

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO
NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



EVALUACIÓN Y estimación DE parámetros genéticos
en SINTÉTICOS DE MAÍZ en f_2

POR

J. DOLORES GARCÍA MOLINA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH., MÉXICO
MAYO DE 1998

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

División de Agronomía

Departamento de Fitomejoramiento

Evaluación y estimación de parámetros genéticos en sintéticos de
maíz en F_2

por

J. Dolores García Molina

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como
requisito parcial para obtener el título de :

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Aprobada por:

M.C. Humberto de León Castillo
Presidente del Jurado

Dr Gaspar Martínez Zambrano
Sinodal

M.C. Alfredo de la Rosa Loera
Sinodal

M.C. Mariano Flores Dávila
Coordinador de la división de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coah., México. Mayo de 1998

DEDICATORIA

A DIOS:

*Por concederme el don de la vida y por guiarme siempre por el buen camino.
"Porque Dios es camino, verdad y vida".*

A MIS PADRES:

Con amor puro y sincero

*Aurelio García Rosas
Eleuteria Molina de García*

Por ser los seres más valiosos y apreciados que Dios me ha dado, porque con paciencia y esmero han sabido hacer de mí un hombre de provecho, que vivirá eternamente agradecido. Dedico muy especialmente este humilde trabajo a la memoria de mi "Madre", que desde siempre y hasta la eternidad vivirá en mí, y nada ni nadie arrancará de mi mente su imagen tierna y cariñosa, y su mirada llena de luz. Luz que ilumina mi sendero desde el primer momento de mi existencia.

"Qué distancia separa un hijo de su madre, si comparten un mismo corazón"

A MIS HERMANOS:

<i>J. Jesús</i>	<i>J. Aurelio</i>
<i>Vicente</i>	<i>M^a Carmen</i>
<i>Jesús</i>	<i>José Luis</i>
<i>Juan</i>	<i>M^a Lourdes</i>
<i>M^a Guadalupe</i>	

Con mucho cariño y Respeto dedico este trabajo a ustedes que con su apoyo y comprensión han hecho posible mi formación profesional

A MIS SOBRINOS:

Hugo V.--C. Eduardo
Marcelo J. Pedro
Karen Brenda I.
Diego A. J. Ángel
M^a Luisa--A..Eleuteria

Porque son alegría que contagia y hace a un lado penas y preocupaciones,... ¡son la razón de ser de la familia!

A MIS AMIGOS:

Dedico esta obra a todos y a cada uno de mis amigos y compañeros que dentro y fuera de las aulas compartieron conmigo momentos inolvidables, especialmente a la primera sección de fitotecnia generación LXXXIV.

AGRADECIMIENTOS

Al **M.C. Humberto de León Castillo**, por permitirme realizar el presente trabajo bajo su atenta asesoría. Así mismo agradezco su paciencia y consejos conferidos durante mi formación profesional y en la elaboración de esta obra.

Al **Dr. Gaspar Martínez Zambrano**, por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo.

Al **Ing. M.C. Alfredo de la Rosa Loera**, por su importante asesoría y consejos en la realización del trabajo estadístico.

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesionista.

Al **Instituto Mexicano del Maíz** y al personal que en él labora, por el apoyo brindado para realizar satisfactoriamente este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	viii
I. INTRODUCCIÓN	01
Objetivo.....	03
Hipótesis.....	03
II. REVISIÓN DE LITERATURA	04
2.1. Antecedentes históricos.....	04
2.2. Características genéticas de las variedades sintéticas.....	07
2.3. Uso de semilla en generaciones avanzadas de híbridos.....	08
2.4. Criterios de selección en sintéticos.....	10
2.5. Predicción de rendimiento en variedades sintéticas.....	11
2.6. Depresión endogámica.....	13
2.7. Adaptabilidad.....	15
2.8. Estabilidad.....	17
2.9. Correlaciones y heredabilidad.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Material genético.....	23
3.2. Descripción de la localidad.....	25
3.3. Descripción de la parcela experimental.....	25
3.4. Descripción de la siembra.....	25
3.5. Formula de fertilización.....	25
3.6. Toma de datos.....	26
3.6.1. Días a flor macho.....	26
3.6.2. Días a flor femenina.....	26
3.6.3. Altura de planta.....	26
3.6.4. Altura de mazorca.....	26
3.6.5. Acame de raíz.....	27
3.6.6. Acame de tallo.....	27
3.6.7. Mala cobertura.....	27
3.6.8. Mazorcas podridas.....	27

3.6.9. Número de plantas cosechadas.....	27
3.6.10. Número de mazorcas cosechadas.....	28
3.6.11. Peso de campo.....	28
3.6.12. Rendimiento por hectárea.....	28
3.7. Análisis estadístico.....	29
3.8. Estimación de parámetros genéticos.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
V. CONCLUSIONES.....	46
RESUMEN.....	47
LITERATURA CITADA.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
3.0 Formato para el análisis de varianza individual.....	30
4.1 Concentración de los cuadrados medios del ANVA individual para las características agronómicas evaluadas en la localidad de Sandia el Grande, N.L.....	35
4.2 Concentración de medias, en base a la DMS, de las características agronómicas evaluadas.....	39
4.3 Concentración de coeficientes de correlación y su significancia entre las variables evaluadas.....	42
4.4 Parámetros genéticos estimados para rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el experimento.....	44

I. INTRODUCCIÓN

La política actual del agro mexicano en la producción de los diferentes cultivos, no es la de sembrar mayor superficie sino incrementar los rendimientos por hectárea destinada a este propósito, con costos de producción lo más bajos posible.

Así por ejemplo, para el caso del cultivo del maíz se puede presumir un logro muy significativo en cuanto al aumento en cantidad y desde luego en la calidad nutritiva del mismo, gracias a la formación de materiales mejorados genéticamente (Líneas, híbridos, sintéticos) que, además, rinden más por unidad de superficie que los materiales utilizados tradicionalmente por los agricultores de escasos recursos económicos.

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de recomendar materiales que puedan ser sembrados por los agricultores de la región de Sandia el Grande, N. L., por más de un ciclo agrícola sin que esto tenga la implicación de un costo adicional por la adquisición de semilla .

El estado de Nuevo León está dividido en cuatro distritos de desarrollo rural: Anáhuac, Montemorelos, Apodaca y Galeana. Este último comprende

el sur del estado con cinco municipios (Galeana, Aramberri, Dr Arroyo, Zaragoza y Mier y Noriega) en el que se cultivan alrededor de 100,000 has de las cuales el 70 por ciento son de maíz (Martínez et al, 1984).

En el ejido de Sandia el Grande, N.L., perteneciente al distrito de desarrollo rural de Galeana, en el ciclo primavera-verano del '88 se sembró una superficie de 225 has, con rendimientos que van de 2.0 a 2.5 toneladas por hectárea.

Los bajos rendimientos obtenidos en la zona es debido al uso de semillas criollas en sus siembras, que a su vez son seleccionadas después de la cosecha. Las condiciones climáticas son otro factor importante que contribuye grandemente a que los rendimientos por unidad de superficie sean bajos; aunado a métodos de producción tradicionales y a un sistema de comercialización que deja bajas utilidades (Vázquez, 1995).

Para esta región existen híbridos que compiten entre sí no solo en preferencia, calidad y rendimiento sino también en precio, que a fin de cuentas es una limitante para su uso. Dado que el costo de los híbridos es muy alto y la posibilidad de adquirirlos es cada vez menor, se pretende con el presente trabajo evaluar cruza entre híbridos dobles adaptados a esta región que además combinen bien genéticamente para ofrecer una alternativa viable a los productores de la región.

En dicho experimento se evaluaron 45 sintéticos (en F₂) formados por el mecanismo anteriormente descrito (híbrido por híbrido), los cuales fueron seleccionados por su buen comportamiento en tres ambientes en la F₁.

OBJETIVO

Evaluar y seleccionar a aquellos sintéticos que muestren buen comportamiento agronómico.

