

OBTENCION DE HIBRIDOS DOBLES DE MAIZ SIN
DEPRESION ENDOGAMICA EN F₂ PARA REGIONES
2
DE TEMPORAL DEFICIENTE

ARCENIO JARAMILLO SANCH

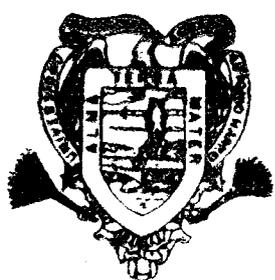
Universidad Autónoma A
"ANTONIO NARRO"



T E S I S

B I B L I O T E

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

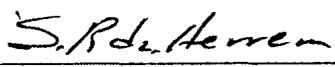
NOVIEMBRE DE 1995

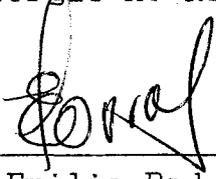
tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN FITOMEJORAMIENTO

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal: 
M.C. Humberto de León Castillo

Asesor: 
Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor: 
M.C. Emilio Padrón Corral


Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez.
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Noviembre de 1995
ii

Obtención de Híbridos Dobles de Maíz sin Depresión
Endogámica en F₂ para Regiones de Temporal
Deficiente.

ARCENIO JARAMILLO SANCHEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
en Fitomejoramiento

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"
Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 1995

DEDICATORIA

A mi esposa: Elvia de Jesús Rogelio Cisneros. Por brindarme apoyo y cariño para poder realizar las metas encomendadas

A mis hijos: Eduardo Antonio, Erick Rafael. Que con su comprensión en todo momento y sus sonrisas, me supieron dar aliento en esta etapa de mi carrera

A mis Padres: Rafael Jaramillo G. (+) y Adela Sánchez M. Quien con su consejos y sacrificios supieron impulsarme profesionalmente.

A mis hermanos: Constantino, Rocío, Edith, Ariadna Elesvan, Etelverto, Olaf, Ediltrudis, Jordán, Erik. Por haberme brindado apoyo y cariño.

A la Familia Rogelio Cisneros: por brindarme apoyo y cariño durante el transcurso de mi carrera

A Todos mis Sobrinos y Cuñados: Por el apoyo brindado en todo momento.

A Dios Padre Nuestro.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico y las facilidades que me brindaron para realizar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por brindarme la oportunidad de capacitarme en el ámbito profesional.

Al M.C. Humberto de León C. por darme la oportunidad de participar en sus trabajos de investigación que realiza en el Instituto Mexicano del Maíz, Dr. Mario E. Castro Gil y por su destacada asesoría para el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Sergio A. Rodríguez H. Por su excelente asesoría para el desarrollo y culminación de esta tesis.

Al M.C. Emilio Padrón C. por la asesoría brindada para el desarrollo del presente escrito.

Al Sr. Virgilio Flores G. por su valiosa participación en el establecimiento de los experimentos. Asimismo a los trabajadores de campo que contribuyen en la realización del presente trabajo.

COMPENDIO

Obtención de Híbridos Dobles de Maíz sin Depresión
Endogámica en F₂ para Regiones de Temporal
Deficiente.

POR

ARCENIO JARAMILLO SANCHEZ

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, NOVIEMBRE 1995.

M.C. Humberto de León Castillo -Asesor-

Palabras Claves: Maíz, Cruzas Dobles, Generación F₁ y F₂.

En los programas de mejoramiento genético del Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" se han desarrollado continuamente híbridos y variedades sintéticas

para áreas de riego y de temporal. En 1994, se evaluaron 3 híbridos dobles experimentales en su primera y segunda generación (F_1 y F_2) con dos repeticiones en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, en las localidades de Celaya, Gto. y Sandía, N.L. bajo condiciones de riego e Celaya, Gto. y Nochistlán, Zac. en condiciones de temporal. El objetivo de esta evaluación fue detectar el grado de abatimiento del rendimiento de grano ocasionado por el avance generacional, para esto se evaluaron las siguientes características agronómicas: rendimiento (RE), días floración macho (FM), días a floración Hembra (FH), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), porcentaje de acame de raíz (AR), porcentaje de acame de tallo (AT), mala cobertura de mazorca (MC), y mazorcas podridas (MP), de las cuales se realizó un análisis de varianza combinado por localidades para las nueve variables evaluadas. Posteriormente se seleccionaron diez materiales que presentaron los mejores rendimientos en la segunda generación para ser comparados con su respectiva F_1 encontrándose aumentos en los porcentajes de las variables acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura y mazorcas podridas en la F_2 ocasionado por la depresión endogámica para ciertos híbridos. Sin embargo, se encontraron tratamientos como el número nueve, 10 y 33 entre otros que presentaron rendimientos favorables en ambas generaciones siendo en estos tratamientos numéricamente mayor e

rendimiento en la F₂, por lo que con estos resultados, se aprueba la hipótesis planteada al inicio del present trabajo, ya que se ha encontrado que el rendimiento de la generaciones avanzadas no solamente se logra disminuir, sino que se ha logrado mantener igual a la primer generación.

ABSTRACT

Obtention of Maize Double hybrids Without Endogamic
Depression for Dryland Regions.

BY

ARCENIO JARAMILLO SANCHEZ

MASTER DEGREE

PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO "NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, NOVEMBER. 1995.

M.C. Humberto de León Castillo -Advisor-

Key words: Maize, Double Crosses, F1 and F2 Generations.

The plant breeding program of the Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" of the Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" have been developed, continuously, hybrids and synthetic varieties for irrigated and dryland areas. In 1994, it was evaluated 33 experimental double hybrids in their first and second

generation (F1 and F2) in a randomized complete block design under two replications. In Celaya Gto. and Sandia N.L. locations, under irrigation conditions and Celaya Gto. and Nochistlán Zac. under dryland conditions. The objective of this evaluation was to detect the degree of the grain yield decrease due the generation advance. For this, it was evaluated the following agronomic characters: grain yield, male flowering days, female flowering days, plant height, ear height, root lodging percent, stalk lodging percent, defective husk cover, rotten ears. It was realized combined analysis of variance across locations. Based of the analysis ten treatments, which showed the higher F2 grain yield, were selected. In order to be compared with their respective F1. For several hybrids, F2 were increased in root lodging, stalk lodging, defective husk covering, and rotten ears due the inbreeding depression. However, treatments 9, 10, and 33 showed same grain yield in F1 and F2. This result, proved the hypothesis of this research. Because, there were some treatments without significant differences in generations F1 compared with F2.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	xi
INTRODUCCION.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
MATERIALES Y METODOS.....	16
Material Genético.....	17
Metodología de Selección.....	18
Toma de Datos.....	19
Análisis Estadístico.....	22
RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
CONCLUSIONES.....	39
RESUMEN.....	40
LITERATURA CITADA.....	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Genealogía del material genético experimental..	1'
3.2	Localidades donde se evaluaron los híbridos experimentales.....	18
3.3	Características geográficas y climatológicas de las localidades de evaluación.....	18
3.4	Cuadro del análisis de varianza combinado a través de localidades en un diseño de bloques al azar.....	24
4.1	Concentración de cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos experimentales evaluados en la primera y segunda generación.....	27
4.2	Concentración de cuadrados medios de los contrastes realizados entre la F ₁ y F ₂	32
4.3	Concentración de medias de rendimiento y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en a F ₂ , comparado con su F ₁ y los testigos, para los ambientes de riego (L ₁ y L ₂).....	34

4.4	Concentración de medias de rendimiento y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F ₂ , comparado con su F ₁ y los testigos, para los ambientes de temporal L ₃ y L ₄	36
4.5	Concentración de medias de rendimiento y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F ₂ , comparado con su F ₁ y los testigos, para los ambientes de riego y temporal.....	38

INTRODUCCION

En México el mejoramiento genético del maíz, se ha realizado con mayor importancia en las áreas de riego y de buen temporal, por lo que se ha puesto poca atención a las áreas de temporal deficiente, entre las regiones más importantes productoras de maíz se encuentra el área de el Bajío Mexicano, que se encuentra a una altura entre 1,000 ; 1,800 msnm, siendo una región que contribuye grandemente en la producción nacional de maíz, sin embargo; la poca disponibilidad de semilla de alta calidad física y genética la poca importancia para los agricultores a las prácticas culturales y el uso de insumos inadecuados e inoportunos que requiere el cultivo del maíz, ha obligado a los productores a buscar alternativas en el uso de semilla mejorada; por lo que una práctica bastante extendida en algunas zonas del país ha sido el uso de generaciones avanzadas de los híbridos comerciales, los cuales han superado en calidad, rendimiento a los materiales de la región; los productores de temporal en la mayoría de los casos usan un remanente de cada ciclo agrícola anterior por ser muy elevado el costo de la semilla mejorada original y certificada.

