

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Evaluación de Híbridos Simples y Triples de Maíz y Determinación  
de Parámetros Genéticos.**

**Por:**

**NORMA ELENA GARCIA RAYA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Noviembre de 1999**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Evaluación de Híbridos Simples y Triples de Maíz y Determinación  
de Parámetros Genéticos.**

**POR:**

**NORMA ELENA GARCIA RAYA**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.**

**EL PRESIDENTE DEL JURADO.**

---

**M.C. HUMBERTO DE LEON CASTILLO**

---

**M.C. JOSE GPE. RODRIGUEZ VALDEZ.**  
**SINODAL**

---

**M.C. MA.CRISTINA VEGA S.**  
**SINODAL**

---

**Q.F.B. MARIA ELENA GONZALEZ GUAJARDO**  
**SUPLENTE**

---

**M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO**  
**COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**  
**Noviembre de1999**

## AGRADECIMIENTOS

A mi "Alma Mater" por haberme dado la oportunidad de realizar mis estudios y llegar a ser una profesionalista.

Al M. C. Humberto de León Castillo por su amistad y la valiosa asesoría que me brindó en la realización de éste trabajo.

Al Ing. Daniel Samano Garduño por el tiempo que dedico desinteresadamente en el desarrollo del presente trabajo.

A la M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez por aceptar ser parte del jurado y por su colaboración en el desarrollo de éste trabajo.

A la Q.F.B. María Elena González Guajardo por su amistad y por formar parte del jurado.

A la LIC. Sandra Roxana López Betancourt por apoyarme en la presentación del trabajo.

A mis compañeros y amigos de Generación LXXXVII; Cabrera, Barreto, Licon, Olayo, Olvera y Morales.

A Luis P. Guevara Acevedo por la amistad y el apoyo brindado.

## DEDICATORIA

### A DIOS NUESTRO SEÑOR:

Por permitirme gozar de la vida y por estar siempre conmigo cuando más lo he necesitado, las veces que he tropezado siempre ha estado presente para ayudarme a salir adelante.

### A MIS PADRES:

SRA. LORENZA RAYA GARCIA

SR. LUIS GARCIA ANGUIANO

Con amor y agradecimiento, por haberme guiado por el camino del bien, por el apoyo y comprensión que me han brindado en las diferentes etapas de mi vida. Especialmente a mi Madre por asumir el papel de Padre y Madre y sacar adelante a sus hijos.

### A MI GRAN AMOR:

JOSE GARCIA VALADEZ

Por su confianza, comprensión, apoyo y amor que siempre me brindó durante toda la formación de mi carrera y estoy segura que lo seguirá haciendo en mi desempeño como profesionista.

### A MIS HERMANOS:

CIPRIANO

ANTONIA

BERNARDO

ALEJANDRA

ANA BERTHA

JOSE LUIS

MARIA ESTHER

Con cariño y amor.

Especialmente a Bernardo quien ha sido más que un hermano es como mi padre, apoyándome siempre incondicionalmente, a José Luis por su ayuda que siempre me brindó cuando la necesite.

Con cariño y agradecimiento a Mary y Juan por su apoyo incondicional que me brindaron por que no solo son una hermana y un cuñado, son mi segunda familia.

A mi amigo. Apolinar por su valiosa amistad de tantos años.

A mis Sobrinos y Sobrinas que son muchos.

A mi cuñada Imelda Escalera Pérez por el cariño que siempre me ha brindado.

## INDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
Agradecimientos	i
Dedicatoria	ii
Indice de cuadros	v
Resumen	vi
<b>I Introducción</b>	<b>1</b>
Objetivos	2
Hipótesis	2
<b>II Revisión de Literatura</b>	<b>3</b>
Hibridación	3
Híbrido Simple y Triple	6
Aptitud Combinatoria	9
Aptitud Combinatoria General	10
Probadores	13
Componentes de Varianza Genética	14
Diseños Genéticos	15
Varianza Genética	16
<b>III Materiales y Métodos</b>	<b>19</b>
Material Genético	19
Metodología (Toma de datos)	21
Diseño Experimental	24
Estimación de ACG y ACE	25
Análisis Estadístico del Diseño II de Carolina del Norte	26
Estimación de Parámetros Genéticos	28
<b>IV Resultados y Discusión</b>	<b>30</b>
Análisis Individual	31
Híbridos con buen potencial de rendimiento	34

Análisis con Diseño II de Carolina del Norte	35
Evaluación de ACG y ACE	36
Estimación de la Varianza	38
<b>V Conclusiones</b>	<b>41</b>
<b>VI Bibliografía</b>	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 3.1. Origen de los materiales utilizados como machos y hembras.	19
Cuadro 3.2. Forma del análisis de Varianza del diseño experimental Bloques al Azar.	25
Cuadro 3.3. Estructura del análisis de Varianza para el Diseño Genético II de Carolina del Norte.	28
Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de Varianza individual para seis características agronómicas evaluadas en Tepalcingo, Morelos.	31
Cuadro 4.2. Híbridos con buen potencial de rendimiento.	34
Cuadro 4.3. Cuadros medios de los análisis de Varianza del Diseño II de Carolina del Norte, para seis variables evaluadas en Tepalcingo, Morelos.	35
Cuadro 4.4 Aptitud Combinatoria General de los mejores materiales utilizados como machos y hembras.	37
Cuadro 4.5 Aptitud Combinatoria Específica de las cruzas.	38
Cuadro 4.6 Estimación de la Varianza de machos, hembras y machos por hembras.	39
Cuadro 4.7 Varianza de dominancia y Varianza aditiva de las seis variables evaluadas.	40

## RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron 18 líneas élite normales adaptadas al Bajío Mexicano cruzadas cada una con cinco hembras comunes de las cuales tres son cruza simples y dos son líneas con la idea de formar una población a partir de ellas, el apareamiento se realizó bajo un Diseño II de Carolina del Norte para, por un lado caracterizar esa población y colateralmente identificar combinaciones híbridas potenciales y determinar que método de mejoramiento se debe de aplicar a la población. Cada macho se cruzo con las cinco hembras dando origen a híbridos que para éste propósito se consideraron familias de hermanos completos, los cuales fueron evaluados en la localidad de Tepalcingo, Morelos en el año de 1998.

Los objetivos planteados son los siguientes:

- Identificar híbridos sobresalientes superiores en rendimiento y otras características agronómicas a la media general.
- Determinar por medio de la Aptitud Combinatoria General los progenitores que presenten el mejor comportamiento.
- Determinar qué método de mejoramiento recurrente se debe aplicar a la población formada para poder obtener mayores ganancias.

Se realizó un diseño de bloques al azar con una localidad y dos repeticiones para la evaluación de seis variables: días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), calificación (CAL) y



rendimiento (REND). También se encontraron híbridos que presentaron buen potencial de rendimiento con una media de 9.26 ton/ha presentando el mayor rendimiento de 12.82 ton/ha con los tratamientos 28,27,14,88,30 y 7, donde el 28 y 88 son híbridos triples y el 27,14,30 y 7 son híbridos simples.

Para la Aptitud Combinatoria General se encontraron los machos 6, 12, 3, 1 y 2 y las hembras 1, 5 y 3 que son los que presentaron mejores efectos. Mientras que las cruzas 4x4, 7x4, 14x3, 15x3 y 18x1 son las que presentaron mayores efectos de Aptitud Combinatoria Especifica.

Se realizó también un análisis de varianza para el Diseño II de Carolina del Norte para estimar la Varianza de machos, hembras, machos por hembras y poder determinar la Varianza de dominancia y la aditiva donde se encontró que fue mayor la Varianza de dominancia para las variables AP, AM, CAL y REND. Por lo tanto es conveniente utilizar el método de hibridación para explotar este componente, pero como también estuvo presente la Varianza aditiva para las variables DFM y DFF se puede utilizar un método de mejoramiento interpoblacional, preferentemente con progenitores endocriados parcialmente por ejemplo hermanos completos entre líneas  $S_2$  ó  $S_3$ .