HIPÓTESIS

Al menos uno de los 45 sintéticos evaluados tendrá un rendimiento semejante o igual a la media del mejor de los testigos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes Históricos

Hayes y Garber (1919) fueron al parecer los primeros en sugerir la posibilidad de la utilización comercial de variedades sintéticas. La sugerencia nació de algunos resultados que obtuvieron con maíz de los que dedujeron: “La producción de variedades mejoradas mediante la recombinación de varias líneas producidas por autofecundación tiene una ventaja sobre el plan de cruzamiento simple o doble porque el agricultor puede conservar semilla de su cosecha y no se precisa la fabricación de cruzamientos anuales... se reconoce que antes de recombinar las líneas autofecundadas para producir variedades mejoradas, es necesario determinar el rendimiento de las combinaciones F₁. Después se utilizarán para las recombinaciones las líneas autofecundadas que se combinen favorablemente con todas las restantes”.

Las variedades sintéticas son producidas por apareamiento aleatorio de los padres involucrados; por lo tanto, todas las combinaciones posibles de dichos padres tienen la misma posibilidad de ocurrencia. Existen factores que afectan el grado de endogamia y como resultado lógico la pérdida de vigor, estos factores son: número de padres y el parentesco entre ellos.

Wright (1929), estableció que la disminución en vigor es proporcional a la

disminución de heterocigosis sin tomar en cuenta el número relativo de genes dominantes y recesivos y el grado de dominancia.

El termino “variedad sintética” se utiliza para designar una variedad que se mantiene por semilla de polinización libre después de síntesis por hibridación en todas las combinaciones entre un numero de genotipos seleccionados. Los genotipos que se híbridan para producir una variedad sintética pueden ser líneas puras, clones, poblaciones en las que se ha realizado selección masal u otros materiales (Allard, 1980).

El nombre de variedad sintética o sintético proviene del hecho convencional de que al participar números mayores de cuatro líneas de hecho se está sintetizando una nueva variedad, máxime que ésta, al llevarse a la generación F_2 y posteriores por polinización libre, reviste todas las características técnicas de una variedad criolla o natural (Márquez, 1988).

La definición original de sintético fue dada por Allard (1960), “ La población F_2 obtenida por apareamiento aleatorio de un compuesto de cruza simples posibles entre líneas de alta aptitud combinatoria general”.

Por lo regular, se obtienen los mejores sintéticos de maíz cuando intervienen un máximo de cinco o seis líneas vigorosas, que no tienen más de una generación de autofecundación (líneas S_1); estas líneas se deben combinar favorablemente entre sí para que el sintético resulte con el máximo

rendimiento (Kimman y Sprague, 1945).

Córdova y Márquez (1979), determinaron el número óptimo de líneas y seleccionaron las mejores para la formación de un sintético a partir de una variedad de polinización libre. Esta variedad estuvo constituida por cinco líneas y superó significativamente a la variedad original en un 31 por ciento. No encontraron diferencias significativas entre el rendimiento de los sintéticos formados con 5, 6, 7 y 8 líneas.

Un sintético es la población F_2 (y generaciones posteriores) que se obtiene por polinización aleatoria de un CB de los híbridos posibles de cruce simple que se hacen con n líneas endogámicas (Márquez, 1995).

Otra definición de sintético es que las generaciones avanzadas de mezclas de semillas de polinización libre de un grupo de líneas, clones, líneas autofecundadas, o de híbridos entre ellos.

Las variedades sintéticas ofrecen una opción adicional entre híbridos de alto rendimiento y las variedades de polinización libre. Las primeras para la agricultura avanzada o empresarial y las segundas para la agricultura tradicional o de autoconsumo (Jenkins, 1940).

A la generación F_2 de una cruce doble bien puede considerársele como un sintético de 4 líneas, aunque estrictamente no lo sea, ya que solo se han

involucrado a dos de las 6 cruzas simples posibles. Sin embargo, investigaciones empíricas han demostrado que le es aplicable la fórmula de Wright (Márquez, 1995).

Se pueden formar sintéticos con base en la información ya existente y deben evaluarse en pruebas de campo durante 2 o 3 años y en varias localidades, para disminuir el efecto ambiental (Márquez, et al., 1983).

Las líneas que han sido seleccionadas durante muchos años para la formación de híbridos, pueden usarse también para la formación de variedades sintéticas de alto rendimiento (Márquez et al. 1983).

2.2. Características Genéticas de las Variedades Sintéticas

Las variedades sintéticas de maíz son considerablemente más variables que los híbridos de cruce simple o doble (Jugenheimer, 1981). Esta característica les permite una mayor flexibilidad para hacer frente a condiciones de crecimiento variables.

Está demostrado que el cruzamiento entre variedades de origen distinto puede dar origen a combinaciones con un alto potencial de rendimiento y otras características deseables, tal como lo han demostrado en sus trabajos de cruzamientos entre distintas razas de maíces mexicanos Paterniani y Lonquist (1963), Albrech y Dudley (1987), Gutiérrez (1987), Oyervides et al. (1985), Goodman (1965), Shauman (1971) y Moll et al. (1962).

Con la hibridación intervarietal es más difícil que se pierda el vigor en las generaciones avanzadas del híbrido (Méndez, 1962).

Una variedad sintética es mucho más variable que un híbrido, por lo que se puede adaptar a mayor variabilidad de ambientes (Chávez, 1995).

2.3. Uso de semilla en generaciones avanzadas de híbridos

Tanto en los híbridos como en las líneas, se denomina generación avanzada aquella en que por alguna razón se suspende el proceso de apareamiento aleatorio o de autofecundación, generalmente se refiere a más de 4 o 6 generaciones.

Si un híbrido F_1 se lleva a la generación F_2 por apareamiento aleatorio (por PL o por cruza #), se tiene un descenso en el rendimiento que se llama depresión endogámica. Por otra parte se pierde la uniformidad que se tenía en el híbrido, teniéndose una población heterogénea como resultado de la segregación de loci heterocigóticos, tipo $1/4AA + 1/2Aa + 1/4aa$. Si se continúan propagando las generaciones en esta forma, si no hay deriva genética ni mutación, migración o selección, las frecuencias génicas no cambian ni las genotípicas (por la ley de Hardy Weinberg) ni por consiguiente la media y la varianza. A estas generaciones se les llama generaciones avanzadas (Márquez, 1995).

Por efecto de la depresión endogámica no se recomienda sembrar la semilla de la F_2 o de generaciones avanzadas. Sin embargo, en la práctica cuando se realiza alguna selección artificial o natural en estas, las generaciones avanzadas pueden rendir en forma similar al híbrido y aún superarlo (Márquez, 1995).

Estará claro que si se quiere aprovechar el efecto benéfico de la heterosis en cruza simples y cruza dobles, debe aprovecharse la F_1 en las siembras con fines económicos; esto significa que el agricultor debe siempre sembrar semilla de generación F_1 cada vez que intente cultivar maíz híbrido. Sin embargo, al iniciarse la introducción de maíz híbrido el agricultor, no estando acostumbrado a dicha práctica, pero sobre todo por que tenía que hacer un desembolso año tras año para adquirir semilla F_1 , decidió usar como semilla mazorcas selectas que conservaba de su campo de maíz híbrido (o sea semilla de generación F_2) lo que ocasionaba que en el siguiente año tuviera cultivos de menor rendimiento, heterogéneos, etc (Márquez, 1988).

Para decidir la costeabilidad de usar una generación F_2 o de generaciones avanzadas, se deberán comprobar no solo la depresión endogámica ocurrida en términos relativos, sino en términos absolutos el rendimiento de la F_2 sea de una cruza simple o una cruza doble, en relación a la población original de la cual se derivaron las líneas de los híbridos. Esto es importante porque si bien una cruza simple seleccionada se espera que sea superior a una cruza doble seleccionada, también su depresión endogámica

será tan alta que su rendimiento en F_2 puede llegar a ser mucho menor que la F_1 de una cruce doble. Sin embargo, sobre todo si se considera que las líneas de los híbridos han sido obtenidas de una población sobresaliente y que es de amplia aceptación en la región (una variedad criolla por ejemplo), será menester considerar como rinden las generaciones avanzadas en relación a dicha población (Márquez, 1988).