Con la finalidad de obtener materiales que se puedan recomendar por varios ciclos de siembra en áreas de poca disponibilidad de humedad, se han formado un amplio número de híbridos dobles, obteniendo semilla F₁ y F₂ de estos híbridos en la localidad de Tepalcingo Morelos en el ciclo otoño-invierno, con la finalidad de ser evaluados en el ciclo primavera-verano. Estos materiales fueron formados de cruces simples, las que a su vez fueron derivadas de líneas precoces y que fueron parcialmente seleccionadas en diferentes ambientes. De esta forma se pretende obtener materiales que reduzcan muy poco su rendimiento al sembrar semilla F₂ y que puedan ser recomendados al productor para ser sembrados por varios ciclos de siembra dado que en la F₂ es donde se observa la máxima reducción en rendimiento. El material experimental ha sido formado a partir de genotipos precoces sobresalientes adaptados a la región de el Bajío Mexicano. Dichos materiales se derivaron del programa para el Bajío del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) Dr. "Mario Castro Gil," de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro."

OBJETIVO

- 1.- Evaluar el grado de abatimiento del rendimiento de granos ocasionado por el avance generacional de F₁ a F₂.

HIPOTESIS

- 1.- Existen híbridos dobles donde el rendimiento de la F_2 no difieren significativamente del que es posible obtener con semilla F_1 .

REVISION DE LITERATURA

Busbice (1969) utilizó el método de probabilidad de Malecot para estimar el coeficiente de endogamia y derivó fórmulas para predecir la endogamia en cualquier generación de una variedad sintética. Aplicando la fórmula derivada de este estudio determinó el efecto del número de padres utilizados, la cantidad de endogamia de dichos padres y la generación de la variedad sintética que deberá ser utilizada con mayor ventaja para la producción agronómica, obteniendo por conclusión lo siguiente, a medida que el número de padres de una variedad sintética disminuye, aumenta el grado de endogamia, indicando que el número de padres para un sintético deberá ser relativamente alto.

Busbice (1970) derivó una fórmula para predecir el rendimiento de una variedad, esta fórmula estima el efecto de el número de padres, la endogamia y la habilidad combinatoria de estas y la autofecundación, la fórmula está basada en el aumento del vigor sin endogamia y en su reducción con endogamia, determinando que existe una relación lineal entre rendimiento y heterocigosis por lo que es claro que se puede aumentar el rendimiento escogiendo padres con un alto potencial genético. El potencial puede ser obtenido mediante

dos formas a), escogiendo progenitores que muestren menor depresión por endogamia y b), escogiendo como progenitores aquellas líneas que muestren mayor porcentaje de heterosis cuando son apareados con otras, estos aspectos deberán estar correlacionados en forma positiva. Un número suficiente de progenitores deben ser incluidos en la variedad para contrarrestar la endogamia en generaciones avanzadas, si embargo, el número de progenitores es menor cuando las líneas no tienen endogamia ó el grado de estas es pequeño. Señalando que se deberán incluir por lo menos cuatro líneas para contrarrestar la depresión endogámica en generaciones avanzadas, además la depresión endogámica aumenta cuando los progenitores están emparentados y sucede cuando el número de líneas es muy pequeño, por lo que el uso de padres emparentados deberá ser rechazado.

Gilmore (1969) menciona que algunos mejoradores usaron la fórmula propuesta por Wright para demostrar rendimientos altos de variedades sintéticas formadas por líneas (S_1) de baja endogamia, así como los bajos rendimientos formados con líneas altamente endocriadas con igual habilidad combinatoria, y esto solamente es válido si las frecuencias génicas de las líneas altamente endogámicas es igual a la frecuencia génica de las líneas con poca endogamia, determinando que la producción de sintéticas depende solamente de las frecuencias génicas de los padres

Márques (1979) utilizó la fórmula de Wright para predecir el rendimiento de un sintético de maíz en su F_2 donde $F_2 = F_1 - (F_1 - P)/n$, donde el principio básico es el ajuste del rendimiento esperado de F_1 y P , para curvas asintóticas que esta en función del número de líneas (n) incluidas en el sintético. La asíntota de la función F_1 es asumida como el rendimiento (v) del cultivo de polinización abierta del cual las líneas son derivadas, esto es la base de la población, donde desarrollaron curvas para F_1 y P , para cada grupo de n líneas y seleccionar el sintético F_1 de mayor alto rendimiento (mejor sintético F_1) fuera de las combinaciones posibles de m líneas. Posteriormente ajustaron los datos a una curva teórica (Hipérbola) por mínimos cuadrados no lineal para estimar los puntos correspondientes sobre las curvas. Para hacer la predicción de la F_2 se realizó una curva con un mínimo de $n=2$ y máximo cuando $n=$ con un límite de rendimiento (v) cuando se incrementa n .

Márques (1992) menciona que una variedad sintética está formada por su endogamia y otros factores como es el número de padres, de la endogamia de los progenitores y de parentesco entre ellos, otros resultados no consideraban el número de individuos por padre, los cuales tienen un efecto sobre la endogamia de los sintéticos y así sobre el rendimiento. De igual forma presentó que el coeficiente de endogamia en la segunda generación varía inversamente con el

número de líneas. De esta forma el grado de endogamia en la segunda generación es la misma si la primera generación es obtenida por intercrucamiento de las líneas o por apareamiento al azar de las plantas de las líneas. Por lo que la fórmula de Wright sólo es válida para predecir la endogamia de una variedad sintética cuando los padres homocigotos son usados por algunos como una simple planta como una línea, si otros factores que determinan el rendimiento están excluidos (frecuencias génicas multialelismo y epistasia), entonces las variedades sintéticas tienen mayor producción cuando usan una línea como padre que cuando usan una planta individual como progenitor.

Sánchez y Estruelas (1952) mencionan que el vigor híbrido obtenido por la heterocigosis se debe a efectos de dominancia, en la cual tanto la disminución de vigor por consanguinidad como la heterosis obtenida por cruzamientos son fenómenos mendelianos que envuelven una interacción entre genes dominantes que tienden a aumentar el vigor y genes recesivos que lo disminuyen, por lo tanto, la depresión obtenida por consanguinidad se manifiesta cuando se somete una población a un régimen autogámico, donde aparecerán los homocigotes recesivos con abatimiento del rendimiento asimismo ellos mencionan que en la pérdida de vigor aumenta la variación entre las plantas de cada progenie por el aumento de la homocigosis.

Alcázar y Martínez (1984) sembraron 40 cruces intervarietales en su F₂, para conocer el comportamiento agronómico de esta generación avanzada, al realizar un análisis estadístico conjunto, detectaron diferencias altamente significativas en las fuentes de variación: localidad, tratamientos y en la interacción genotipo ambiente, así mismo detectaron 20 cruces intervarietales con rendimientos muy similares entre sí estadísticamente y además presentaron un comportamiento muy similar al mejor testigo (H-507) para el carácter rendimiento de grano.