## INTRODUCCION

El cultivo del maíz tiene gran importancia en nuestro país por ser el cereal de más consumo y demanda por el pueblo de México ya que constituye la fuente principal de su alimentación, sin embargo su siembra se ve más limitada con la disminución de sus áreas de cultivo, o por la falta de genotipos de alta producción.

El Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” realiza investigación en maíz a nivel nacional, aportando material genético con buenas características para cada una de las regiones con sus diferentes ambientes en cada una de éstas y así lograr alta producción.

El mejoramiento genético es llevado a cabo a partir de poblaciones para finalmente llegar a formar variedades e híbridos, siendo esta última modalidad la de mayor aportación a la producción y por consecuencia es el que tiene más apoyo en la investigación, dentro de la cual se pone mayor atención al mejoramiento de líneas progenitoras que presentan algún carácter indeseable aparte de formar otras nuevas.

En el presente trabajo se está utilizando una serie de 18 líneas élite normales adaptadas al Bajío Mexicano cruzadas cada una con cinco hembras comunes, bajo un Diseño II de Carolina del Norte. La idea central es formar una población a partir de ellas, obtener caracterización de esa población y colateralmente identificar combinaciones híbridas potenciales.

## **OBJETIVOS**

- Identificar híbridos sobresalientes superiores en rendimiento y otras características agronómicas a la media general.
- Determinar por medio de la Aptitud Combinatoria General los progenitores que presenten el mejor comportamiento.
- Determinar qué método de mejoramiento recurrente se debe aplicar a la población formada para poder obtener mayores ganancias.

## **HIPOTESIS**

- Al menos un híbrido es superior en rendimiento y comportamiento al resto.
- En los progenitores utilizados existe al menos uno con mejores efectos de Aptitud Combinatoria General.
- Un método de mejoramiento recurrente podrá ser aplicado mas eficientemente a los materiales seleccionados.

## REVISION DE LITERATURA

### **Hibridación**

De La Loma (1985) cita que el modo de reproducción más opuesto a la autofecundación o la consanguinidad es el cruzamiento o hibridación, que consiste en el apareamiento de dos progenitores pertenecientes a diferente variedad o raza, dentro de una misma especie, a distintas especies, o incluso a diversos géneros.

La hibridación es uno de los métodos de mejoramiento genético que más se ha utilizado en maíz, y que resultados más espectaculares ha logrado en el incremento de su capacidad de rendimiento, esto se debe también a que los atributos biológicos del maíz y su versatilidad han facilitado grandemente su investigación (Fortson, 1986).

Shull en (1904) inicia la hibridación en maíz al trabajar con plantas autofecundadas, observó en ellas una progresiva pérdida de vigor en sucesivas autofecundaciones. Sin embargo, descubrió que al cruzarlas entre sí, se presentó una  $F_1$  que superó en rendimiento a los progenitores.

La hibridación es una práctica importante para el mejoramiento genético de las plantas, donde el éxito de ésta va a depender de la combinación adecuada de dos o más líneas autofecundadas, cuyo objetivo principal de su combinación es obtener un híbrido con

nuevas y mejores características convenientes que proporcionen como resultado mayor rendimiento. (Wilson y Rycher, 1969).

Chávez (1987), menciona que la hibridación es el acto de fecundar los gametos femeninos, con gametos masculinos, procedentes de otro individuo. Este tipo de mejoramiento en cultivo alógomo, se realiza bajo ciertos objetivos que son:

- a) Explotar el vigor híbrido, la formación de ideotipos específicos para determinados ambientes.
- b) Provocar la variabilidad y selección de nuevos materiales que van a intervenir como progenitores en las cruzas.
- c) Obtener la craza deseable de acuerdo a las exigencias del consumidor.

La metodología para lograr dichos objetivos, es através de cruzamientos intervarietales e interespecíficas y la utilización de líneas endogámicas de buena aptitud combinatoria, es decir los genotipos que intervienen en los diferentes cruzamientos híbridos pueden ser: líneas, híbridos, variedades, especies, razas. Es decir considerar que el maíz híbrido, puede ser la primera generación de una craza entre líneas autofecundadas; entre línea por una craza simple o la craza entre dos híbridos simples.

El fitomejorador dispone de dos métodos fundamentales para mejorar las plantas que cultiva: La selección y la hibridación. El primero consiste en elegir los individuos que mejores condiciones reúnan, dentro de la finalidad que persiga, para obtener de ellos los cimientos precisos para perpetuar la planta o los órganos necesarios para multiplicarla si ha

de producirse asexualmente. La hibridación, por lo contrario no se limita a elegir entre los individuos que forman la población de una especie de planta lo más conveniente, sino que procuran la aparición de tipos nuevos de esa población dentro de esa población, haciendo que se produzca entre sí individuos con características diferentes, mediante el cruzamiento de progenitores pertenecientes a variedades, especies y aún gemelos distintos.

Aún cuando por medio de la selección se han conseguido resultados interesantes en la mejora de las plantas cultivadas de mayor interés, este procedimiento tiene posibilidades de menor alcance que la hibridación, puesto que el seleccionador está limitado a elegir dentro de lo que hay en la población en que opera y no es capaz, por lo tanto, de producir nada nuevo, ni de mejorar lo mejor que en ese conjunto de individuos exista. En cambio el hibridador puede llegar a reunir en un solo tipo los caracteres de otros dos o de otros varios, y obtener así individuos más útiles desde distintos puntos de vista.

El objetivo inmediato de la hibridación, es la producción de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupación de caracteres y generalmente, mayor vigor (De La Loma, 1985).

La hibridación puede ser definida como el método que consiste en el apareamiento controlado de individuos genéticamente diferentes, y el estudio de la progenie, asocian la endogamia o consanguinidad durante el proceso (Reyes, 1985).

Poehlman, 1987 considera que en la hibridación dentro del mejoramiento de cultivos con polinización cruzada dos procedimientos básicos de hibridación: a) los

cruzamientos intervarietales e interespecíficos y b) la utilización de vigor híbrido, comúnmente se observa que en muchas cruzas la generación  $F_1$  es más vigorosa que las variedades progenitoras.

Los híbridos de maíz actuales entre líneas puras tienen una mayor potencialidad de rendimiento que las variedades de polinización libre comunes o los sintéticos (Jugenheimer, 1981).

Díaz, 1964. define al maíz híbrido como al producto del cruzamiento entre dos, tres o cuatro tipos de maíz, con caracteres bien definidos para obtener una variedad que reúna las condiciones deseadas como son: Altos rendimientos, resistencia a las enfermedades, resistencia al acame, y resistencia a la sequía.

Allard, 1980. establece que las operaciones que han llevado a gran éxito práctico del maíz híbrido pueden ser las siguientes:

- 1.- Selección de plantas adecuadas en las poblaciones de polinización libre.
- 2.- Autofecundación de estas plantas durante varias generaciones para producir líneas puras.
- 3.- Cruzamientos de líneas escogidas.

**Cruzas Simples:** Una crusa simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. Debido a que las líneas autofecundadas que se utilizan en una crusa simple son probablemente homocigóticas, las plantas de la crusa simple son heterocigóticas para todos los pares de genes en que difieren las dos líneas autofecundadas (Poehlman, 1987).

El híbrido simple: tiene dos líneas parentales endocriadas,

Línea Línea

A B

Cruza Simple AB

Como las líneas empleadas en la producción de semilla híbrida han sido cuidadosamente seleccionadas y endocriadas durante muchas generaciones, con el cruzamiento de solo dos de ellas se obtiene un híbrido muy homogéneo. Cada planta tiene una constitución genética esencialmente similar a la del resto de las plantas procedentes del mismo cruzamiento, por lo cual la totalidad del cultivo es muy uniforme (Aldrich, 1974).