2.4. Criterios de Selección en Sintéticos

La selección del mejor sintético no debe basarse solo en rendimiento predicho. Debe considerarse que el proceso de selección de estos se tomaran en cuenta, además del rendimiento, características como: altura de planta, altura de mazorca, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia al acame de raíz, acame de tallo, días a floración masculina, días a floración femenina, buena cobertura de mazorca, etc.

2.5. Predicción de Rendimiento en Variedades sintéticas

Los trabajos de predicción de rendimiento en sintéticos se basan en la ley de Wright formulada en 1922 que dice “Una población bajo apareamiento aleatorio derivada de n líneas endogámicas tendrá $1/n$ menos superioridad sobre sus ancestros, que la primera cruce o generación de apareamiento aleatorio de donde las líneas endogámicas fueron derivadas por selección.” Esto significa que mientras más líneas constituyen un híbrido, menor será su

depresión endogámica al pasar de la generación F_1 a la F_2 . La fórmula que han usado los genetistas maiceros para la ley de wright es la siguiente:

$$F_2 = F_1 - \frac{F_1 - P}{n}$$

Donde :

n = Número de líneas que forman el sintético

P = Rendimiento promedio de las líneas *per se* de las
Líneas

F_1 = Rendimiento promedio de las nC_2 cruzas simples
posibles (csp) entre las n líneas .

F_2 = Rendimiento de la generación F_2 obtenida por
apareamiento aleatorio de una mezcla física de las cruzas simples
posibles, o sea el sintético propiamente dicho.

La fórmula presentada por wright (1922), indica que la reducción del rendimiento esperado puede ser de 50 a 25 por ciento para la generación F_2 de las cruzas simples y dobles respectivamente. Los datos presentados por Neal (1935) se aproximan mucho a estas reducciones esperadas.

Márquez (1992a) menciona que la fórmula de Wright para predecir la endogamia en una variedad sintética es valida únicamente cuando padres homocigóticos son usados como plantas simples o como líneas, si se excluyen

otros factores que determinan el rendimiento (Frecuencia génica, desbalance en los cruzamientos de la primera y segunda generación en la formación del sintético, alelos múltiples y epistasis), entonces para el mismo nivel de endogamia se espera mayor rendimiento con los sintéticos cuando se usan líneas emparentadas que cuando se usan plantas emparentadas. El mismo Márquez (1992b) presenta una ecuación para predecir el rendimiento de una variedad sintética $Y_t = A + (1 - F_t) B$, en donde Y_t es el rendimiento de la población en la generación t , A es el rendimiento de los homocigotes en la población ancestral, F_t es el coeficiente de endogamia y B es el rendimiento máximo de los heterocigotes.

La correlación entre el rendimiento del sintético en generaciones avanzadas con el de la generación F_2 , dependerá fundamentalmente de la cantidad de desequilibrio o de ligamiento que exista. Márquez y Hallauer (1970), sugieren para disminuir tal desequilibrio usar 3 o 4 generaciones de apareamiento aleatorio. También es de gran importancia el número de plantas productoras de la variedad sintética que se usen en el apareamiento; Omolo y Rusell (1971) sugieren un número mínimo de 200 plantas para evitar los efectos nocivos de la endogamia y la deriva genética que ocurren con números más pequeños.

El rendimiento de la generación avanzada de una cruce múltiple (sintético) depende de por lo menos cuatro factores:

- 1.- El número de líneas involucradas (n).
- 2.- El comportamiento promedio (P) de las líneas (rendimiento promedio).

3.- El comportamiento promedio de todas las combinaciones posibles entre las n líneas.

4.- El porcentaje de autofecundación que se presente.

2.6. Depresión Endogámica

El término $(F_1 - P) / n$, expresa la “depresión endogámica o baja por endogamia”, cantidad que disminuye del rendimiento de la generación F_1 por consecuencia del apareamiento aleatorio, lo que conduce a que se genere endogamia al encontrarse genes en estado idéntico en los cigotes.

La depresión endogámica es inversa al número de líneas endogámicas usadas en el sintético, y este efecto es máximo cuando $n = 2$, debido a que la ventaja original de un híbrido simple se reduce a la mitad cuando se siembra su generación F_2 . Así que entre más líneas intervengan en el sintético, menor será la depresión endogámica.

La depresión endogámica se puede minimizar con las siguientes prácticas:

- Uso de líneas con pocas Autofecundaciones, tales como S_1 o S_3 ya que son más productivas que las líneas más avanzadas como S_6 o S_8 ; por lo que en este caso el valor de $(F_1 - P)$ será menor.
- Utilizar un mayor número de líneas endogámicas, en las que el valor del denominador (n) sea mayor, lo cual contribuye a que el valor de $F_1 - P / n$ sea menor.

- Si el número (n) fuera infinito, entonces F_2 será igual a F_1 , esto significa que una variedad sintética rendiría lo mismo en F_1 que en F_2 y en F_n . Lo anterior es cierto en poblaciones en equilibrio de Hardy Weinberg o en líneas totalmente homocigóticas que no se usan como variedades mejoradas.

De lo anterior se concluye que debe existir un número óptimo de líneas mayor que dos y menor que infinito, donde el rendimiento del sintético sea mayor que el de la generación F_2 de una cruce simple y que el de la variedad original de la cual se derivaron las líneas (Chávez, 1995).

2.7. Adaptabilidad

La mayor variabilidad de un sintético podría permitir mayor adaptación que un híbrido a las condiciones variables de la adaptación de crecimiento a lo largo del límite de la faja de maíz (Poehlman, 1983).

Aldrich (1974) menciona que no existe un híbrido superior que sirva para todos los establecimientos de una zona ni siquiera, quizá para todos los campos de un mismo establecimiento. Un híbrido no se comporta de la misma manera en todas las circunstancias, para obtener la máxima ganancia sería necesario un rendimiento relativamente bueno tanto en condiciones favorables como desfavorables, pero no son muchos los híbridos que tienen esta capacidad. Por esta razón se debe de buscar un comportamiento que sea verdaderamente bueno en las condiciones imperantes en su establecimiento y que no resulte

demasiado pobre en cualquier otra circunstancia que se pueda razonablemente predecir.

Allard y Bradshaw (1964) mencionan que en experimentos agrícolas, como pruebas de variedades, determinaciones de prácticas culturales, usualmente es repetida en varias localidades, por un número de años, debido a que los efectos de muchas variables o factores varían considerablemente de localidad a localidad y de año a año.

El número de localidades necesarias para muestrear adecuadamente áreas geográficas, es una función de la variabilidad del área. Similarmente, cuando las variaciones ambientales de año con año son extremas, es aparente que se necesiten más años con el experimento para muestrear efectivamente las variaciones ambientales por un largo ciclo, en una determinada localidad.

López (1978), definió los conceptos asociados con el fenómeno de interacción genotipo- ambiente, tratando de expresar lo que se puede entender.

- 1).- Adaptabilidad.- Capacidad para modificar el acondicionamiento ante un cambio ambiental.
- 2).- adaptación.- Es el acondicionamiento de un organismo para sobrevivir en un ambiente determinado o específico.
- 3).- Medio ambiente favorable.- Ambiente que proporciona al individuo las condiciones necesarias para expresar en forma óptima cierta característica.

4).- Medio ambiente desfavorable.- Ambiente que no proporciona al individuo los recursos necesarios para expresar en forma óptima cierta característica.

El mismo autor define la estabilidad desde dos puntos de vista, biológico y estadístico:

Biológico, cuando el individuo estable es aquel que no cambia en la manifestación de una característica determinada a pesar de un cambio ambiental; desde el punto de vista estadístico es aquel genotipo que varía en forma proporcionada a los cambios ambientales.

2.8. Estabilidad

La interacción genotipo-ambiente, es muy importante en la obtención de mejores variedades, ya que los cambios que ocurren en las plantas desde la germinación, hasta la madurez, son casi siempre diferentes entre genotipos a través de los diferentes ambientes.