Córdova y Márques (1979) al formar siete grupos de sintéticos constituidos de dos, tres, hasta ocho líneas endogámicas de maíz, que fueron evaluadas en cinco localidades escogieron al mejor, encontrando que este sintético estuvo constituido por cinco líneas superando significativamente a la variedad original por un amplio margen de rendimiento de 31 por ciento. Asimismo no existió diferencia significativa entre los sintéticos formados con cinco a ocho líneas, mientras que la media de rendimiento de los sintéticos formados con dos y tres líneas no lograron superar a la media de la variedad original, esto lo atribuyen a la fuerte depresión endogámica causada por el reducido número de padres involucrados.

Campo y Renteria (1984) formaron varios sintéticos con diferente número de líneas S_1 , al hacer las evaluaciones de estos materiales en la F_2 , encontraron que los sintéticos formados con seis líneas presentaban una tendencia muy general, superando muy claramente a la variedad original encontrando una diferencia significativa promedio de un 1 por ciento de la F_2 con respecto a la F_1 .

Asimismo Espinoza y Hernández (1980) evaluaron el híbrido H-133 en sus generaciones avanzadas, observando que el rendimiento disminuye considerablemente en la F_2 , pero que en generaciones posteriores ocurre una recuperación en el rendimiento, llegando a alcanzar un equilibrio a partir de la F_4 .

Fasoulas (1978) menciona que los objetivos de mejoramiento genético lo principal es elevar y mejorar la calidad de los cultivos a través de la recombinación genética, y define al vigor como la superioridad que presentan la progenies con respecto a los progenitores asociado con el aumento de la heterosis generada con mayor frecuencia después de un cruzamiento, además expone que el vigor y la endogamia pueden estar asociados con ambos tipos de reproducción y dependiendo del tipo de acción génica que se presente, por lo que cuando existen loci codominante en mayor número que los semidominantes el vigor híbrido

esta en función de la heterosis, mientras que cuando los semidominantes están en mayor proporción el vigor es obtenido por la homocigosis, pero cuando los loci codominantes semidominantes están más o menos en igual proporción el vigor es originado por la heterosis y homocigosis, además menciona que los genes dominantes no son tan afectados por la homocigosis ni por la heterosis, por que una dosis simple es capaz de desarrollar la misma expresión al igual que cuando presenta doble dosis.

González *et al* (1993) utilizaron semilla de las cruces entre híbridos comerciales F_1 , como una opción para los productores de escasos recursos. De este trabajo evaluaron cinco híbridos comerciales de maíz en F_1 , F_2 y F_3 así como las cruces posibles entre ellas en F_1 y F_2 , para comparar sus rendimientos de grano en cuatro ambientes bajo condiciones de temporal, de los resultados obtenidos encontraron favorable utilizar semilla de cruces entre híbridos comerciales F_1 e inclusive en F_2 debido a: 1). Las cruces en F_1 y F_2 , a partir de híbridos comerciales F_1 tuvieron rendimientos similares a los propios híbridos progenitores de las cruces y superiores a las generaciones avanzadas (F_2 y F_3), de los propios híbridos y 2). Se observó heterosis para rendimiento en la F_1 , de las cruces entre híbridos comerciales F_1 provenientes de diferentes empresas

Hernández y Reyes (1986) realizaron cruzamientos entre variedades de polinización libre, para aprovechar los efectos de heterosis por la diversidad genética de los progenitores, los materiales utilizados como hembras fueron variedades mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) asimismo el material usado como macho fue una variedad enana NLVS-1E, al ser evaluados en la F₁ y F₂, se encontró que el método de mejoramiento fue efectivo al obtener genotipos de mayor rendimiento, además la mejora genética fue observada en la producción de grano, datos similares fueron obtenidos por Ortiz (1961) al encontrar en variedades sintéticas de generaciones avanzadas los máximos rendimientos en la primera generación, sin diferencias significativas con respecto a las generaciones posteriores a la F₂, sin embargo, cuando ocurre la selección, los resultados son muy diferentes, como los encontrados por Lonquist y Mc Gill (1956), ya que al realizar selección visual de mazorcas en el avance generacional de tres sintéticos, desde F₂ hasta F₅ encontraron rendimientos superiores de un nueve por ciento en promedio acompañados de una madurez mas tardía.

Neal (1935) al estudiar el rendimiento en F₁ y F₂ de 10 cruzas simples, cuatro triples y diez dobles, encontró que los resultados concuerdan con los predichos utilizando la

fórmula de Wright, demostrando que la pérdida de vigor en la generación F_2 varía inversamente con el número de líneas involucradas en el cruzamiento, a esta reducción la expresa como $1/n$ de vigor híbrido de las cruzas; por lo tanto, un medio, un tercio y un cuarto del vigor híbrido obtenido en la generación F_1 se perderá en la F_2 , cuando dos, tres ó cuatro líneas son los progenitores. Asimismo observó reducciones en producción de 29.5, 23.4 y 15.8 por ciento para las cruzas simples trilineales y dobles respectivamente. Además encontró que en la F_2 se alcanza un equilibrio gamético, por lo que no se esperan reducciones en el vigor en las generaciones subsecuentes bajo apareamiento aleatorio y en ausencia de selección. Años mas tarde Valdivia y Vidal (1984) corroboraron esta teoría, al encontrar datos muy similares manifestando que las cruzas simples y las triples disminuyeron su rendimiento en mayor proporción que las cruzas dobles, concluyendo que el rendimiento de las generaciones avanzadas es inversamente proporcional al número de líneas o progenitores del híbrido original.

Ortiz y Espinoza (1980) evaluaron cuatro híbridos de maíz el H-133, H-311, H-135 y H-149E, estando conformados los dos primeros de cuatro líneas y los dos restantes de tres, de cada uno se emplearon las generaciones F_1 y F_2 respectivamente, encontrándose diferencias significativas para las variables rendimiento, materia seca, por ciento de

grano, altura de planta y mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera y longitud de mazorca, mientras que las variables que no mostraron significancia fueron: número de mazorcas, cobertura de la mazorca, acame de planta, diámetro de mazorca, peso hectolítrico, peso de 200 semillas y número de mazorcas buenas. Encontrando que el H-149E fue el material que presentó mejor rendimiento con 8,012 kg/ha. Sin embargo, en la generación F₂ presentó una gran disminución del 35 por ciento, atribuyéndoselo al alto grado de heterosis que presentó en la primera generación, debido a que está formado por tres líneas altamente homocigotas, no así para el H-135 que está conformado por igual número de líneas pero con pocas autofecundaciones lo que provoca menor heterosis en la F₁, disminuyendo su rendimiento en menor proporción en un 9.7 por ciento en la F₂ con respecto a su F₁. Mientras que el H-133 no presentó gran diferencia en cuanto a rendimiento ya que ésta formado por un mayor número de padres, resultados similares fueron encontrados en estudios realizados en este mismo híbrido por Molina y Carballo (1984) al observar un abatimiento máximo del rendimiento en un 14.8 por ciento y una reducción de 4.24 días a la floración de la F₄ con respecto a la F₁. La generación F₄ no presentó diferencia significativa en rendimiento con respecto a la variedad criolla, sin embargo, el grano es de mejor calidad y las plantas presentan mayor resistencia al acame y al daño de plagas y enfermedades, además se encontró que en la

F₃ se presentó la máxima reducción en rendimiento, aunque sin diferencias estadísticas con respecto a la F₂ y F₄.