Híbrido Simple. Desde el punto de vista de productividad y vigor, los cruzamientos simples en la generación  $F_1$  pueden ser muy buenos, pero como la productividad de las líneas homocigóticas es en si muy baja, la semilla  $F_1$  de un cruzamiento simple resultaría sumamente costosa para uso comercial (Brauer, 1985). Mientras que Chávez en 1995 menciona que los híbridos simples se forman al cruzar dos líneas u otros materiales. La  $F_1$  de las cruza simples producen las plantas y mazorcas más uniformes, así como los rendimientos más altos a los de cualquier otro tipo de híbrido.

**Cruzas de Tres Líneas:** Es la progenie híbrida entre una cruza simple y una línea autofecundada. Esta cruza solo puede utilizarse cuando se dispone de tres buenas líneas (Poehlman, 1987). Estos se forman con tres líneas autofecundada. Para formarlos se polinizan las plantas de cruza simple con el polen del progenitor masculino, el cual debe ser



una línea muy productora de polen, ya que está en desventaja con la cruza simple que es muy vigorosa.

Las líneas de la cruza simple deben ser rendidoras y combinar bien con la tercera línea. Por ejemplo, en la cruza triple  $(A \times B) \times C$ , la cruza simple  $(A \times B)$  debe combinar bien con la línea C. La combinación de las tres líneas da la oportunidad de combinar un mayor número de factores favorables.

Con frecuencia, se pueden obtener mayores rendimientos con una cruza triple que con una cruza simple, aunque las plantas de una cruza triple no son tan uniformes como las de la cruza simple. Esto se debe a que en la mayoría de los casos no es posible que combinen bien todos los pares de genes de las tres líneas para caracteres favorables (Chávez, 1995).

Generalmente, la semilla de cruzas de tres elementos es menos costosa de producir que la de cruzas simples. Las cruzas de tres elementos tienden a ser más uniformes y a tener un rendimiento ligeramente superior que el de las cruzas dobles. Las cruzas de tres elementos se usan ampliamente en Estados Unidos para la producción de maíz dentado y reventón (Jugenheimer, 1987).

Haciendo una comparación de rendimiento entre híbridos simples y triples Sprague y Thomas (1967) encontraron que la media de rendimiento de las cruzas triples fue superior por 144 kilogramos a la media de las cruzas simples.

## **Aptitud combinatoria**

Márquez (1988), menciona que el término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad medida por medio de su progenie.

La capacidad que tiene una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce como aptitud combinatoria (Poehlman, 1987).

La aptitud combinatoria; se refiere, en las combinaciones híbridas, al comportamiento promedio de una línea al cruzarlas con otras, o bien al comportamiento de una o varias líneas al cruzarlas con una variedad de amplia base genética (Chávez, 1995).

La prueba de aptitud combinatoria es definitivamente la que determina el valor de las líneas para utilizarlas como progenitores en los híbridos comerciales (Brauer, 1983).

Jenkins (1935) citado por Allard (1967), mostró que las líneas autofecundadas expresan su individualidad en cuanto a aptitud combinatoria (AC) al principio del proceso de autofecundación y las plantas que tienen en potencia una gran aptitud combinatoria (AC) pueden identificarse como top-crosses en el momento de la primera autofecundación (Robles, 1981).

Existe un consenso general para aceptar que la aptitud productiva de las líneas endocriadas determinada por el rendimiento de sus cruzamientos, dependen del número y

naturaleza de los factores de crecimiento dominantes de cada línea, en relación con los factores dominantes llevados por el otro progenitor. Esto ha conducido a probar las líneas endocriadas para determinar su aptitud combinatoria y elegir las genéticamente distintas para su empleo en una determinada combinación híbrida. Davis (1929) fue el primero en sugerir el uso de los cruzamientos línea variedad (top-crosses) para la prueba de la aptitud combinatoria de las líneas, aunque la generalización de su empleo debe ser acreditada al trabajo de Jenkins y Brunson (1923) citado por (Hayes, 1955).

### **Aptitud Combinatoria General (ACG)**

La aptitud combinatoria general es el desempeño promedio de una línea en combinaciones híbridas (Jugenheimer, 1981)

La aptitud combinatoria general es el efecto promedio que una línea causa a sus cruza, medida como desviación de la media general, es decir, lo que una línea hereda a sus progenies en promedio de muchas cruza (López, 1986).

La ACG. Estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, la cuantía de los efectos de genes aditivos. Se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética (Chávez, 1995).

La prueba de ACG de las líneas se lleva acabo a través de sus cruza probadoras (CP) llamadas comúnmente Mestizos(M). Así, un mestizo es la progenie de la cruza entre

las líneas y una población probadora o probador. El mestizo no es más que un medio para la prueba de ACG de la línea; una vez que ha cumplido su misión no tiene mayor valor genético, y se recurre a la semilla remanente de las líneas de los mestizos de rendimiento superior para hacer la prueba de ACE cuando se trata de líneas avanzadas, o bien para continuar con el proceso de autofecundación cuando se realiza la prueba temprana en la línea  $S_1$  (Márquez, 1988).

La ACG proporciona información sobre qué líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Los probadores deben de seleccionarse por su capacidad para determinar cuáles líneas se combinaran bien con muchas otras líneas. Debido a la heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan para determinar la aptitud combinatoria general (Jugenheimer, 1987).

Davis, en 1927, hizo una sugerencia que finalmente fue aceptada como práctica general. Propuso la utilización de los top-crosses línea pura por variedad para probar la aptitud combinatoria general de las líneas puras. Los datos completos de este método fueron dados por Jenkins y Brunson en 1932.

La prueba de ACG; se diseñó para evitar tener que llevar a cabo el proceso de endogamia en todas las líneas en las cuales se inicia el proceso, en una etapa temprana de ésta. Por lo tanto, la prueba de ACG es un medio de hacer una selección preliminar de este alto número de líneas, ya que determina en cierta forma el comportamiento promedio de las

líneas  $S_1$  puesto que en esta etapa de autofecundación todavía existe bastante heterogeneidad genética dentro de cada una de ellas (Robles, 1986).

Mena (1992), al evaluar un grupo de cruzas de poblaciones intermedias de maíz junto con sus progenitores de acuerdo con el diseño 2 propuesto por Griffing para aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica. Encontró para la característica de rendimiento, días a floración masculina y femenina, alta significancia estadística para los efectos de aptitud combinatoria general.

La Aptitud Combinatoria General, es el comportamiento promedio de una línea en formación de híbridos, las líneas que son seleccionadas por su buena ACG se usan para realizar cruzas posibles entre ellas, de preferencia en todas sus combinaciones posibles (Robles, 1991).

Ortega (1990), menciona que es importante estimar la aptitud combinatoria general o prepotencia en cruzas simples porque generalmente son los progenitores de los híbridos que más comúnmente se cultivan en nuestro país, por lo tanto es imprescindible conocer los efectos de aptitud combinatoria general o prepotencia y los de mayores efectos pueden ser utilizadas como probadores de líneas u otras cruzas simples y hacer posible la obtención rápida de híbridos que podrán ser explotados comercialmente.

Ramírez (1980), comparó los métodos de líneas per se y el de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas endocriadas concluyendo que es igual de

eficiente utilizar ambas pruebas, obteniéndose un número igual de líneas seleccionadas con los dos métodos.

Poehlman (1976), para conocer la aptitud combinatoria general de una línea utiliza una variedad, que consiste principalmente en realizar cruza de la línea por la variedad, para después probar el comportamiento de la  $F_1$  en ensayos de rendimiento y de esta manera seleccionar aquellas líneas de resultados sobresalientes.