López (1978). menciona que el uso de parámetros de estabilidad para la discriminación de materiales genéticos debe aplicarse sobre la base de que la caracterización realizada sólo es válida bajo las condiciones en las que se efectuó la evaluación, no debiéndose por lo tanto, extrapolar a otros años y localidades.

Eberhart y Russell (1966), propusieron un modelo que define los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el

comportamiento de una variedad en diversos ambientes. Utilizando como índice ambiental el promedio de rendimiento de las variedades de un ambiente determinado a la media general. Los parámetros de estabilidad que define son:

- a)._ Un coeficiente de regresión estimado como la regresión del rendimiento promedio de cada uno de los materiales sobre los índices ambientales y;
- b)._ El cuadrado medio de las desviaciones de regresión.

Estos autores definen como estable aquella variedad que tiene un coeficiente de regresión igual a uno ($S^2_{di} = 1$) y desviaciones de regresión igual a cero ($S^2_{di} = 0$) y para que esta variedad sea deseable, su promedio de rendimiento debe ser alto.

Russell y Eberhart (1968), consideran que los genotipos son significativamente diferentes en sus interacciones, por lo que es necesario probarlos en más de una localidad y más de un año, con el objetivo de identificar aquellos genotipos con mayor estabilidad o bien, que muestren una menor interacción con el ambiente.

Eberhart y Russell (1969), al comparar la estabilidad en híbridos de cruza simple contra híbridos de cruza doble, señalan que las cruza simple mostraron más habilidad para responder a ambientes más favorables, indicando que el cuadrado medio de las desviaciones pareció ser el parámetro de estabilidad más importante, donde todos los tipos de acción génica parecen

estar incluidos en un amplio rango de ambientes, para identificar materiales estables de alto rendimiento comercialmente.

Márquez (1973), define a una variedad estable como aquella que no interacciona con el ambiente.

Márquez (1974), señala que la interacción genotipo-ambiente no es sino el comportamiento diferencial que presentan los genotipos al someterlos en ambientes diferentes, asimismo reporta que el genotipo es el producto de su patrimonio genético más la influencia del medio ambiente que actúa sobre él, por lo que la interacción y los efectos ambientales pueden disminuir con técnicas adecuadas.

Wick y Carson (1987), mencionan que el agua es un factor limitante para asegurar la estabilidad, ya que el coeficiente de regresión para medir la estabilidad en líneas endogámicas se comportan bien bajo un sistema de irrigación, en pruebas inter-regionales.

Oyervides et al. (1981) al estudiar la estabilidad y productividad de 11 variedades tropicales de maíz y sus 55 cruza simples posibles, detectaron que:

- 1). _ La estabilidad y rendimiento son independientes y están determinados por genes diferentes.

2)._ Pueden obtenerse variedades que combinen alta estabilidad y alto potencial de rendimiento.

3)._ No hubo respuestas claras para definir el tipo de acción génica implicada en la estabilidad.

2.9. Correlaciones y Heredabilidad.

Robinson et al.(1949) menciona que el conocimiento de la heredabilidad de un caracter es importante para el mejorador, ya que indica la posibilidad de lograr mejoramiento a través de selección.

Más tarde, refiriéndose al rendimiento de maíz como uno de los caracteres de mayor importancia económica, Robinson et al. (1951) citan que dicho caracter es complejo en herencia y puede involucrar varios caracteres relacionados, por lo cual es de gran importancia el grado de correlación genética y fenotípica entre los caracteres (rendimiento con otros caracteres de interés agronómico) desde un punto de vista práctico, ya que la selección está usualmente encaminada con el cambio de dos o más características simultáneamente.

Hallauer y Miranda (1981) citan que el rendimiento de grano es la característica más importante económicamente en el cultivo del maíz y su heredabilidad la más baja de todas las características.

Chávez (1993) cita que existen diferentes conceptos de heredabilidad;

sin embargo, en su sentido más simple, la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación; también se le puede considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente.

La heredabilidad puede estimarse en dos sentidos: amplio y estricto. La heredabilidad en sentido amplio (H^2) estima el grado en que el fenotipo refleja al genotipo; es la proporción heredable del total de la varianza fenotípica .

La heredabilidad en sentido estricto (h^2) se estima a través de la suma de los efectos de genes aditivos que el progenitor hereda a su descendencia.

Los análisis de correlación son una herramienta estadística muy útil, que ayuda a determinar el grado de asociación entre características de una población bivalente, es decir indica como dos características varían en forma conjunta a través del coeficiente de correlación. La naturaleza de dicha asociación puede estar determinada por grupos de ligamentos y pleiotropía; el ligamento es originado por pares de genes que tienden a heredarse en forma conjunta, siendo necesarios programas especiales de mejoramiento para romper tales ligamentos (Entrecruzamientos de poblaciones segregantes, mutagénesis, etc); mientras que la pleiotropía se define como los efectos múltiples que un solo gen tiene sobre diferentes características fenotópicas, por lo que si existe alguna correlación negativa con este origen se haría muy difícil obtener las combinaciones deseables (Aljibor et al. , 1958; Yassin, 1973;

citado por Sathianarayanaih, 1986).

La correlación genética entre dos caracteres juega un papel muy importante en la respuesta asociada de la selección y asegura un máximo mejoramiento de los índices de selección al combinar diferentes caracteres (Mode y Robinson, 1959; citados por Gandara, 1995)

Los coeficientes de correlación proporcionan una medida y grado de asociación entre dos caracteres. De tal forma que si dos características están correlacionadas, la selección para una de ellas causará un cambio indirecto en la media de la otra (Alvarez, 1984).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material genético utilizado

El material genético utilizado en el presente trabajo de investigación consistió en evaluar sintéticos derivados de un programa de mejoramiento, el cual comprende tres fases de las cuales solo la tercera concierne al presente trabajo; pero, se hará una breve reseña de cada una de ellas.

Primera Fase. En esta etapa se procedió a formar un dialélico o cuadro de doble entrada a partir de una población de líneas con diferente grado de endogamia para producir cruzas simples (Hermanos completos). Se seleccionaron las mejores cruzas simples y se recombinaron para formar el primer ciclo de selección de la población. Además, se identificaron algunos híbridos simples con un alto potencial de rendimiento para áreas altamente tecnificadas.

Segunda Fase. En la fase dos se formaron híbridos dobles a partir de las mejores cruzas simples seleccionadas en el primer ciclo de selección, también se utilizó un cuadro de doble entrada para evitar cruzar materiales que tuviesen antecesores comunes que generarían familias de hermanos completos con

problemas de endogamia. Por último se seleccionaron las mejores cruzas dobles y se recombinaron para formar el segundo ciclo de selección de la población y además se identificaron híbridos dobles de alto potencial de rendimiento que pueden ser cultivadas con éxito en esta región.

Tercera Fase. En esta etapa se procedió a hacer cruzas utilizando los materiales más sobresalientes (híbridos dobles), que fueron seleccionados en la segunda fase (C₂ de selección), para formar los sintéticos. A la cosecha se seleccionaron los materiales más sobresalientes en cuanto a rendimiento y características agronómicas deseables, obteniendo de esta manera la F₁ (variedades sintéticas).

La presente investigación parte de las variedades sintéticas seleccionadas en F₁, para luego sembrarlas y recombinarlas por medio de cruzas fraternales y avanzar a F₂ para evaluar su comportamiento de máxima segregación y posibles efectos de endogamia. En total se utilizaron 45 variedades sintéticas de maíz, formados cada una por ocho líneas (a partir de híbridos dobles) evaluados en F₂ con cinco testigos en 1996 en la localidad de Sandía el Grande, N. L. Los testigos utilizados en el experimento son: AN-450, C-381, AN-452, D-866 Y D-870; cuyos números de entrada en el experimento fueron 46, 47, 48, 49, y 50 respectivamente

3.2. Descripción de la localidad

El experimento se estableció en la localidad de Sandia el Grande, Nuevo

León , la cual se localiza a 24° 12' Latitud Norte; 100° 05' de Longitud Oeste y una altitud de 1590 msnm. En cuanto a características climatológicas se tienen precipitaciones pluviales de 300 mm anuales, con una temperatura media anual de 18 °C .