Peña y Arellano (1980) evaluaron la primera y segunda generación del híbrido H-131 bajo dos ambientes, encontrando una reducción en rendimiento en la F₂ del 9.5 por ciento en los dos ambientes, viéndose más afectados por efecto de la depresión endogámica la sanidad de la planta y mazorca, porcentaje de desgrane, no encontrando diferencias significativas en porcentaje de acame, altura de planta, cuateo, plantas jorras y área foliar debido a esto no se observó una gran disminución en rendimiento en la F₂, por lo que se sugiere la utilización de este híbrido para generaciones avanzadas por los agricultores ya que presenta un abatimiento en rendimiento relativamente bajo.

Ramírez *et al* (1986) evaluaron las generaciones sucesivas de F₁ a F₅ de cada una de las cruza simples de los híbridos dobles tropicales H-503, H-507 y H-510, el cual formaron híbridos dobles los que a su vez los llevaron hasta la F₅, compararon las generaciones avanzadas contra los híbridos antes mencionados así como con una variedad mejorada y otra criolla de la región, encontraron que las generaciones avanzadas rindieron de un 12 a 18 por ciento menos que su generación F₁, obteniéndose rendimientos similares a la variedad mejorada, por lo que el uso de generaciones

1

avanzadas por los productores como alternativa, ante la carencia de semilla mejorada es justificable y en algunos casos proporciona mejores resultados que el uso de materia criollo no mejorado, Pedrizco (1964), encontró en estudios muy similares a estos que los híbridos dobles formados con generaciones avanzadas de sus cruzas simples, son un medio para producir semilla en forma menos complicada, mas económica y sobre todo sin disminuir los rendimientos. Por lo que además no es necesario efectuar selección en las generaciones avanzadas de las cruzas simples para conservar o superar los rendimientos, por el contrario este disminuye si se aplica selección en la F_2 de las cruzas simples debido a que en esta generación existe la mayor segregación y se pueden eliminar genotipos de mal aspecto, pero con buena aptitud combinatoria. Además otros caracteres como acame de planta, cuateo, número de hijos y precocidad no se ven modificados en la formación de híbridos en las diferentes condiciones, de igual manera Vásquez (1969), menciona que al formar las cruzas dobles con cruzas simples en generaciones de F_2 hasta la F_5 , los rendimientos no presentan diferencias significativas mientras que los híbridos comunes el rendimiento de la F_2 es inferior estadísticamente con respecto al de la F_1 , de tal manera que en los híbridos comunes los rendimientos a partir de la F_3 son muy similares al de la F_2 , mas sin embargo, la calidad de la mazorca es superior en la F_1 y a partir de la F_2 se mantiene constante.

MATERIALES Y METODOS

Con la finalidad de obtener materiales que se puedan recomendar por varios ciclos de siembra en áreas de poca disponibilidad de humedad se formaron un amplio número de híbridos dobles, obteniendo semilla F_1 y F_2 de estos híbridos en la localidad de Tepalcingo Morelos en el ciclo otoño-invierno de 1993, con la finalidad de ser evaluados en el ciclo primavera-verano de 1994. Utilizandose un total de 33 híbridos dobles experimentales los cuales fueron formados de cruza simples (Cuadro 3.1), las que a su vez fueron derivadas de líneas precoces y que han sido seleccionadas de diferentes ambientes. Asimismo se usaron dos testigos de comparación en la primera generación F_1 los cuales fueron: AN-447 y AN-450, siendo materiales con un alto potencial de rendimiento generados por el IMM.

La parcela experimental en los ensayos estuvo constituida por dos surcos de 4.2 m de longitud y 0.75 m de ancho, obteniéndose de ésta forma una parcela útil de 6.3 m², sembrándose 21 plantas por surco, registrandose una densidad de población de 66,666 plantas por hectárea.

La siembra de los experimentos se realizó en forma manual, depositando dos semillas por golpe, posteriormente

Cuadro 3.1 Genealogía del material genético experimental

Material No.	Genealogía
1	CAFIME- 28-2 * VS-201-113-2-1 * PC
2	VS-201-C3-6-1 * VS-201-(S)-113-1-3 * PC
3	VS-201-C3-11-1 * VS-201-(S)-C2-56-4 * PC
4	VS-201-C3-16-2 * COMP. PRECOZ-45-3 * PC
5	VS-201-C3-18-1 * COMP. PRECOZ-60-3 * PC
6	VS-201-C3-18-2 * COMP. PRECOZ-60-5 * PC
7	VS-201-C3-20-1 * VS-201-(CP)-C2-92-3-3 * PC
8	VS-201-C3-22-2 * VS-201-(CP)-C2-95-1-1 * PC
9	VS-201-C3-24-1 * VS-201-(S)-C2-56-5 * PC
10	VS-201-C3-40-4 * VS-201-(CP)-C2-95-2-1 * PC
11	VS-201-C3-42-2 * VS-201-(CP)-C2-68-1 * PC
12	VS-201-C3-43-1 * VS-201-(CP)-C2-95-1-1 * PC
13	VS-201-C3-44-1 * VS-201-(CP)-C2-95-2-2 * PC
14	VS-201-C3-54-3 * VS-201-C3-2-1 * PC
15	VS-201-C3-64-1 * VS-201-C3-13-2 * PC
16	COMP. PRECOZ-45-2 * VS-201-C3-19-2 * PC
17	COMP. PRECOZ-45-3 * VS-201-(CP)-C2-95-4-2 * PC
18	COMP. PRECOZ-45-6 * VS-201-C3-40-5 * PC
19	COMP. PRECOZ-58-1 * VS-201-C3-16-2 * PC
20	COMP. PRECOZ-60-3 * VS-201-C3-16-4 * PC
21	COMP. PRECOZ-60-5 * VS-201-C3-18-2 * PC
22	CN-(CP)-C3-45-2-4 * VS-201-C3-22-4 * PC
23	VS-201-(CP)-C2-56-2-1 * VS-201-C3-25-1 * PC
24	VS-201-(CP)-C2-95-1-3 * VS-201-C3-30-1 * PC
25	VS-201-(CP)-C3-95-2-2 * VS-201-C3-40-4 * PC
26	VS-201-(CP)-C2-95-4-2 * VS-201-C3-50-1 * PC
27	VS-201-(CP)-C2-95-4-4 * VS-201-C3-59-3 * PC
28	VS-201-(CP)-C2-95-4-5 * VS-201-C3-64-1 * PC
29	VS-201-(S)-C2-70-1-1 * VS-201-C3-64-2 * PC
30	CN-(S)-C2-80-2-5 * (CAFIME)-28-2 * PC
31	CN-(S)-C2-80-2-7 * VS-201-C3-2-2 * PC
32	VS-201-(S)-C2-56-4 * VS-201-C3-13-5 * PC
33	VS-201-C3-11-3 * VS-201-(CP)-92-3-1 * PC
T1	AN-447
T2	AN-450

PC= Progenitor Común.

PC= (Pob22-S3-5 * D1)-14 * (AN24 * D2)-22

se aclaró a una mata de ésta forma se aseguró el número óptimo de plantas por parcela, el desarrollo del cultivo fue conducido bajo riego en las localidades de Celaya, Gto. Sandía, N.L, mientras que en Nochistlán, Zac. y Celaya, Gto. los experimentos fueron establecidos bajo condiciones de temporal, asimismo se aplicaron plaguicidas en todos los experimentos cuando fue necesario.

En la fertilización se aplicó la fórmula 180-90-00 la cual fue distribuida en dos partes; realizándose una primera aplicación al momento de la siembra (90-90-00) y una segunda aplicación en el primer cultivo. El número de riegos que se aplicaron fue variable ya que estuvo en función de los requerimientos de cada localidad bajo riego, mientras que en las localidades que fueron sembradas en condiciones de temporal las siembras se realizaron con el inicio de las primeras precipitaciones.