### **Probadores**

Matzinger (1953), define como probador deseable a aquel que combina la simplicidad en su uso, con la máxima información sobre el comportamiento que se espera de las líneas de prueba, cuando se usan en otras combinaciones o crecen en otros ambientes.

El mejor probador es aquel que proporcione más información sobre el probable comportamiento de las líneas evaluadas, al utilizarlas en otras combinaciones o al cultivarlas en otros ambientes (Allard 1980).

## **Componentes de Varianza Genética**

Comstock y Robinson (1948), dicen que la expresión fenotípica de un carácter, es la suma de un efecto genético y una desviación atribuible al medio ambiente y la interacción entre el genotipo y el medio ambiente involucrado. Robinson et al (1951), mencionan que los conocimientos de la heredabilidad de un carácter son importantes para el mejoramiento a través de la selección.

Robinson et al (1951), describen que la variación presente en poblaciones segregantes de maíz, es atribuible a tres fuentes principales: a) efectos genéticos aditivos; b) efectos no aditivos, debido a dominancia e interacción de genes no alélicos y c) efectos ambientales. Además, citan que el término variación genotípica solamente se usa para referirse a la variación genética aditiva o heredable, la cual es parte de la variación responsable del resultado de la selección. Sin embargo, muchos otros autores incluyen a los efectos de dominancia y epistasis en el término variación genotípica.

Robinson y Cockerman (1963), afirman que los propósitos perseguidos al estimar los parámetros genéticos son dos: 1) suministrar información sobre la naturaleza de la acción de los genes involucrados en la herencia, o los caracteres bajo investigación, 2) suministrar la base para la evaluación de planes de mejoramiento de la población, o posiblemente la información para el desarrollo de nuevos enfoques para el mejoramiento de plantas y animales.

## **Diseños Genéticos**

Para Cockerham (1963), los diseños genéticos pueden agruparse en Diseño uno, dos, tres o cuatro factores, dependiendo del número de ancestros por progenie, sobre los que se tuvo control. De esta manera, una familia de medios hermanos o una progenie de policruzas, es un diseño de un solo factor ya que hubo control sobre un progenitor.

La selección del diseño genético estará en función de los objetivos de trabajo de investigación. Deberá elegirse el más práctico y sencillo, pero que proporcione la información necesaria. Por ejemplo, si deseamos cuantificar nada más la variación genética, un diseño de un factor es suficiente. Si quisiéramos estimar en cambio, la varianza aditiva y la varianza de dominancia, sólo se podrá hacer con un diseño de dos o más factores. Si se tratara de estimar la varianza epistática, ocuparemos un diseño de tres factores o todavía más complejo (Dudley y Moll, 1969).

El estimar la magnitud de la variabilidad genética que muestran las características cuantitativas o cualitativas en diferentes especies, es de gran importancia para iniciar un programa de mejoramiento genético, ya que la respuesta a la selección depende de la heredabilidad y de la frecuencia de genes que estén presentes en la población.

Los mejoradores de plantas han empleado diferentes procedimientos de apareamiento y/o estadísticos con el propósito de estimar el efecto genético y/o ambiental que influye en la expresión de un genotipo. Para ello, Comstock y Robinson (1948), proponen tres diseños I, II, y III, conocidos también como Carolina del Norte,



ambos tienen aplicación en los programas de mejoramiento genético, los cuales han sido de gran trascendencia para los fitomejoradores, permitiendo con ello plantear la metodología de mejoramiento más adecuada, con el objeto de lograr resultados a corto, mediano y largo plazo; siendo esta la unidad principal, con la cual se pueden ahorrar trabajo, dinero y esfuerzo.

### **Varianza Genética**

Los términos de Varianzas genéticas están expresados a través de las covarianzas de cada estructura familiar, siendo la base principal del mejoramiento de plantas, donde el progreso genético de selección dependerá básicamente el grado de parentesco (covarianza) entre la unidad de selección (individuos o familias) y los individuos descendientes de los progenitores seleccionados Cortez (1977) y Cockerham (1961).

Robinson et al. (1949), citan que el término variación genotípica solamente se usa para referirse a la variación genética aditiva, la cual es parte de la variación responsable del progreso de selección. Por otra parte, describen que la variabilidad en poblaciones segregantes de maíz son atribuibles a efectos genéticos aditivos, efectos de dominancia e interacción de genes no alélicos y efectos ambientales.

Jonson et al. (1955), mencionan que las estimaciones exactas o precisas de los parámetros genéticos proporcionan bases útiles para evaluar el mejoramiento y

procedimiento de prueba; por lo tanto, es importante repetir en localidades y años las pruebas de obtención de varianzas genéticas.

Stuber et al. (1966), estudiaron la variabilidad en la cruce de dos variedades de maíz, mediante los diseños I y II de Carolina del Norte, en donde concluyen que la varianza genética aditiva y la de dominancia fueron similares para rendimiento, aunque para algunas otras características se manifestó en mayor grado la varianza aditiva.

El diseño II de Carolina del Norte hace posibles los cruzamientos entre un grupo de individuos machos (M) y un grupo de individuos hembra (H), obteniendo un total de progenies o descendientes macho por hembras (MH). Cada apareamiento produce una familia de hermanos completos y el grupo de cruces que tengan un progenitor en común constituyen una familia de medios hermanos.

Una de las ventajas del Diseño II, es que permite incluir mayor número de progenitores, que en los dialélicos. Dos Varianzas aditivas ( $\sigma^2_a$ ) se pueden estimar ( $\sigma^2_m$  y  $\sigma^2_h$ ). La estimación de la varianza de dominancia se obtiene directamente de los cuadrados medios de  $T^2_{MXH}$ ; es decir, en general este diseño proporciona mayor información de la constitución genética de una población o individuos, en relación a un dialélico.

Uno de los requisitos para poder emplear este diseño es que se utilicen plantas multiflorales para poder realizar los cruzamientos por separado. Sin embargo, este diseño genético también se puede utilizar en especies de una sola flor como el maíz pero es

necesario trabajar con líneas altamente endogámicas, donde cada planta representa una flor, esto modifica los cálculos de las varianzas, ya que se debe de agregar el coeficiente de endogamia.

La Varianza Genética total es la parte de la Varianza fenotípica que puede atribuirse a las diferencias genotípicas entre los fenotipos. La Varianza genética total puede subdividirse además en Varianza genética aditiva, Varianza genética de dominancia y Varianza genética epistática.

La Varianza Genética Aditiva total en una población es la suma de las varianzas genéticas aditivas aportadas por los loci individuales. La Varianza genética aditiva de un solo locus se determina por la frecuencia génica y por el efecto promedio de sustituir un alelo por otro (efecto aditivo) (Dudley y Moll, 1969). La Varianza de Dominancia es la Varianza dentro locus que queda, permanece después de la Varianza total de sustraer la Varianza aditiva dentro del locus. La Varianza genética epistática es la parte de la Varianza genética total que queda después de sustraer la Varianza total dentro del locus y representa la diferencia entre la suma de las Varianzas genéticas dentro del locus y la variación total entre los genotipos. La Varianza epistática se ha subdividido en tipos que representan las diferentes interacciones posibles entre los efectos aditivos y los de dominancia (Dudley y Moll, 1969).

## MATERIALES Y METODOS

### Material Genético

Se partió de 18 líneas elite altamente endogámicas, además de cinco materiales utilizados como probadores (hembra) de los cuales dos de ellas son líneas y tres son híbridos simples. El origen de los materiales utilizados se encuentra en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Origen de los materiales utilizados como machos y hembras.