3.3. Descripción de la parcela experimental

La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 4.2 metros de longitud y 0.75 m de ancho ,obteniéndose de esta forma una área de parcela útil de 6.3 m² , sembrándose 21 plantas por surco, registrando una densidad de población 66,666 plantas por hectárea.

3.4. Descripción de la siembra

La siembra del experimento se realizó en forma manual, depositando dos semillas por golpe, para posteriormente aclarar a una mata y, de esta manera, asegurar el número óptimo de plantas por parcela. El desarrollo del cultivo fue bajo condiciones de riego, con aplicación de pesticidas cuando así lo demandara.

3.5. Fórmula de Fertilización

La fórmula de fertilización aplicada (N - P - K), fue 180 - 90 - 00, la cual se suministro en dos partes; la primera al momento de la siembra (90 - 90 - 00) y la segunda en el primer cultivo.

3.6. Toma de Datos

Las características que se midieron en los genotipos evaluados en la localidad fueron las siguientes:

3.6.1. Días a Floración Masculina (FM).

Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas de la parcela presentaban un 50 por ciento de antesis.

3.6.2. Días a Floración Femenina (FH).

Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas en la parcela presentaban emergencia de estigmas.

3.6.3. Altura de Planta (AP).

Longitud en centímetros desde la base del tallo hasta la base de la espiga, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar en la parcela.

3.6.4. Altura de Mazorca (AM).

Longitud en centímetros desde la base del tallo, hasta el nudo de inserción de la mazorca, de un muestreo de 10 plantas tomadas al azar en la parcela.

3.6.5. Acame de Raíz (AR).

Por ciento de plantas en la parcela que tuvieron una inclinación mayor de 30 grados con respecto a la vertical.

3.6.6. Acame de Tallo (AT).

Por ciento de plantas de la parcela que presentaron quebramiento en el tallo por debajo de la mazorca.

3.6.7. Mala Cobertura (MC).

Por ciento de plantas de la parcela cuyo totomoxtle no cubre el total de la mazorca.

3.6.8. Mazorcas Podridas (MP).

Se consideraron podridas, aquellas mazorcas que tuvieron más de un 10 por ciento de granos podridos, expresado en por ciento en función del número total de mazorcas por parcela.

3.6.9. Número de Plantas Cosechadas (NPC).

Total de plantas en la parcela útil, tengan o no mazorca.

3.6.10. Número de Mazorcas Cosechadas (NMC).

Total de mazorcas cosechadas en la parcela útil.

3.6.11. **Peso de Campo (PC).**

Peso de mazorcas (en gramos) por parcela al momento de la cosecha.

3.6.12. **Rendimiento por Hectárea (RE).**

Para estimar este rendimiento (en ton/ha al 15.5 % de humedad), se utilizó la siguiente metodología:

Se tomó una muestra aleatoria de 250 gramos de grano del montón de mazorcas de la 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 el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad se obtuvo al multiplicar el peso de campo por el factor de conversión a toneladas por hectárea.

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

Donde:

FC = Factor de conversión a Ton/ha

APU = Área de parcela útil (distancia entre surcos x distancia entre plantas x número optimo de plantas).

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

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

10,000 m² = Superficie de una hectárea.

3.7. Análisis Estadístico

Para el análisis del experimento se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repetición, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

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

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.

\sum_{ij} = Efecto del error experimental.

Cuadro 3.0 Formato Para el Análisis de Varianza Individual

FV	gl	SC	CM	Fc
Tratamiento	t - 1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{Sc \text{ trats.}}{t - 1}$	$\frac{CM \text{ trats.}}{CM \text{ EE}}$
Repeticiones	r - 1	$\sum_{j=1}^r \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{Sc \text{ Rep.}}{r - 1}$	$\frac{CM \text{ Rep.}}{CM \text{ EE}}$
Error Exp.	(t-1)(r-1)	Sc t-(ScR+Sct)	$\frac{Sc \text{ EE}}{r - 1}$	

Total	$rt - 1$	$\sum_{y=1}^r \sum_{j=1}^t Y^2_{yj} - \frac{Y^2_{..}}{rt}$	$(t-1)(r-1)$	
-------	----------	--	--------------	--

Para determinar la confiabilidad de los datos obtenidos para el análisis de varianza, se estimó el coeficiente de variación (C.V.), mediante la siguiente fórmula :

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación expresado en porcentaje

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

\bar{X} = Media general

Al encontrar diferencias significativas entre tratamiento con el análisis de varianza individual, se realizó una prueba de Diferencia Mínima significativa (DMS) mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = (0.05) = t(\alpha / 2, gl_{ee}) \left[\sqrt{\frac{2CMEE}{r}} \right]$$

Donde:

DMS = Diferencia mínima significativa

t_{α} = El valor de t a un valor de probabilidad de los grados de libertad del error experimental.

CMEE= Cuadrado medio del error experimental

r = Número de repeticiones

Para definir la manera en que la selección ha influido en la estructura genética del rendimiento, se determinaron los coeficientes de correlación entre las características agronómicas evaluadas, mediante la siguiente formula:

$$r = \frac{(\sum XY - (\sum X - \sum Y)/n)^2}{\sqrt{[\sum X^2 - (\sum X)^2/n][\sum Y^2 - (\sum Y)^2/n]}}$$

Donde :

r = Coeficiente de Correlación

n = Número de variables

$\sum x^2$ = Sumatoria de las variables independientes

$\sum Y^2$ = Sumatoria de las variables dependientes

$\sum XY$ = Sumatoria del producto de las variables

Al obtener los valores calculados se compararon con los valores y niveles de tablas ($P < 0.05$) y ($P > 0.01$).

3.8. Estimación de parámetros genéticos

Los parámetros genéticos que se estimaron en el presente trabajo son heredabilidad (H^2 en sentido amplio) y coeficiente de variación genética, bajo las siguientes formulas:

$$H^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_F} = \frac{\frac{CMT - CMEE}{r}}{\frac{CMT}{r}}$$

$$CVG = \frac{\sigma^2_G}{\bar{X}} = \frac{CMT - CMEE}{\bar{X}}$$

Donde:

H^2 = Heredabilidad

CVG = Coeficiente de variación genética

σ^2_G = Varianza genética

σ^2_F = Varianza fenotípica

CMT = Cuadrados medios de los tratamientos

CMEE = Cuadrados medios del error experimental

r = Repeticiones

\bar{X} = Media del carácter

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente interpretación de datos se refiere a un análisis de varianza individual para la localidad de Sandía el Grande, N. L. y las características agronómicas que se evaluaron son: Días a flor macho, días a flor hembra, así como altura de planta, altura de mazorca y rendimiento.

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios de dicho experimento, en el cual se puede observar que para la fuente de variación tratamientos existen diferencias significativas ($p \geq 0.01$) para las características días a flor macho, días a flor hembra y rendimiento, entre tratamientos; esto quiere decir que hubo materiales precoces e intermedios, lo cual es de interés para un fitomejorador para realizar selección y obtener de esta manera materiales precoces. Así mismo los rangos arrojan valores de días a flor macho y hembra de 81.0 a 95.0 Y de 83.0 a 98.0, respectivamente; lo cual demuestra que existen materiales con ciclo vegetativo precoz. Además se hizo la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), con el fin de formar y comparar grupos de selección.

Para la fuente de variación tratamientos se encontró que para las variables altura de planta y altura de mazorca, no existe significancia entre

tratamientos lo cual es un indicador de la ausencia de variabilidad entre materiales y como tal no muestran alternativas de selección para éstas características.

Cuadro 4.1 Concentración de cuadrados medios del ANVA individual para las características agronómicas evaluadas en la localidad de Sandía el Grande, N.L.