Metodología de la Selección

Los criterios de selección se basaron en identificar los genotipos que presentan las medias de rendimiento mas superiores en la segunda generación, las cuales posteriormente se compararon con su respectiva F_1 , tanto en rendimiento como para las demás características evaluadas y con los testigos establecidos, esta metodología se realizó tanto para los ambientes de riego como de temporal y en forma combinada.

Cuadro 3.2 Localidades donde se evaluaron los híbridos experimentales.

Localidad	Ambiente	Abrebiat.	Fecha de Siem.
Celaya, Gto.	Riego	L1	2 /V/ 94
Sandía, N.L	Riego	L2	27 /IV/ 94
Celaya, Gto.	Temporal	L3	16 /VI/ 94
Nochistlán, Zac.	Temporal	L4	22 /VI/ 94

Cuadro 3.3 Características geográficas y climatológicas de las localidades de evaluación.

Loc	Ubicación		Alt. (msnm)	Precip. mm/anual	Temp. media °C
	Lat N.	Lon W.			
L1	20° 31'	100° 49'	1800	683	20.0
L2	24° 12'	100° 05'	1590	300	18.3
L3	20° 31'	100° 49'	1800	683	20.0
L4	21° 22'	102° 51'	1930	415	15.6

Toma de Datos

Las variables que fueron medidas en los genotipos evaluados en los cuatro ambientes fueron las siguientes.

1. Días a Flor Masculina (FM). Determinado como el número de días transcurridos a partir de la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de cada parcela presentaban un 50 por ciento de anthesis.

2. Días a Floración Femenina (FH). Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que un 50 por ciento de las plantas de cada parcela presentaban emergencia de estigmas.

3. Altura de Planta (AP). longitud expresada en centímetros apartir de la base del tallo hasta la base de la espiga, tomándose la media de un muestreo realizado al azar de 10 plantas por parcela.

4. Altura de Mazorca (AM). Longitud promedio en centímetros tomada desde la base del tallo, hasta el nudo de inserción de la mazorca, obteniéndose la media de una muestra 10 plantas medidas al azar de cada parcela.

5. Acame de raíz (AR). Por ciento de plantas de cada parcela que presentaron una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la vertical.

6. Acame de Tallo (AT). Por ciento de plantas por parcela que presentaron quebramiento del tallo por de bajo de la mazorca.

7. Mala Cobertura (MC). Por ciento de plantas de cada parcela cuyo totomoxtle no cubre en su totalidad a la mazorca.

8. Mazorcas Podridas (MP). Se consideran mazorcas podridas las que presentan mas de un 10 por ciento de granos podridos, expresado en por ciento en función del número total de mazorcas por parcela.

9. Numero de Plantas Cosechadas (NPC). Total de plantas cosechadas por parcela.

10 Número de Mazorcas Cosechadas (NMC). Total de mazorcas cosechadas de cada parcela útil.

11. Peso de Campo (PC). Peso de mazorcas por parcela al momento de la cosecha.

12. Peso seco (PS). Se tomó una muestra aleatoria de 250 gr de grano del total de mazorcas cosechadas por parcela, para determinar el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador Steinlite modelo RCT. Calculándose el por ciento de materia seca por diferencia con el 100 por ciento. Finalmente este factor se multiplico por el peso de campo obteniéndose el peso seco en mazorca al cero por ciento de humedad, posteriormente se obtuvo el rendimiento en ton/ha al multiplicar el peso seco por el factor de conversión al 15.5 por ciento de humedad, el cual se obtiene con la siguiente fórmula.

$$FC = \frac{10,000 \text{ m}^2}{APU \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC= Factor de conversión a ton/ha

APU= Area de la parcela útil (distancia entre surcos
x distancia entre plantas x número óptimo de
plantas por parcela).

0.845= Constante para obtener el rendimiento al 15.5
por ciento de humedad

1000= Coeficiente para obtener el rendimiento en
ton/ha.

10,000m²= Superficie de una hectárea.

Análisis Estadístico ✓

Para el análisis por localidad se utilizó, un diseño experimental en bloques al azar con dos repeticiones, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = Media general del experimento.

t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto de la j-ésima repetición

E_{ij} = Efecto del error experimental

Además de los análisis por localidad, se llevaron a cabo los análisis de varianza combinados a través de localidades, bajo el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j(k) + I_k + (tI)_{ik} + E_{ij}(k)$$

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

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

$k = 1, 2, \dots, l$ (localidades)

Donde:

Y_{ijk} = Observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición de la k -ésima localidad.

μ = Efecto de la media general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento. (La fuente de variación tratamiento se particionó en F_1 y F_2).

$\beta_j(K)$ = Efecto de la j -ésima repetición en la k -ésima localidad.

I_k = Efecto de la k -ésima localidad.

$(tI)_{ik}$ = Efecto del i -ésimo tratamiento por la k -ésima localidad. (Esta fuente de variación se particionó en $F_1 * loc$ y $F_2 * loc$).

$E_{ij}(K)$ = Efecto del error experimental.

Cuadro 3.4 Cuadro del análisis de varianza combinado a través de localidades en un diseño de bloques al azar.

F.V	g.l	S.C.	C.M.	F.C
Localidades	(l-1)	SC _L	CM ₅	CM ₅ /CM ₄
Reps./Loc.	l(r-1)	SC _{R/L}	CM ₄	-
Tratamientos	(t-1)	SC _t	CM ₃	CM ₃ /CM ₁
Trat*Loc.	(t-1)(l-1)	SC _{t/L}	CM ₂	CM ₂ /CM ₁
Error	l(t-1)(l-1)	SC _e	CM ₁	
Total	ltr-1	SC _{Tot.}		

NOTA: La fuente de variación tratamiento se fraccionó en sus dos generaciones F₁ y F₂ y en el contraste F₁ vs F₂.

Para determinar la variación entre los datos experimentales que intervinieron en los análisis de varianza, se determinaron los coeficientes de variación (CV) mediante la fórmula siguiente.

$$CV = (CMEE)^{0.5} / x * 100$$

Donde:

CMEE= Cuadrado medio del error experimental

X= Media general

Cuando la prueba de "F" fue significativa, en la fuente de variación tratamiento se llevó a cabo la prueba de contrastes entre la F₁ y F₂, asimismo la de diferencia de medias.

Para poder llevar a cabo el análisis de las variables porcentuales (AR, AT, MC, MP), fue necesario realizar la transformación de estos valores, para forzarlos hacia una distribución normal, supuesto que deberá de cumplirse para que sea correcto el análisis estadístico. El método de transformación que logró el mejor ajuste fue el de raíz cuadrada, utilizando la siguiente expresión matemática.

$$Y = (x + 0.5)^{0.5}$$

Donde:

Y= Valor transformado

X= Valor porcentual observado

0.5= Constante utilizada para evitar la respuesta del error en las operaciones donde el valor de "X" fue cero.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la concentración de cuadrados medios (Cuadro 4.1) encontramos que para la fuente de variación localidad se encontró diferencias altamente significativas en las nueve variables evaluadas, esto demuestra que las localidades difieren entre si en cuanto a condiciones climatológicas, textura de suelo y fertilidad por lo que afectan el desarrollo de los materiales, en cuanto a la fuente de variación repeticiones por localidad se encontró diferencias altamente significativas para las variables altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz, mala cobertura y rendimiento, reflejando que las parcelas experimentales no estuvieron en igualdad de condiciones por la diversidad de los tipos de suelos que existen en los diferentes ambientes. De igual forma se encontró diferencia significativa en altura de mazorca y altamente significativa en los caracteres días a floración macho, días a floración hembra, altura de planta, acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura, mazorcas podridas y rendimiento en la fuente de variación tratamiento, indicando que los materiales presentan diversidad genética debido principalmente a que los materiales en la primera generación son mas uniformes y en la segunda generación existe mayor segregación de genes. En la misma fuente de

Cuadro 4.1 Concentración de cuadrados medios de los análisis de varianza combinado para rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos experimentales evaluados en la primera y segunda generación.