No. Macho	Origen	No. Hembra	Origen
1	Tep-98-99 0102# *	1	Tep-98-99 0101# **
2	Tep-98-99 1002# *	2	Tep-98-99 0103# *
3	Tep-98-99 1004# *	3	Tep-98-99 0105# **
4	Tep-98-99 1006# *	4	Tep-98-99 0107# **
5	Tep-98-99 1008# *	5	Tep-98-99 0109# *
6	Tep-98-99 1009# *		
7	Tep-98-99 1014# *		
8	Tep-98-99 2222# *		
9	Tep-98-99 2303# *		
10	Tep-98-99 1212# *		
11	Tep-98-99 0903# *		
12	Tep-98-99 1307# *		
13	Tep-98-99 1309# *		
14	Tep-98-99 1311# *		
15	Tep-98-99 1319# *		
16	Tep-98-99 2121# *		
17	Tep-98-99 2123# *		
18	Tep-98-99 2517# *		

\*\* = Híbrido Simple.

\* = Línea.

Cada macho se cruzó con cada una de las hembras dando origen a híbridos simples y triples los cuales fueron evaluados en la localidad de Tepalcingo Morelos en el año de 1998.

Para poder determinar la ACG de cada uno de ellos, además con este sistema de apareamiento se adoptó el diseño II de Carolina del Norte para poder conocer los parámetros genéticos de la población y así conocer que método de mejoramiento poder utilizar en un futuro para estos materiales.

### **Localidad de Estudio**

Las características climáticas y ubicación geográfica de la localidad de evaluación son las siguientes:

#### **Tepalcingo, Morelos.**

Se ubica a 18° 36' latitud Norte y 98° 51' longitud Oeste, con una altitud de 1,160 m.s.n.m., la temperatura media anual es de 23.6° C, la precipitación pluvial de 942.9 mm anuales y el periodo de lluvias es de junio a octubre (INEGI, 1997).

Es una zona altamente montañosa (50% zona accidentada), la mayoría de sus suelos son vertizoles y limita al Norte con Ayala y Jonacatepec; al Sur con Tlaquiltenango y el Este de Puebla; al Este con Axochiapan y Jonacatepec y al Oeste con Ayala y Tlaquiltenango (Secretaría de Gobernación, 1988).

## **Metodología**

La siembra del experimento se realizó en Tepalcingo Morelos estableciéndose la fecha de siembra de acuerdo a las condiciones que presenta dicha región. Siendo el 24 de mayo de 1998, colocando dos semillas por golpe para después aclarar a una mata por golpe, la parcela experimental consistió en dos surcos con una longitud de cuatro metros cada uno y con una separación uno de otro de 0.75 m. Con una distancia entre plantas de 0.19 m.

La distribución de las parcelas se realizó bajo el diseño experimental de bloques al azar. La formula de fertilización aplicada fue la 180-90-90, aplicando la mitad de nitrógeno y todo el fósforo y potasio a la siembra y el resto del nitrógeno se aplicó al realizar el primer aporque. Los riegos y labores culturales se realizaron en el momento que se requerían.

## **Toma de Datos**

**Días a floración femenina (DFF):** Para el caso de la floración se tomó el criterio de días transcurridos a partir de fecha de siembra hasta que el 50% de la parcela experimental presentaba estigmas receptivos.

**Días a floración masculina (DFM):** Para el caso de la flor masculina se determinó cuando el 50% de las plantas, dentro de la parcela experimental, se encontraban dehiscentes.

**Altura de Planta (AP):** Medida que comprende la distancia entre la base de la planta y la hoja bandera o base de la espiga, basada en una planta promedio de la parcela.

**Mazorca (AM):** Medida que comprende entre la distancia de la base de la planta con el nudo donde nace la mazorca primaria, basada en una planta promedio de la parcela.

**Acame de Tallo (AT):** Se expresa en porcentaje en relación al número de plantas con tallo quebrado, por debajo de la mazorca principal, del total de la parcela.

**Acame de Raíz (AR):** Se expresa en porcentaje de las plantas totales en relación al número de plantas que presentan una inclinación menor a los 30 grados con respecto a la horizontal del suelo.

**Mala Cobertura (MC):** Es el porcentaje de mazorcas que no se encuentran cubiertas completamente por las bracteas, en relación al total de mazorcas cosechadas de la parcela útil.

**Calificación de la Mazorca (CAL):** Es el aspecto general de la mazorca donde uno corresponde a la más uniforme, grande y con buenos atributos al mercado y el cinco corresponde a las mazorcas con más deficiencias.

**Peso de campo (PC):** El peso de campo se determinó basándose en el peso que poseía el maíz en mazorca al momento de la cosecha.

**Factor de conversión (FC):** El factor de conversión, es utilizado para transformar el rendimiento de mazorcas en toneladas por unidad de superficie (hectárea) al 15.5% de humedad; determinándose con la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{10,000m^2}{(A.P.U.)(0.845)(1000)}$$

Donde:

FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 15.5% de humedad.

A.P.U. = Area de parcela útil, es el producto de la distancia entre surcos (0.75m), por la distancia entre plantas (0.19m), por el número de plantas.

0.845 = Constante para obtener el rendimiento en kilogramos al 15.5% de humedad.

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en toneladas.

**Peso seco (PS):** Se calcula multiplicando la materia seca por el peso de campo.

$$MS = (100 - \% \text{ de Hum})/100$$



**Rendimiento (Rend). Ton/ha:** Se calculó multiplicando el peso seco de la mazorca de cada parcela por el factor de conversión a toneladas por hectárea al 15.5 % de humedad en mazorca.

Diseño Experimental Utilizado.

En el presente trabajo se utilizó el diseño bloques al azar con una localidad y dos repeticiones.

El modelo estadístico para este diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación del ij-ésimo apareamiento.

$\mu$  = Efecto promedio del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo macho.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo hembra.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

Cuadro 3.2 Forma del análisis de varianza del diseño experimental Bloques al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Rep.	r-1 <b>A</b>	$\sum_j \frac{y_{.j}^2}{T} - \frac{y_{..}^2}{TR}$ <b>D</b>	D/A <b>M<sub>3</sub></b>	M <sub>3</sub> /M <sub>1</sub>
Trat.	t-1 <b>B</b>	$\sum_i \frac{y_{i.}^2}{R} - \frac{y_{..}^2}{TR}$ <b>E</b>	E/B <b>M<sub>2</sub></b>	M <sub>2</sub> /M <sub>1</sub>
Error	(r-1)(t-1) <b>C</b>	$\sum_{ij} y_{ij}^2 - \sum_j \frac{y_{.j}^2}{T} - \sum_i \frac{y_{i.}^2}{R} + \frac{y_{..}^2}{TR}$ <b>F</b>	F/C <b>M<sub>1</sub></b>	
Total	rt-1	$\sum_{ij} y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{TR}$		

Para conocer si los datos obtenidos en el análisis de varianza son confiables, se determinó el coeficiente de variación (C.V.) de la siguiente manera:

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

Donde:

CME= Cuadrado medio del error.

$\bar{X}$  = Media general.

### ESTIMACION DE ACG Y ACE

Con el objeto de estimar el comportamiento genético individual de los progenitores y la estructura genética de sus cruzas, para el carácter rendimiento de grano, se calcularon los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y los de aptitud combinatoria específica (ACE). Calculándose de la siguiente manera:

$$ACG = \bar{X}_i - \bar{\bar{X}}_{..}$$

Donde:

$\bar{X}_i$  = Media del rendimiento del progenitor i-ésimo.

$\bar{\bar{X}}_{..}$  = Media general.

$$ACE = (\bar{Y}_{ij} - \bar{\bar{Y}}_{..}) - ACG_i - ACG_j$$

Donde:

$\bar{Y}_{ij}$  = Media del rendimiento de la ij-ésima cruce.