Fuente de Variac.	gl	Días a Flor Macho	Días a Flor Hembra	Altura de Planta	Altura de Mazorca	RE(Ton/Ha) en mazorca al 15.5 % h°
Rep.	1	42.250 **	88.360 **	930.250 *	712.890 *	0.496
Trat.	49	18.108 **	23.081 **	193.005	154.470	5.988 *
Error	49	4.658	6.074	199.128	162.666	3.675
C.V. %		2.480	2.720	7.930	13.230	16.850
DMS		4.334	4.949	28.335	25.610	3.849
Máxima		95.000	98.000	200.000	120.000	14.599
Media		87.000	91.000	178.000	96.000	11.376
Mínima		81.000	83.000	145.000	75.000	8.220

** Altamente Significativo

* Significativo

En cuanto a la variable rendimiento, existe significancia para tratamientos, esto implica que se puede hacer selección de los materiales más sobresalientes para este carácter, debido a que es aquí donde el fitomejorador hace más hincapié, porque es una de las variables que debe dar mejores resultados para que un material pueda ser seleccionado; de ahí que ocupa el primer sitio en cuanto a criterios de selección se refiere, obedeciendo a que es de interés primordial en cualesquiera de los programas de fitomejoramiento obtener materiales con un potencial de rendimiento superior al de los existentes en el mercado. Asimismo, se puede observar que estos materiales prometen altos rendimientos por unidad de superficie para esta

región, ya que la media del experimento es de 11.375 toneladas por hectárea.

Para la fuente de variación repeticiones, se observa alta significancia para las variables días a flor macho y hembra, lo cual significa que los materiales se mostraron diferentes en las repeticiones en cuanto a dichas características, lo que les permite explorar mejor las condiciones ambientales prevalentes en esos suelos.

Para las variables altura de planta y mazorca se encontró significancia ($P \geq 0.05$) en la fuente de variación repeticiones con lo que se deduce que tuvieron un comportamiento diferente en ambas repeticiones.

Por último, para el carácter rendimiento en la fuente de variación repeticiones, no se encontró significancia por lo que se puede decir que las variedades sintéticas tuvieron un comportamiento muy similar en las dos repeticiones.

Los coeficientes de variación estimados (C.V.) para el análisis de varianza individual presenta valores muy acorde con las características evaluadas. Los porcentajes más bajos los presentan las variables días a flor macho, días a flor hembra y altura de planta (Cuadro 4.1), reportando los valores más altos las variables altura de mazorca y rendimiento con 13.230 y 16.850 respectivamente. Los coeficientes de variación constituyen una herramienta muy útil que permite saber si el experimento se condujo

correctamente. En lo que a susodicho experimento concierne se puede presumir que se manejo bien pues se tienen porcentajes bajos de variación (Menores de 20 %).

También en el cuadro 4.1 se presentan las medias, la DMS calculada y los valores máximos y mínimos, para las características consideradas en este trabajo. Los valores máximos y mínimos obtenidos muestran que existe una gran variabilidad en la expresión de los genotipos evaluados; la DMS es la herramienta que determina hacer grupos estadísticos para facilitar la selección, y en este caso específico los valores de DMS obtenidos si permiten formar grupos.

Después de haber discutido el análisis de varianza individual, en el cuadro 4.2 se presentan las medias para todas las características evaluadas (primer grupo estadístico), en orden descendente en base a rendimiento, formado a partir del calculo de la DMS; el cual permite apreciar los mejores materiales y de esta manera se selecciona a aquellos que presenten los mejores atributos agronómicos. En dicho cuadro de medias se puede observar que un 6.67 % de los sintéticos evaluados (Sintéticos 4, 13, 15) superan numéricamente al mejor de los testigos (T 48), y aproximadamente un 50 % está por encima de la media de los testigos (11.555 ton/ha), en relación a la variable rendimiento.

Comparando el rendimiento del mejor de los sintéticos (4), con el

rendimiento promedio de los testigos y la media del experimento, resulta una diferencia de 2.969 y 3.223 ton/ha respectivamente, lo cual es muy significativo; asimismo el sintético 4 presenta valores de días a flor macho superiores a la media de los testigos y del experimento, y a flor hembra supera a la media de los testigos e iguala a la media del experimento. También presenta una altura de planta y mazorca superior tanto a la media de los testigos como del experimento, es decir es tardío y alto. Presenta, además, tolerancia a acame de raíz, acame de tallo y pudrición de mazorca, aunque muestra una mala cobertura de mazorca.

El sintético 13 ocupa el segundo sitio con un rendimiento superior a la media de los testigos y del experimento, con valores de días a flor macho superiores a la media de los testigos e igual a la media general del experimento, y a flor hembra es solo superior a la media de los testigos. En cuanto a altura de planta está por encima de la media de los testigos y del experimento, en cambio en altura de mazorca es ligeramente inferior; es decir, es un material de porte alto pero de ciclo intermedio. También, exhibe tolerancia a acame de raíz y tallo, con cobertura de mazorca regular y con tolerancia a pudrición de mazorca.

Cuadro 4.2 Concentración de medias, en base a la DMS, para las características agronómicas evaluadas.

Entrada	FM	FH	AP	AM	AR	AT	MC	MP	RE
4	89	91	200	120	0	0	22	1	14.599
13	87	90	195	95	3	0	11	1	14.391

15	86	88	180	115	3	0	20	1	13.928
48 T	81	83	178	88	0	0	5	0	13.895
8	87	89	190	107	0	0	7	0	13.678
16	82	87	170	95	0	0	6	4	13.477
38	86	89	192	95	0	0	11	0	13.361
24	87	89	175	88	0	0	43	0	13.322
3	86	89	185	105	0	0	2	0	13.169
14	87	90	182	93	0	0	8	0	12.898
26	83	84	170	102	1	0	23	1	12.776
36	88	92	195	100	2	0	3	1	12.765
18	89	95	195	110	1	0	17	2	12.744
43	83	85	165	93	0	0	2	2	12.703
27	91	95	180	88	0	0	11	0	12.636
21	86	90	162	90	5	0	22	3	12.566
44	91	96	162	98	0	0	0	0	12.355
41	89	93	185	107	1	0	3	3	12.154
5	93	97	192	105	2	0	10	0	12.080
46 T	87	91	168	90	11	1	3	0	11.976
2	86	89	182	100	0	0	30	2	11.957
31	84	89	165	98	1	0	16	1	11.801
6	87	91	182	95	1	0	26	0	11.787
30	85	93	182	105	5	0	4	0	11.765
1	87	90	188	93	0	0	3	0	11.693
37	85	89	185	95	1	0	9	0	11.570
47 T	85	88	168	98	0	0	2	1	11.529
9	88	90	175	102	0	0	7	0	11.377
50 T	84	86	185	110	0	0	5	1	11.372
11	87	92	188	102	1	0	9	0	11.339
12	82	87	192	83	0	0	20	0	10.883
x-Exp.	87	91	178	96	2	0.16	11	2	11.376
x-Test.	84.00	87.60	172.40	95.80	3.20	0.20	4.00	1.20	11.630

T =Testigo

X-Exp. = Media del experimento

X-Test.= Media de los testigos

La variedad sintética 15 es la tercera y ultima que supera al mejor de los testigos, con rendimiento obviamente superior a la media de los testigos y del experimento. Presenta valores de días a flor macho superiores a la media de los testigos e inferiores a la media del experimento, así como también valores de días a flor hembra inferiores a la media general del experimento y ligeramente superior a la media de los testigos. En lo que a altura de planta y

mazorca se refiere presenta valores superiores a ambas medias o sea es alto pero con ciclo intermedio . Muestra tolerancia acame de raíz y tallo, mala cobertura y es tolerante a pudrición de mazorca.

El testigo que mejor se comportó fue el 48 con un rendimiento promedio de 13.895 ton/ha, que supera la media del los testigos y el promedio general, presenta valores de días a flor macho y hembra inferiores a la media general y de los testigos; además, con valores de altura de planta igual a la media del experimento y superior a la media de los testigos; en cambio para la variable altura de mazorca es inferior a ambas medias; es decir es un material de porte bajo y precoz. Exhibe tolerancia a acame de raíz y tallo, con buena cobertura de mazorca y tolerante a pudrición de mazorca.