F.V	G.L	FM	FH	AP	AM
Loc	3	3265.97 **	5475.52 **	64629.10 **	27670.77 **
Rep/Loc	4	15.22 NS	6.66 NS	2646.49 **	1980.49 **
Tratamiento	65	28.37 **	23.94 **	583.64 **	409.91 *
F1	32	43.20 **	31.08 **	491.23 NS	246.46 NS
F2	32	13.39 **	17.27 **	666.11 **	524.31 **
F1 vs F2	1	33.50 **	9.01 **	901.70 **	1720.09 **
Trat x Loc	195	19.52 **	12.60 **	358.55 NS	385.96 **
F1 x Loc	96	33.24 **	18.71 **	378.76 NS	374.24 **
F2 x Loc	96	4.40 NS	5.50 NS	229.81 NS	328.66 *
F1 vs F2 x Loc	3	64.55 **	44.22 **	3832.13 **	2613.68 **
Error	260	11.86	5.00	385.15	280.19
Total	527	35.28	41.31	782.67	503.66
C.V (%)		4.73	3.00	10.36	18.21
Media		72.70	74.48	189.41	91.91

*: Significativo al 5% NS: No significativo.

** : Altamente significativo al 1%

Cuadro 4.1 Continuación.

F.V	G.L	AR	AT	MC	MP	RE
Loc	3	102.76 **	69.85 **	77.46 **	88.95 **	162.15 **
Rep/Loc	4	6.21 **	1.18 NS	11.00 **	1.02 NS	35.37 **
Tratamiento	65	2.33 **	1.87 **	3.13 **	2.15 **	5.34 **
F1	32	0.67 NS	1.34 **	2.05 **	1.25 NS	3.48 **
F2	32	2.66 **	2.37 **	4.32 **	2.87 **	4.14 **
F1 vs F2	1	44.91 **	2.73 NS	2.88 NS	7.75 **	103.30 **
Trat x Loc	195	1.05 **	0.89 **	1.38 **	0.77 NS	2.69 **
F1 x Loc	96	0.78 NS	0.88 NS	1.67 **	0.82 NS	2.93 **
F2 x Loc	96	1.24 **	0.79 **	1.07 **	0.71 NS	1.76 **
F1 vs F2 x Loc	3	3.36 *	4.58 **	2.38 NS	1.42 NS	24.91 **
Error	260	0.71	0.67	0.99	0.79	1.92
Total	527	1.66	1.30	1.91	1.45	3.79
C.V (%)		35.62	35.18	26.95	30.54	18.98
Media		2.37	2.33	3.69	2.92	7.30

*: Significativo al 5%

NS: No significativo.

**: Altamente significativo al 1%

variación específicamente para los materiales evaluados en la primera generación, se encontraron diferencias altamente significativas en días a floración macho, días a floración hembra, acame de tallo, mala cobertura y rendimiento, de esta forma sabemos que los híbridos evaluados presentan diferente información genética, que nos es favorable ya que se pueden seleccionar materiales con las características agronómicas que convengan para obtener híbridos de gran productividad, en cuanto a la segunda generación se encontraron diferencias altamente significativas en todos los caracteres evaluados, de esta forma se manifiesta que dichos materiales se han vuelto mas variables por el libre apareamiento, ocasionando la segregación de genes y manifestándose la homocigosis recesiva para ciertos loci, trayendo como consecuencia menor vigor a estos materiales. Al realizar la comparación de ambas generaciones se observó diferencia altamente significativa días a floración macho, días a floración hembra en altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz, mazorcas podridas y rendimiento, por lo que dichos híbridos experimentales muestran diferente comportamiento durante su ciclo vegetativo al pasar de una generación a otra, mientras que las variables acame de tallo y mala cobertura fueron más estables a la diversidad de ambientes ya que no presentaron significancia alguna. En la interacción tratamiento por localidad se encontró que para los caracteres días a floración macho, días a floración hembra, altura de mazorca, acame de raíz, acame

de tallo, mala cobertura y rendimiento hubo diferencias altamente significativas, demostrando que los materiales son altamente influenciados por el ambiente, tanto en la primera generación como en la segunda. Esto es corroborado al encontrar diferencias altamente significativas en las variables días a floración macho, días a floración hembra, altura de mazorca, mala cobertura y rendimiento en la interacción genotipo por localidad para la primera generación, mientras que para las otras cuatro variables no se encontró significancia alguna. En cuanto a la interacción F₂ por localidad, de las nueve variables evaluadas se presentaron diferencias significativas en altura de mazorca y altamente significativo en acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura y rendimiento, esto nos demuestra que los materiales en la segunda generación, son menos vigorosos que presentan menor uniformidad y que interaccionan en mayor grado con el ambiente, afectando a caracteres que contribuyen directamente con el rendimiento ya que las generaciones avanzadas de los híbridos se vuelven mas heterogéneos y por lo tanto hay tratamientos menos vigorosos, asimismo al comparar la primera y segunda generación a través de localidades se encontró diferencia significativa en acame de raíz, sin significancia alguna en mala cobertura y mazorcas podridas y altamente significativo en días a floración macho, días a floración hembra, altura de planta, altura de mazorca, acame de tallo y rendimiento, esta significancia es debido a

las diferencias en el material al pasar de una generación a otra siendo mas drástica en la segunda generación, ya que en la F₁ los materiales son mas uniformes, existe mayor homogeneidad y en la F₂ ocurre la máxima segregación de genes, provocando mayor heterogeneidad y dando inicio a la depresión endogamica que aunado a los diferentes condiciones ambientales provoca diferente comportamiento entre y dentro de tratamientos

En cuanto a los coeficientes de variación estos resultaron relativamente bajos lo que nos demuestra que el establecimiento de los experimentos fue bueno y que en la toma de datos esta también fue adecuada lo que permite que tengamos una buena confiabilidad en nuestros resultados.

Debido a que se encontraron diferencias significativas en las fuentes de variación tratamientos se procedió a realizar contrastes con la finalidad de observar el comportamiento de cada híbrido experimental en sus dos generaciones, encontrándose los siguientes resultados (Cuadro 4.2), en cuanto a la variable días a floración macho se encontraron diferencias significativas en el tratamiento número tres y altamente significativo en los tratamiento ocho, treinta y uno y treinta y dos, mientras que para la variable días a floración hembra se encontró diferencia significativa en los tratamientos 14, 19, 27 y 29 y

Cuadro 4.2 Concentración de cuadrados medios de los contrastes realizados entre La F1 y F2.

Tratamiento	FM	FH	RE
1	1.563	1.000	0.178
2	0.250	1.000	12.590 **
3	45.563 *	36.000 **	1.248
4	1.000	1.000	5.265
5	4.000	1.000	11.253 *
6	39.063	49.000 **	3.288
7	1.563	2.250	5.969
8	342.250 **	16.000	6.227
9	3.062	4.000	3.145
10	0.562	4.000	0.687
11	0.062	1.000	1.270
12	5.062	7.562	15.598 **
13	5.062	1.562	8.449 *
14	12.250	25.000 *	0.038
15	1.562	1.562	18.738 **
16	14.062	14.062	6.599
17	20.250	16.000	8.171
18	1.562	1.562	1.435
19	22.562	25.000 *	1.705
20	0.000	0.062	5.740
21	0.562	1.562	12.512 *
22	3.062	6.250	0.005
23	0.250	4.000	6.519
24	1.562	12.250	0.870
25	2.250	0.062	0.120
26	1.000	3.062	0.163
27	27.562	27.562 *	1.434
28	1.000	0.562	0.479
29	42.250	27.562 *	1.038
30	3.062	9.000	27.491 **
31	169.000 **	138.062 **	24.842 **
32	232.562 **	225.000 **	12.764 **
33	30.250	36.000 **	0.657

diferencia altamente significativa en los tratamientos tres, seis, 31, 32 y 33, de esta forma la floración no fue determinante para los materiales nueve y diez, que presentaron rendimientos superiores en la segunda generación ya que la diferencia fue de un día siendo mas tardíos en la F₂, (Cuadro 4.6), sin embargo en el material número 33 la diferencia para ambos tipos de floración fue de dos días, presentando rendimientos numéricamente mas altos en la segunda generación. En cuanto a la variable rendimiento se encontró diferencia significativa en el material cinco, trece, 21 y altamente significativo en el híbrido número dos, doce, quince, treinta, treinta y uno y treinta y dos, todos estos materiales fueron mas superiores en la primera generación.