$\bar{\bar{Y}}_{..}$  = Media general.

$ACG_i$  = ACG del progenitor i-ésimo.

$ACG_j$  = ACG del progenitor j-ésimo.

### **Análisis Estadístico del Diseño II de Carolina del Norte**

Para poder utilizar el Diseño II se evaluaron 90 cruces que provenían de la cruce de 18 materiales utilizados como macho cada uno cruzado con cinco hembras diferentes.

El Diseño II de Carolina del Norte hace posible los cruzamientos entre un grupo de individuos machos (M) y un grupo de individuos hembras (H), obteniendo un total de

progenies macho por hembras (MH). Cada apareamiento produce una familia de hermano completo y el grupo de cruzas que tengan un progenitor en común constituyen una familia de medios hermanos. Al nivel de apareamiento entre individuos el Diseño II sólo podría usarse en plantas multiflorales en las que sea posible hacer cruzamientos separados ó bien como en este caso utilizando materiales endogámicos donde cada planta simula una flor.

Como las hembras se cruzan con todos los machos y viceversa, se puede estimar la interacción macho por hembra, el valor fenotípico de una craza estará representado por el siguiente modelo genético:

$$G_{ijk} = \mu + M_i + H_j + \phi_{ij} + R_k + E_{ijk}$$

Donde:

$G_{ijk}$  = Expresión fenotípica del cruzamiento del i-ésimo macho y la j-ésima hembra en la k-ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$M_i$  = Efecto del i-ésimo macho (i: 1,2,...,m).

$H_j$  = Efecto de la hembra j-ésima apareada al macho i-ésimo (ij: 1,2,...,h).

$\phi_{ij}$  = Efecto del ij-ésimo apareamiento.

$R_k$  = Efecto de repeticiones.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

En base al modelo anterior descrito en el cuadro 3.3, se constituye el análisis de varianza para el Diseño Genético.

Cuadro 3.3 Estructura del análisis de varianza para el Diseño Genético II de Carolina del Norte.

F.V.	G.L.	E (C..M.)	
Rep.	r-1		
Mac.	m-1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{m \times h}^2 + r h \sigma_m^2$	M4
Hem.	h-1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{m \times h}^2 + r m \sigma_h^2$	M3
Mac x Hem	(m-1) x (h-1)	$\sigma_e^2 + r\sigma_{m \times h}^2$	M2
Error	(mh - 1) (r-1)	$\sigma_e^2$	M1
Total	(r x m x h) - 1		

La estimación de las componentes de interés del Diseño II a partir de las esperanzas del cuadrado medio y considerado que no hay epistásis, es la siguiente:

$$\sigma_m^2 = \frac{M4 - M2}{RH}$$

$$\sigma_h^2 = \frac{M3 - M2}{RM}$$

$$\sigma_{m \times h}^2 = \frac{M2 - M1}{R}$$

### Estimación de Parámetros Genéticos

La estimación se realizó a partir de las componentes de interés de los cuadrados medios del ANVA del Diseño II del cuadro 3.3.

Para el caso de la estimación de componentes de varianza genética, como son la varianza aditiva ( $\sigma^2_A$ ) y la varianza de dominancia ( $\sigma^2_D$ ), se parte de la forma en que se aparearon los machos y hembras, ya que la varianza de macho y hembras expresa la covarianza de familias de medios hermanos (MH) y la varianza de machos x hembra es función de la covarianza de familias de hermanos completos (HC). Lo anterior se expresa a continuación.

$$\sigma^2_M = \text{Cov}(\text{mh})_m = \frac{1}{4} \sigma^2_A$$

$$\sigma^2_A = 4 \sigma^2_M$$

$$\sigma^2_H = \text{Cov}(\text{mh})_h = \frac{1}{4} \sigma^2_A$$

$$\sigma^2_A = 4 \sigma^2_H$$

$$\begin{aligned} \sigma^2_{MH} &= \text{Cov}(\text{hc}) - [\sigma^2_M + \sigma^2_H] \\ &= \text{Cov}(\text{hc}) - [\text{Cov}(\text{MH})_m + \text{Cov}(\text{MH})_h] \\ &= \frac{1}{2} \sigma^2_A + \frac{1}{4} \sigma^2_D - (\frac{1}{4} \sigma^2_A + \frac{1}{4} \sigma^2_A) \\ &= \frac{1}{4} \sigma^2_D \end{aligned}$$

$$\sigma^2_D = 4 \sigma^2_{MxH}$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para cumplir con los objetivos de éste trabajo y saber si las hipótesis planteadas son aceptadas o no, fue necesario realizar un análisis de varianza para seis variables y detectar las diferencias que hubo en tratamientos y repeticiones.

Se realizó también un análisis de varianza para el diseño genético de Carolina del Norte II para estimar la varianza de hembras, machos, machos x hembras y con esto poder determinar la varianza aditiva y la varianza de dominancia y conocer qué método de mejoramiento es conveniente utilizar para manejar esta población en formación.

En el Cuadro 4.1 se encuentran concentrados los cuadrados medios de las variables evaluadas en donde se aprecia que para la variable días a floración masculina (DFM) las repeticiones no presentaron diferencias significativas indicando que no fue eficiente el bloqueo porque no detectó las diferencias por lo tanto, las diferencias que presenten los tratamientos se deberá únicamente a la variabilidad genética que presenten estos.

Se observa que para tratamientos no hubo diferencias significativas ni aún cuando hubo 10 días de diferencia del rango, de acuerdo a la media obtenida (81.44) los tratamientos evaluados se pueden considerar de un ciclo intermedio por lo que se puede decir que estos materiales tienen mayor ventaja que los tardíos, además los datos se pueden considerar confiables por tener un coeficiente de variación bajo (4.24) lo que indica que el experimento fue guiado de una manera correcta.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza individual para seis características agronómicas evaluadas en Tepalcingo, Morelos en 1998.

F.V.	G.L	DFM	DFE	AP	AM	CAL	REND
Rep.	1	19.67 <sup>NS</sup>	27.87 <sup>NS</sup>	1.02**	0.535**	.716**	7.735 <sup>NS</sup>
Trat.	99	12.33 <sup>NS</sup>	13.14 <sup>NS</sup>	0.0267**	0.0264*	0.680*	4.734*
Error	98	11.94	13.28	0.016	0.018	0.513	3.227
Media		81.44	83.53	1.98	1.02	1.80	9.26
C.V (%)		4.24	4.36	6.56	13.21	39.70	19.38
Rango		77-87	78-89	1.55-2.20	0.71-1.27	1-4	6.28-12.82

\*, \*\*, Significativo al 0.05 y al 0.01, respectivamente  
NS, No significativo

Para la variable días a floración femenina (DFE) en repeticiones no hubo diferencias significativas para esta variable no se lograron resultados satisfactorios con el bloqueo utilizado, indicando esto que de presentarse diferencias significativas en tratamientos será solo por el potencial genético que presenten los materiales y no por el medio ambiente. Para tratamientos no hubo diferencias significativas tomando en cuenta la media (83.53), se puede decir que los materiales son de un ciclo intermedio, presentando un coeficiente de variación bajo (4.36), por lo tanto los datos son confiables.

Tomando en cuenta las medias de las variables DFM y DFE los materiales evaluados presentan buena sincronización floral ya que la diferencia máxima en días fue sólo de dos que hubo de una floración a otra, logrando no perder muchos días y realizarse la polinización a tiempo.

Para la variable altura de planta (AP) se observa que las repeticiones presentan diferencias altamente significativas, indicando que el bloqueo para ésta variable fue



efectivo ya que logro detectar las diferencias que existen entre las repeticiones logrando extraer este efecto del error. Se observa que los tratamientos para la misma variable presentan diferencias altamente significativas llegando a tener plantas de 1.5 a 2.2 m. Permitiendo con esta altura que no se presenten grandes problemas de acame presentando un coeficiente de variación (6.56) concluyendo que todos estos datos están dentro de lo aceptable.