Los sintéticos 8, 16, 38, 24, 3, 14, 26, 36, 18, 43, 27, 21, 44, 41, 5, son inferiores únicamente al testigo 48, pero superan a los testigos 46, 47, 50 y 49, a la media de estos y a la media general en cuanto a rendimiento. Se destaca dentro de este grupo los sintéticos 16, 26 y 43 por presentar valores de días a flor macho y hembra, altura de planta inferiores tanto a la media de los testigos como a la media general del experimento, siendo el sintético 16 de ciclo vegetativo precoz, con tolerancia a acame de raíz, acame de tallo, a pudrición de mazorca y con buena cobertura.

En el experimento el peor de los testigos fue el 49 con un rendimiento promedio por hectárea de 9.424, inferior a la media de los testigos y del

experimento; sin embargo presenta valores de días a flor macho y hembra inferiores a ambas medias, con valores de altura de planta y mazorca también inferiores, con susceptibilidad a acame de raíz y pudrición de mazorca. El sintético que presentó los valores más bajos para todas las características agronómicas evaluadas fue el 33, siendo susceptible a acame de raíz y con mala cobertura de mazorca; pero con tolerancia a acame de tallo y pudrición de mazorca.

Para definir la manera en que la selección ha influido en la estructura genotípica del rendimiento, se determinaron los coeficientes de correlación entre las características agronómicas evaluadas en el experimento.

De acuerdo con las correlaciones estimadas y concentradas en el cuadro 4.3, se puede apreciar que existe una correlación positiva altamente significativa entre las variables días a flor macho y días a flor hembra, lo cual demuestra que están íntimamente relacionadas ambas características agronómicas.

Cuadro 4.3 Concentración de Coeficientes de Correlación y su significancia entre las variables evaluadas

Variable	FM	FH	AP	AM	RE
FM	1	0.886 **	0.064	0.038	-0.284 *
FH	0.886 **	1	0.065	-0.023	-0.386 **
AP	0.064	0.065	1	0.491 **	0.446 **
AM	0.038	-0.023	0.491 **	1	0.388 **
RE	-0.284 *	-0.386 **	0.446 **	0.388 **	1

- * ** Correlaciones significativas al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

Para la correlación días a flor macho con altura de planta no se encontró significancia al nivel de probabilidad de 0.05 y 0.01, por lo que se deduce que son características independientes, de igual forma para las variables días flor macho con altura de mazorca no manifiestan algún grado de asociación.

Por otra parte se encontró que la correlación resultante entre las variables días a flor macho y rendimiento es negativa y significativa al nivel de probabilidad de 0.05. También para los caracteres rendimiento y días a flor hembra se encontró una correlación negativa altamente significativa, lo cual indica que un cambio en cualesquiera de las variables tendrá un efecto o cambio negativo sobre la media de la otra. Lo anterior es debido a que los sintéticos se formaron a partir de materiales ampliamente seleccionados por sus destacados atributos agronómicos, especialmente por su precocidad.

En lo que respecta a la variable días a flor femenina, tuvo una correlación positiva con la característica altura de planta y, negativa con altura de mazorca siendo ambas no significativas. Así mismo, para las variables días a flor hembra y rendimiento se aprecia una correlación negativa con significancia al 0.01 de probabilidad, al igual que para rendimiento y días a flor macho; lo cual indica que existe una relación entre ambas variables en la que bien puede darse un incremento en la primer característica y un descenso consecuente de

la segunda.

Las variables altura de planta y altura de mazorca exhiben una correlación positiva altamente significativa, con lo que se pone de manifiesto un alto grado de asociación entre las dos variables, de tal suerte que la selección para cualesquiera de estas características causará un cambio proporcional en la media de la otra.

Por último, se puede apreciar una correlación positiva con significancia al nivel de probabilidad de 0.01 entre las variables altura de mazorca y rendimiento, lo que pone de manifiesto un alto grado de asociación entre ambas características y que tal relación permite que al hacer selección para una de ellas automáticamente se mejora la otra. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos por Alvarez (1984), Hallauer y Miranda (1981).

Por otra parte se estimaron también algunos parámetros genéticos tales como la heredabilidad y coeficiente de variación genética (cuadro 4.4), los cuales permiten saber el grado o cantidad de la variabilidad genética que poseen las variables en estudio; asimismo conocer su heredabilidad. Los valores de dichos parámetros son utilizados comúnmente para predecir si es conveniente seguir realizando selección en cada una de las características evaluadas.

Cuadro 4.4. Parámetros genéticos estimados para rendimiento y otras características agronómicas evaluadas en el experimento.

característica Evaluada	Parámetros Genéticos		
	Heredabilidad	h ² (%)	CVG
FM	0.743	74.3	2.981
FH	0.737	73.7	9.344
AP	-0.032	3.2	-0.053
AM	-0.983	98.3	-2.109
RE	0.773	77.3	13.369

De acuerdo con los resultados obtenidos y concentrados en el cuadro 4.4 para las características evaluadas se encontró para la variable días a flor macho y hembra valores muy altos de 74.3 y 73.7 por ciento de heredabilidad, respectivamente. El carácter redimiendo presenta el por ciento de heredabilidad más alto de entre las variables evaluadas, con 77.3, esto es debido a que es una población sin gran carga genética (sin genes indeseables) constituida a partir de líneas con gran potencial de rendimiento para producir híbridos rendidores.

Por otra parte, en lo que a coeficientes de variación genética se refiere, la variable rendimiento presenta un porcentaje aceptable por lo que se deduce que existe mucha variabilidad por explotar. En cambio para los caracteres días a flor macho y hembra se encontraron valores de 2.981 y 9.344 por ciento respectivamente, infiriendo que para la variable días a flor hembra existe variabilidad por explotar, no así para días flor macho que presenta variabilidad genética reducida, por lo que la selección para este carácter mostrará pocas ganancias por ciclo, es decir la respuesta a la selección se verá mermada.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y el objetivo planteado inicialmente, se concluye que sí es posible recomendar materiales para su explotación con éxito en la localidad de Sandia el Grande, N.L.; dado que se detectaron algunos sintéticos con alto potencial de rendimiento, que inclusive superaron a los testigos utilizados en el experimento.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento agronómico de sintéticos de maíz en F_2 y seleccionar los mejores para ofrecer una alternativa viable a los agricultores de la localidad de Sandia el Grande, N.L.; de tal forma que mejoren su rendimiento por hectárea, sin hacer un desembolso anual en la compra de la semilla para la siembra de sus parcelas.

El material genético utilizado consta de 45 sintéticos, seleccionados en la F_1 por su buen comportamiento agronómico en tres localidades, y 5 testigos (AN-450, C-381, AN-452, D-866, D-870). Las variables evaluadas fueron días a flor macho, días a flor femenina, altura de planta, altura de mazorca,

acame de tallo, acame de raíz, mala cobertura, mazorcas podridas y rendimiento; las cuales fueron evaluadas bajo un diseño de bloque al azar con dos repeticiones en la localidad de Sandia el Grande, N.L., en 1996.

El análisis de varianza individual indica que existe alta significancia, en la fuente de variación tratamientos, para las variables días a flor macho y días a flor hembra, indicándonos que hubo materiales precoces e intermedios. En cambio las variables altura de planta y altura de mazorca resultan no significativas por lo que no muestran alternativas de selección. El carácter rendimiento muestra significancia, lo cual indica que es posible hacer selección de los materiales más sobresalientes para este carácter.

Por otra parte se determinó la DMS con el propósito de formar grupos estadísticos para facilitar la selección de los mejores materiales. Se encontró que un 6.67 por ciento de los sintéticos evaluados superan numéricamente al mejor de los testigos y aproximadamente un 50 por ciento está por encima de la media de los testigos, en cuanto a la variable rendimiento. El mejor de los sintéticos fue el 4 con un rendimiento de 14.599 ton/ha, con altura de planta alta y ciclo vegetativo tardío; pero, con tolerancia al acame de tallo y raíz y a pudrición de mazorca.