Al realizar una media general de los ambientes de riego para cada generación (Cuadro 4.3) se encontraron seis materiales que presentan numéricamente mayor rendimiento en la F₂, presentando un rango de 2.85 a 24.16 por ciento que corresponde a los genotipos catorce y nueve, por lo que probablemente estos materiales presentan una mejor recombinación de genes, sin embargo, las medias de rendimiento de estos seis tratamientos en la F₁ se encuentra por de bajo de la media general, no obstante en la F₂ los valores de cada tratamiento son superiores a su respectiva media general. Es importante señalar que ninguno de estos

Cuadro 4.3 Combinado de medias de rendimiento, y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F₂, comparado con su F₁ y los testigos, para los ambientes de riego (L₁ y L₂).

Mat.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MC	MP	RE	DIFER
	días		cm		%			ton/ha		%
9	75	76	186	91	20	4	26	8	9.379	**
										24.16+
10	76	78	170	74	5	6	23	11	7.113	
										10.15+
11	76	78	178	124	3	3	12	3	9.205	
										7.53+
16	75	77	183	93	3	0	18	8	8.270	
										8.21+
18	76	79	191	86	4	2	21	6	9.070	
										4.82
29	77	80	180	93	1	2	25	6	8.387	
										6.07
6	77	80	200	89	5	5	19	5	8.796	
										9.73
26	79	81	188	94	2	2	23	6	8.073	
										0.90
14	73	74	180	85	1	1	11	8	8.643	
										2.85+
19	74	77	189	89	3	3	20	2	9.081	
										11.49+
Media	77	79	180	84	4	2	25	8	8.529	
T1	74	77	189	89	3	3	20	2	9.081	
T2	77	79	201	93	19	6	26	9	8.498	
T2	76	78	186	91	6	1	26	7	9.415	
T1	77	80	184	81	5	3	15	5	8.438	
T2	77	79	174	71	4	1	20	5	8.514	
T1	75	77	194	99	10	5	15	4	8.200	
T2	74	76	186	89	3	1	16	5	7.966	
T1	77	80	195	95	2	0	27	11	8.004	
T2	78	80	179	84	5	2	8	6	7.084	
Media	F ₂	7.729		F ₁	8.420					
T1	89	91	186	81	2	0	1	2	12.806	
T2	90	92	199	106	1	1	16	4	14.754	

tratamientos superó a los testigos evaluados, de igual forma el material experimental fue más precoz, muy similar en altura, en cuanto al acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura y mazorcas podridas presentando porcentajes relativamente bajos pero muy superior a los testigos. Asimismo, cabe mencionar que la media de rendimiento de cada uno de estos 10 tratamientos, de ambas generaciones son muy similares e inclusive existen materiales que presentan medias de rendimiento menor en la segunda generación con respecto a la F_1 , por lo que estos genotipos se pueden considerar como aceptablemente rendidores.

En la media general de los ambientes de temporal en ambas generaciones (Cuadro 4.4) se encuentran los tratamientos 33 y 32 con porcentajes de 18.68 y 22.30 por ciento respectivamente que presentan rendimientos mayores en la segunda generación, como los encontrados por Hernández y Reyes (1980) quienes al realizar cruzamientos intervarietales y evaluar las progenies en F_2 , encontraron genotipos con mayor rendimiento por el aprovechamiento de la diversidad genética. De igual manera ambos superan la media general de esta generación, no siendo así en la F_1 , aún que existen materiales como el nueve, 10 y 14 entre otros que presentan rendimientos mayores a la media general de su respectiva generación, en cuanto a la floración el material experimental es más precoz, en cuanto a la altura son muy semejantes al

Cuadro 4.4 Combinado de medias de rendimiento y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F₂, comparado con su F₁ y los testigos, para los ambientes de temporal L₃ y L₄

Mat.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MC	MP	RE	DIFER
	días		cm		%			ton/ha	%	
33	72	73	200	105	11	11	13	12	7.696 *	18.68+
	68	69	208	105	4	9	18	13	6.258	
10	71	73	198	105	5	5	12	7	7.410	6.53
	70	71	201	109	5	9	8	9	7.894	
14	70	72	205	101	10	3	8	10	7.362	14.98
	68	69	201	110	4	7	11	6	8.660	
22	70	71	191	78	6	15	13	17	7.360	8.27
	69	70	213	120	5	11	7	7	8.024	
32	69	70	174	79	12	12	9	10	7.121 **	22.30+
	69	69	191	96	15	17	8	9	5.533	
2	69	70	180	90	10	8	7	7	6.887	15.69
	68	69	183	106	5	11	8	7	8.169 *	
9	69	70	193	86	16	15	9	12	6.836	16.15
	69	70	200	103	4	14	12	10	8.153 *	
21	69	70	195	100	15	2	7	12	6.657	16.55
	68	69	206	93	4	9	10	9	7.978 *	
17	72	73	200	95	21	13	7	13	6.520	25.28
	70	71	210	110	3	4	7	5	8.727 **	
27	71	72	195	100	8	8	5	6	6.519	18.06
	69	70	198	111	6	15	9	6	7.956 *	
Media	F ₂ 6.181		F ₁ 7.818							
T1	82	84	204	108	12	2	3	21	7.213	
T2	86	87	226	111	6	1	5	18	10.004	

testigo, de igual forma en acame de raíz, acame tallo, mala cobertura y mazorcas podridas los porcentajes relativamente bajos y aceptables, pero en comparación con testigos resultan ser relativamente elevados.

En el Cuadro 4.5 donde se encuentran las media rendimiento, combinando los ambientes de riego y temporal encuentran los tratamientos 10, nueve y 33 con rendimie superiores en la segunda generación, con valores de 2 5.85 y 9.87 por ciento respectivamente, estos tratamie superan la media general en esta generación. Asimismo exi otros tratamientos como el seis, 16, 17, 18 y 26 donde medias de rendimiento es menor en la segunda generación, dichas medias superan a la media general de su respec generación. Con respecto a la floración el mate experimental es más precoz a los testigos y en altura son similares al AN-447, en cuanto al acame de raíz, acame tallo y mala cobertura los porcentajes son relativamente altos a los testigos, no siendo así para el carácter mazo: podridas que es similar al de los testigos.