En la variable altura de mazorca (AM) se observa que para repeticiones hay diferencias altamente significativas por lo tanto el bloqueo fue efectivo para esta variable influyendo el medio ambiente en la expresión fenotípica de los materiales. En tratamientos para esta misma variable se encontraron diferencias significativas, teniendo mazorcas de 0.7 a 1.2 m sobre el suelo, es importante que las mazorcas no estén tan cerca del suelo porque presentarían problemas de pudrición, pero no es recomendable que estén muy altas porque dificultarían la cosecha, es importante que se encuentren dentro de la media (1.02), presentando un coeficiente de variación bajo de 13.32.

En calificación de la mazorca (CAL), se observa que para repeticiones hubo diferencias altamente significativas, indicando que las repeticiones se comportaron diferentes, por lo tanto si se encuentran diferencias entre tratamientos no será únicamente a la variabilidad genética, sino también al medio ambiente que hizo que las repeticiones no fueran iguales. Para tratamientos hubo diferencias significativas ya que en los tratamientos se presentaron calificaciones de uno a cuatro, pero se puede decir que en general los tratamientos son aceptables ya que la media presenta una calificación de 1.8.

La variable rendimiento (REND), para repeticiones se observa que no presentan diferencias significativas indicando que el diseño experimental no fue sensible para detectar las diferencias entre las repeticiones. Para tratamientos hubo diferencias significativas logrando con esto poder conocer y elegir los genotipos que presenten un alto rendimiento basándose en la media (9.26 ton/ha) teniendo tratamientos con un rendimiento de 12.8 ton/ha el experimento fue guiado de una manera correcta con datos confiables, que es lo que refleja el coeficiente de variación (19.38).

En el Cuadro 4.2 se encuentran concentrados los tratamientos que presentaron el mejor rendimiento del experimento, además los valores más bajos del resto de las variables.

Se observa que de los seis mejores híbridos que presentaron alto rendimiento dos de ellos son triples y cuatro simples, pero comercialmente es conveniente producir híbridos triples porque su inversión es menos costosa que los híbridos simples, y son más aceptados por las empresas dedicadas a la venta de semillas concordando con lo reportado por Chávez en 1995, Jugenheim en 1987 y Sprague y Thomas en 1967 ellos coinciden que se pueden obtener mayores rendimientos con híbridos triples que con un híbrido simple además la semilla de híbridos triples es menos costosa que la de los simples.

Para DFM, DFF, AP y AM son variables que para estos tratamientos mostraron características favorables, todos sus datos que muestran se encuentran dentro de la media. Todo lo contrario con las variables AR, AT, MC y CAL que mostraron

características indeseables y es importante reducirlas seleccionando híbridos que no presenten muchos problemas con estas variables. Por lo tanto se cumple con el primer objetivo de este trabajo el de encontrar híbridos superiores en rendimiento y la hipótesis se acepta.

Cuadro 4.2 Híbridos con buen potencial de rendimiento.

Trat	Mac	Hem	DFM	DFE	AP	AM	AR	AT	MC	CAL	REND
28 HT	6	1	81	83	1.925	0.945	10	0	3	1	12.828
27 HS	6	5	79	81	2.090	1.110	3	3	0	1	12.351
14 HS	3	3	78	78	2.065	1.170	5	0	5	2	11.992
88 HT	18	1	81	83	2.065	1.060	3	0	0	2	11.765
30 HS	6	2	81	83	1.910	0.965	0	0	0	2	11.216
7 HS	2	5	75	78	2.000	0.980	13	0	0	1	11.098
Media General			81.44	83.5	1.98	1.02	9.90	0.40	1.99	1.80	9.26

Trat = Tratamientos

Mac = Machos

Hem = Hembras

MC = Mala Cobertura

HS = Híbrido Simple

HT = Híbrido Triple

En el Cuadro 4.3 se encuentran los cuadrados medios arrojados del ANVA del Diseño II de Carolina del Norte. Se aprecia que para la fuente de variación repeticiones no hubo diferencias significativas para DFM, DFE y REND. Por lo tanto podemos decir que en estas variables no influyó el medio ambiente mostrando que se comportaron igual debido a un adecuado manejo agronómico de las repeticiones mientras que para las variables AP, AM y CAL se observa diferencias altamente significativas, lo cual indica que las condiciones del medio ambiente influyeron en las repeticiones haciendo que éstas se comportaran de diferente manera.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios de los análisis de Varianza del Diseño II De Carolina del Norte, para seis variables evaluadas en Tepalcingo, Morelos en 1998.

F.V	G.L	DFM	DFE	AP	AM	CAL	REND
Rep	1	28.00 <sup>NS</sup>	39.20 <sup>NS</sup>	0.95**	0.462**	3.200**	8.92 <sup>NS</sup>
Mac	17	23.83*	27.28*	0.027 <sup>NS</sup>	0.035*	0.96**	4.98 <sup>NS</sup>
Hem	4	4.83 <sup>NS</sup>	8.28 <sup>NS</sup>	0.024 <sup>NS</sup>	0.040 <sup>NS</sup>	1.81**	10.51*
Mac x Hem	68	10.77 <sup>NS</sup>	11.20 <sup>NS</sup>	0.028**	0.024 <sup>NS</sup>	0.59 <sup>NS</sup>	4.39 <sup>NS</sup>
Error		12.52	13.78	0.01	0.018	0.469	3.15

\*\*, significativo al 0.05 y al 0.01, respectivamente  
NS, No significativo

Para los materiales utilizados como machos las variables DFM, DFE y AM presentan diferencias significativas, indicando que existe poca variabilidad pero suficiente para que no se comporten igual. En AP y REND no hubo diferencias significativas donde podemos decir que se comportaron igual estadísticamente. Mientras que para CAL hubo diferencias altamente significativas, indicando que hay gran variabilidad, situación que es favorable para hacer selección eligiendo las mejores mazorcas en base a su presentación.

Para los materiales utilizados como hembras en las variables DFM, DFE, AP y AM no presentaron diferencias significativas, indicando que las cinco hembras utilizadas como tal se comportaron de igual forma o manera para estas variables dificultando así la selección. Para la variable REND, presentó diferencias significativas, indicando que los materiales utilizados como hembras no se comportaron igual para ésta variable hubo variabilidad, esto es favorable para poder elegir las hembras que mejor rendimiento presenten. En CAL hubo diferencias altamente significativas indicando que la apariencia de las mazorcas de los tratamientos fue diferente, encontrando mazorcas de buena presentación, sanas y de buen tamaño.

En los materiales utilizados como hembras al cruzarlas con los materiales utilizados como machos encontramos que para DFM, DFF, AM, CAL y REND. No se presentaron diferencias significativas, indicando que al momento de hacer las cruzas Mac x Hem se comportaron de igual forma todas las cruzas no teniendo que elegir cual cruza fue mejor puesto que se comportaron igual. Mientras que para AP hubo diferencias altamente significativas donde podemos concluir que hubo mucha variabilidad y esto es favorable porque permite elegir las mejores cruzas que presenten una buena altura de planta esto con el fin de evitar el problema del acame.

### **Evaluación de Aptitud Combinatoria General**

La aptitud combinatoria general de los mejores materiales usados como machos y hembras se encuentran en el Cuadro 4.4.

Aunque en el análisis de varianza todos los machos se comportaron igual estadísticamente, de acuerdo a la ACG los mejores machos numéricamente son: 6, 12, 3, 1 y 2. Los materiales utilizados como probadores (hembras) tres de ellas tuvieron efectos positivos de las cuales el 5 y el 3 son líneas y la 1 es cruza simple que fue la que estuvo en primer lugar, lo cual indica que son materiales con un buen comportamiento y se pueden seguir trabajando con ellos. Con estos resultados se logra el segundo objetivo planteado el de encontrar progenitores que presenten mejor comportamiento por lo tanto se acepta la hipótesis.