Para determinar la manera en que la selección ha influido en el rendimiento se determinaron los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas, encontrándose para días a flor macho y hembra una correlación

positiva altamente significativa, significativa entre altura de planta y las variables días a flor macho y hembra; en cambio resultó una correlación negativa altamente significativa entre rendimiento y días a flor hembra y una correlación negativa significativa entre rendimiento y días a flor macho.

La correlación entre rendimiento, altura de planta y altura de mazorca es positiva altamente significativa .

También se estimaron los parámetros genéticos heredabilidad y coeficiente de variación genética, para predecir si es conveniente seguir haciendo selección en cada una de las características evaluadas; destacando la alta heredabilidad (0.773) que exhibe la variable rendimiento.

De lo anterior se concluyó que si es posible recomendar materiales para su explotación en la localidad de Sandia el Grande, N.L., puesto que se detectaron variedades sintéticas con alto potencial de rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Albrech B. and J.W. Dudley. 1987. Evaluation of four maize population containing different proportion of exotic germoplasm. *Crop. Sci*, 27 (3): 480 - 486.
- Aldrich R., S. 1974. Producción moderna del maíz. Primera Edición, Ediciones Hemisferio Sur. Argentina.
- Allard R., W. 1960. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega , S. A. España.
- Allard R., W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Primera Edición. Ediciones Omega, S.A. España.
- Allard R., w. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición. Ediciones Omega S. A. España.
- Allard, R. W. and A. D. Bradshaw. 1964. Implications of genotype enviromental interactions in applied plant breeding. *Crop. Sci* 4 : 503 - 507 U.S.A.
- Alvarez G., I. 1984. Estimación de parámetros genéticos en un sintético de maíz del tropico seco mexicano. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Cordova O., H. S. y Fidel M. S. 1979. Efecto del número de líneas endogámicas sobre el comportamiento de las variedades sintéticas derivadas de una población de maíz (*Zea mays* L.) I. Grain Yield. *Crop. Sci.* 10 : 357 - 361.

- Chávez A., J. L. 1993. Mejoramiento de plantas 1. Segunda edición, Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F.
- Chávez A., J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos para plantas alógamas, Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F.
- Eberhart S. A., and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6 : 36 - 40.
- Eberhart S., A and W. A. Russell. 1969. Yield and stability for a 10 - line diallel of single - cross and double cross maize hybrids. *Crop. Sci.* 9: 357 - 361.
- Gandara H., R. 1995. Respuesta al cambio de selección masal por medios hermanos en los sintéticos de maíz del Istmo. Tesis. Lic. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Goodman, M. M. 1965. Estimates of genetic variance in adapted and exotic population of maize. *Crop. Sci.* 5 : 87 - 90.
- Gutierrez G., H. I. 1987. Predicción de híbridos tropicales de maíz a partir de la evaluación de cruza simples en tres ambientes. Tesis. Lic. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" . Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hallauer, A. R. and J. B. Miranda Fo. 1981. Hereditary variance. p. 118 in A. R. Hallauer and J. B. Miranda Fo. *Quantitative genetics in maize breeding.* Iowa State University Press / Ames.
- Hayes, H. k. and R. J. Garber. 1919. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. *Agron. Jour.* 11 : 309 - 318.
- Jenkins, M. T. 1940. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. *Jour. Soc. Agron.* 32 : 55 - 63.
- Jugenheimer, R. w. 1981. Maíz. Variedades mejoradas, Métodos de Cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa. México.
- Kinman, M. L. and G. F. Sprague. 1945. Relation between number of parental lines and theoretical performance of synthetic varieties of corn. *J. A. M. Soc. Agro.* 37: 577 - 579.
- López H., A. J. 1978. Selección y evaluación de genotipos de maíz en condiciones limitantes para aumentar la producción y el rango de

adaptación. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.

- Márquez S., F. 1973. Relationship between genotype - environmental interaction and stability parameters. *Crop. Sci.* 13: 577 - 579.
- Márquez S., F. 1974. El problema de la interacción genética ambiental en genotecnia vegetal. Ed. Patena, A. C. Chapingo, México.
- Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal (Métodos - Teoría - Resultados). Primera Edición, Ediciones Omega, S.A. Tomo II . México.
- Márquez S., F. 1992a. Inbreeding and yield prediction in synthetic maize cultivars made with parental lines. I: Basics Methods. *Crop sci.* 32: 345 - 349.
- Márquez S. F. 1992b. On the yield prediction of composite varieties of maize. *Maydica* 37 (3) : 271 - 274.
- Márquez S., F. 1995. Métodos de Mejoramiento Genético del Maíz. Primera Edición . México. Pag 49 - 51.
- Márquez S., F. and A. R. Hallauer. 1970. Influence of sample size on the estimation of genetic variances in a synthetic varieties of corn. *J. A.M. Soc. Agron.* 37 : 341 - 351.
- Márquez S. F., P. Ramírez V. y H. Cordova O. 1983. Variedades Sintéticas de maíz. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Martínez R., L.A. et al. 1984. Análisis gráfico & parámetros de estabilidad en la discriminación de genotipos de maíz. *Fitotecnia Año 5, # 6* pág. 3 - 24.
- Méndez R., I. 1962. Heterosis en cruces intervarietales de maíz con la raza pepitilla. Tesis Profesional, Chapingo, México.
- Moll, R. H., W. S. Salhuayna and H. F. Robinson. 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop. Sci* 2 : 197 - 198.
- Neal, N. P. 1935. The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *Agron. J.* 27 : 666 - 670.

- Omolo, E., and W. A. Russell. 1971. Genetics effects of population size in the reproduction of two heterogeneous maize populations. Iowa State Journal of Science 45 : 499 - 512.
- Oyervides G., M., A. R. Hallauer, and H. Cortez. 1985. Evaluation of improved maize population in México and U.S. Corn belt. Crop. Sci 25 (1) : 115 - 120.
- Oyervides G., M; G. A. Oyervides; A. F. Rodriguez. 1981. Adaptabilidad, estabilidad y productividad de variedades tropicales de maíz (*Zea mays* L.). Agricultura técnica en México. 7 (1): 3 - 23.
- Paternniani, E. and J. H. Lonquist. 1963. Heterosis in interracial crosses of corn. Edit. Limusa. México.
- Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa . 8^a Reimpresión. México.
- Robinson, H. F.; R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. Agron. J. 43:282 - 287.
- Robinson, H.F.; R.E. Comstock and P.H. Harvey. 1949. Estimates of heredability and the degree of dominance in corn. Agron. J. 41: 353 - 359.
- Russell, w. A. and S. A. Eberhart. 1968. Test crosses of one and two-ear types of corn belt maize inbreed. II stability of performance in different enviroments, Crop. Csi 8 : 248 - 251. U.S.A.
- Sathyanarayanaih K. S. 1986. Utilidad de las correlaciones en mejoramiento genético de los cultivos. Periódico informativo COMUNA. UAAAN, N° 129 Pag. 10 - 11.
- Shauman, W. L. 1971. Effect of incorporation of exotic germoplasm on the genetic variance components of an adapted, open - pollinated corn vareity at two plant population densities. Ph. D. Dissertation Univ. Nebraska. Linkoln. U.S.A.
- Vázquez C., J. 1995. Evaluación de híbridos de maíz de la Universidad Autónoma Agraria Anatonio Narro en Sandia el Grande, N. L. Tesis Lic. UAAAN. Buenavista, Satillo, Coah. México.
- Wick, III. Z. W. and M. L. Carson. 1987. Line source irrigation to asses maize inbred line stability. Crop sci. 27 (2) p. 354.

Wright, S. 1922. The effects of inbreeding and cross breeding on guinea - pigs, III crosses between highly inbred families. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1121 : 1 - 61.

Wright, S. 1929. The effect of inbreeding and crossbreeding in guinea pigs. USDA Bull. 1121.