Cuadro 4.5 Combinado de medias de rendimiento, y otras características agronómicas de los mejores 10 tratamientos en la F₂, comparado con su F₁ y los testigos, para los ambientes de riego y temporal

Mat.	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MC	MP	RE	DIFER
	días		cm		%			ton/ha		%
10	74	75	188	115	4	2	9	2	8.307	2.72+
	73	74	192	101	4	5	12	9	8.081	
9	72	73	190	89	16	9	17	9	8.107	5.85+
	73	74	185	89	4	10	15	9	7.632	
14	73	75	200	100	9	4	12	7	7.781	6.39-
	71	73	194	100	2	4	10	2	8.313	
6	76	77	205	105	13	4	17	9	7.634	10.61-
	73	74	205	106	2	4	17	6	8.541	
33	74	76	195	94	9	7	20	10	7.624	9.87+
	72	74	191	88	2	4	16	8	6.871	
18	72	73	177	80	2	2	9	13	7.366	16.62-
	71	73	177	81	4	2	9	7	8.835 *	
22	73	74	192	84	4	10	21	16	7.309	1.05-
	74	76	196	102	2	6	10	9	7.387	
17	75	77	193	97	10	8	17	9	7.215	11.50-
	73	75	175	91	2	3	12	6	8.153	
26	74	76	195	99	7	7	10	7	7.209	11.57-
	73	75	175	91	2	3	12	6	8.153	
16	76	77	202	95	10	7	11	10	7.208	11.73-
	75	76	203	99	2	7	15	7	8.166	
Media	F ₂	6.950		F ₁	8.119					
T1	86	88	195	95	5	0	2	15	10.009	
T2	88	90	213	109	2	0	10	10	12.379	

CONCLUSIONES

1. Los genotipos nueve y diez, son materiales que presentaron rendimientos numéricamente superiores en la segunda generación en los ambientes de riego, además de estar presentes ambos tratamientos dentro de los 10 mejores en los ambientes de temporal.
2. En los ambientes de temporal se encontró a los tratamientos 33 y 32 con rendimientos numéricamente superiores en la segunda generación, con porcentajes de 18.68 y 22.30 respectivamente.
3. Existen materiales que presentan diferencias en rendimiento entre ambas generaciones siendo mayor la F_1 que la F_2 , pero al obtener una media de ambas generaciones superan en algunos casos a las medias de otros tratamientos, que presentan rendimientos mas altos en la F_2 , por lo que dichos materiales deberían ser evaluados a través de mas generaciones para observar su comportamiento.

RESUMEN

En el Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro," en sus programas de mejoramiento genético, se han desarrollado continuamente híbridos y variedades sintéticas para áreas de riego y de temporal. De estos programas en 1994, se evaluaron 33 híbridos dobles experimentales en su primera y segunda generación (F_1 y F_2), con dos repeticiones en un diseño bloques al azar en las localidades de Celaya, Gto. y Sandía, N.L. bajo condiciones de riego y en Celaya, Gto. y Nochistlán, Zac. en condiciones de temporal. El principal objetivo de esta evaluación fue detectar el grado de abatimiento del rendimiento de grano ocasionado por el avance generacional, se evaluaron las siguientes características: rendimiento de grano, floración masculina, Floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz, acame de tallo, mala cobertura y mazorcas podridas, de las cuales se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades para cada una de las variables tomadas, encontrando diferencias significativas en las fuentes de variación genotipo, localidad y en la interacción genotipo ambiente. Así mismo se encontraron aumentos en los porcentajes de las variables acame de raíz, acame de tallo,

mala cobertura y mazorcas podridas en la F₂ ocasionado por la depresión endogámica para ciertos genotipos. Sin embargo, se encontraron tratamientos como el nueve, 10, 33 entre otros que presentaron rendimientos favorables en ambas generaciones, siendo en estos numéricamente mayor en la F₂, por lo que con estos resultados, se aprueba la hipótesis planteada al inicio del presente trabajo, ya que se ha encontrado que el rendimiento de las generaciones avanzadas no solamente se logra disminuir, si no que se ha logrado superar para ciertos materiales.

LITERATURA CITADA

- Alcázar A.J.J y Martínez C.J.J. 1984. Uso potencia de generaciones avanzadas en cruzamientos varietales como variedades de polinización libre. Memorias del X Congreso Nacional de Fitogenética. pp 181.
- Busbice, T.H. 1969. Inbreeding in synthetic varieties. Crop Sci. 9: 601-604.
- .1970. Predicting yield of synthetic varieties. Crop Sci. 10: 265-269.
- Campo Del, V.S.M y Renteria O.M.A 1984. Comportamiento de sintéticos de maíz F₁ y F₂ en el llano de Aguascalientes. X Congreso Nacional de Fitogenética. pp 181.
- Cordova, O.H.S y Márquez, S.F. 1979. Efecto del número de líneas endogámicas sobre el comportamiento de las variedades sintéticas derivadas de una población de maíz (*Zea mays* L.) I. Rendimiento. Agrociencia 38:235-252.
- Espinoza, C.A y Hernández, R.G. 1984. Evaluación de ciclos de selección familiar combinada obtenidos a partir de generaciones avanzadas del híbrido de maíz H-133 X Congreso Nacional de Fitogenética. pp 159
- Fasoulas, A . 1978. The aplication of genetics to plant breeding. Pub. No 8. Dept. Gen. Plant Breeding. Aristotelian Univ. of Thessaloniki, Greece.
- Gilmore, E.C 1969. Effect of breeding of parental lines on predicted yields of synthetics. Crop Sci. 9:102-104
- González, S.C; Ron, P.J y Ramírez, D.J.L. 1993. Cruzas entre híbridos comerciales de maíz. Fitotecnia. 16:30-41.

- Hernández, A.J.L y Reyes, C.P. 1986. Estudio de las generaciones F₁ y F₂ de cruzas intervarietales de maíz con genes de enanismo. Memorias del XI Congreso Nacional de Fitogenética. pp 230.
- Lonnquist, J.H., and McGill, D.P. 1956. Performance of corn Synthetics in advanced generations of synthesis and after two cycles of recurrent selections. Agron. J. 48:249-253.
- Marques, S.F. 1992. Inbreeding and yield predictions in synthetics maize cultivars made with parental lines: I. Basic Methods. Crop Sci. 32:345-349.
- _____. 1979. An empirical approach for the prediction of maize F₂ synthetics with varying numbers of lines. Crop Sci. 19:439-444.
- Molina, M.L.C y Carballo, C.A. 1984. Aprovechamiento de las generaciones avanzadas del maíz (*Zea mays* L.) H-133 en Valsequillo Puebla. Revista Chapingo. 72-78. U.A.Ch. México.
- Neal, N.P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrids corn. In: Jour. Amer. Soc. Agron. 27:666-670.
- Ortiz, C.J. 1961. Determinación del número óptimo de líneas seleccionas en la formación de variedades sintéticas de maíz. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.
- Ortiz, T.E y Espinoza C.A. 1980. Rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de la zona de transición el Bajío-Valles altos, por efecto de la utilización de semilla de generación F₁ y F₂. Revista Chapingo. 49-52.
- Pedrizco, R.M. 1964. Híbridos de maíz con generaciones avanzadas de cruzas simples. Tesis profesional. Ingeniero Agrónomo. ENA. Chapingo. Méx.
- Peña, O.M.G y Arellano, V.J.L. 1980. Efecto de la depresión endogámica en el rendimiento de grano y sus componentes en el híbrido de maíz H-131 en dos ambientes. Revista Chapingo. 12-16.

- Ramírez, V.P. Balderas, M.M y Gerón, X.F. 1986. Potencial productivo de las generaciones avanzadas de los híbridos tropicales de maíz H-503, H-507 y H-510. *Fitotecnia* 8:20-34.
- Sánchez Monge, E. y R.Estruelas. 1952. *Genética general y agrícola*. 1ª Ed. Salvat Editores, S.A. pp 198-200.
- Valdivia, B.R. y Vidal, M,V.A. 1994. Generaciones avanzadas en diferentes tipos de híbridos de maíz. *Memorias del XV Congreso Nacional de Fitogenética*. pp 396.
- Vásquez, M.A. 1969. Influencia de las generaciones avanzadas de las cruzas simples en el comportamiento de las cruzas dobles de maíz tropical. Tesis profesional Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.