. Modern corn breeding and production in México. Phytopath 44: 391-395.
- WELLHAUSEN, E. J. 1965. Exotic germoplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20 th. Annual Hy. - - Corn. Ind. Res. Conference.
- WHITEHOUSE, R. N. H.; THOMPSON, J. B. Y DOVALLE RIBEIRO, - M. A. M. 1958. Studies on the Breeding of Self-Pollinating Cereals. 2. The use of a Diallel -- Cross Analysis in Yield Prediction. Euphytica - 7: 147-169.
- WILLIAMS, W. 1959. Heterosis and the Genetics of Complex Characters.
- WRIGHT, S. 1921. Systems of mating. Genetics 6: 111-178.
- WU, S. K. 1939. The relationship between the origin of -- selfed lines of corn and their value in hybrid-combinations. J. Am. Soc. Agron. 31: 131-140.
- YATES, F. 1947. Analysis of data from all possible reci--procal crosses between a set of parental lines. Heredity 1: 287-301.