Cuadro 4.4 Aptitud Combinatoria General de los mejores materiales utilizados como machos y hembras.

Mac	ACG	Hem	ACG
6	1.114	1	0.578
12	0.818	5	0.424
3	0.807	3	0.124
1	0.485	2	-0.523
2	0.386	4	-0.603

Estos datos se pueden comparar con los resultados del Cuadro 4.2 de donde las mejores seis cruzas del experimento, cinco de ellas tienen a su progenitor macho con buena ACG, para la otra craza su progenitor presentó efectos negativos pero ésta logro colocarse dentro de los mejores híbridos porque se cruzó con una hembra que presento buena ACG. Cuatro de las hembras seleccionadas se encuentran presentes en las cruzas que mejor rendimiento presentaron y solo una craza tuvo a su progenitor hembra con efectos negativos pero al igual que el caso del macho ésta se cruzó con otro de buena ACG.

### **Evaluación de Aptitud Combinatoria Especifica**

En el Cuadro 4.5 se encuentran concentrados las cinco mejores cruzas según su aptitud combinatoria especifica.

Con los resultados de la ACE se aprecia que solamente una craza (18 x 1) fue seleccionada con anterioridad mientras que las demás que estuvieron por arriba de la

media general de rendimiento pero no fueron seleccionadas por presentar problemas en las demás variables. Por lo tanto para estos materiales es tan importante al ACG como la ACE porque con ambas se logra identificar los mejores híbridos.

Cuadro 4.5 Aptitud Combinatoria Específica de las cruzas

Mac/Hem	1	2	3	4	5
1	-0.184	-0.132	-0.305	0.531	0.090
2	-1.114	1.029	-0.275	-0.610	0.970
3	0.218	-2.348	1.743	-1.209	1.596
4	-2.953	0.212	-0.503	2.081 *	1.162
5	-0.632	1.549	-2.837	0.938	0.982
6	1.818	1.309	-2.457	-2.165	1.496
7	-1.203	-0.222	0.545	2.547 *	-1.667
8	0.482	1.758	-2.863	0.670	-0.047
9	-0.718	1.773	-2.445	0.198	1.191
10	0.746	0.062	0.178	0.708	-1.695
11	1.589	-0.275	1.386	-1.592	-1.108
12	-0.155	-2.161	0.849	0.349	1.117
13	0.758	-0.846	0.478	0.151	-0.541
14	-0.483	0.441	2.411 *	-0.582	-1.786
15	-0.604	-1.020	2.034 *	-0.029	-0.381
16	0.700	1.270	-0.725	-0.761	-0.485
17	-0.288	-0.737	1.443	-0.610	0.192
18	2.023 *	-1.664	1.343	-0.614	-1088

\* Mejores Cruzas

### Estimación de la Varianza

Como se puede observar en el Cuadro 4.6 la Varianza de machos para las variables evaluadas fue positivo excepto en AP que tuvo valor negativo, pero esto en la realidad no existe por lo tanto el valor se considera como cero.

Para hembras la varianza fue positiva solo para las variables AM, CAL y REND, siendo lo contrario para DFM, DFF y AP. Como para AP la varianza de machos y varianza de hembras fue negativa, es decir se considera igual a cero.

La Varianza para machos x hembras fue positiva para cuatro variables AP, AM, CAL y REND, mientras que para DFM y DFF fue negativa pero en la practica los efectos negativos no existen, se consideran como cero.

Cuadro 4.6 Estimación de la Varianza de machos, hembras y machos por hembras.

$\sigma^2$	DFM	DFF	AP	AM	CAL	REND
$\sigma_m^2$	1.3065359	1.6084150	-0.00015*	0.0011369	0.0374183	0.0591491
$\sigma_h^2$	-0.164950*	-0.080964*	-0.000122*	0.0004481	0.0339052	0.1700305
$\sigma_{m^*h}^2$	-0.875420*	-1.291726*	0.0060004	0.0027977	0.0604299	0.6215078

\* Estos valores son considerados como cero.

Como se puede apreciar en el Cuadro 4.7 la Varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia para las variables DFM y DFF, mostrándose todo lo contrario para las variables AP, AM, CAL y REND donde la varianza aditiva fue menor que la varianza de dominancia.

Por lo tanto, para este experimento tuvo mayor importancia la varianza de dominancia en la mayoría de las variables presentaron efectos superiores para la varianza de dominancia, el método de mejoramiento recomendado es el de hibridación, señalando que también estuvo presente la varianza aditiva se puede utilizar un método de mejoramiento interoblacional.



Con esto se cumple con el tercer objetivo el de encontrar que método de mejoramiento poblacional es más conveniente utilizar para obtener mejores ganancias, por lo tanto se acepta la hipótesis.

Cuadro 4.7 Varianza de dominancia y varianza aditiva de las seis variables evaluadas.

	DFM	DFP	AP	AM	CAL	REND
$\sigma_A^2$	2.28317	3.0549	-0.00054*	0.00317	0.14264	0.45835
$\sigma_D^2$	-3.50168*	-5.16690*	0.02400	0.011190	0.24171	2.48603

\* Son valores considerados como cero

## CONCLUSIONES

Del presente trabajo se concluye lo siguiente:

Se encontraron híbridos sobresalientes con buen potencial en rendimiento, estos fueron los tratamientos 28, 27, 14, 88, 30 y 7.

Los progenitores que presentaron mejor efecto de ACG son los machos 6, 12, 3, 1 y 2 y las hembras 1, 5 y 3.

Para estos materiales se encontró que fue mayor la varianza de dominancia para las variables AP, AM, CAL y REND. Por lo tanto es conveniente utilizar el método de hibridación porque se explota su vigor híbrido, pero también estuvo presente la varianza aditiva para las variables DFM y AFF se puede utilizar un método de mejoramiento interpoblacional.

## BIBLIOGRAFIA

- Aldrich. R. S. 1974. Producción Moderna del Maíz. Editorial Hemisferio Sur. S.R.L. Pág. 32-34.
- Allard. R. W. 1980. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial Omega España. Cuarta Edición. 498 p.
- Brauer. H. O. 1983. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa. S.A. Cuarta Reimpresión. Pág. 269 y 364.
- Brauer. H. O. 1985. Fitogenética Aplicada. Editorial Limusa. S. A. Séptima Reimpresión. Pág. 372.
- Chavez. A. J. L. 1987. Mejoramiento de Plantas II. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México. Pág. 91-92, 108-110.
- Chavez. A. J. L. 1995. Mejoramiento de Plantas II. Editorial Trillas. Pág. 50-89.
- Cockerham. C.C. 1961. Implications of genetics in a hybrid breeding program. Crop. Sci. 1: 47-52.
- Cockerham. C.C. 1963. Implications of genetics variances in a hybrid breeding program. Crop. Sci. 1:47-52. U.S.A.
- Comstock. R. E. And H.F. Robinson. 1948. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimatig the average degree of dominance. Biometrics. 4: 254-266.

- Comstock. R. E. And. H.F. Robinson. 1951. Estimation of average dominance of genes. En J.W. Gowen (de). Heterosis. Segunda Edición, Hafner publishing Co; Nueva York. Pág. 494-516.
- Cortéz. M.H. 1977. Seminarios Técnicos. CIANE, INIA, SARH. Vol. IV. No. 9. Pág.1- 6.
- Davis. R.L. 1927. Report of the plant breeder. P. R. Agric. Exp. Stn. Annual. Rep. 14- 25.
- Díaz del Pino. A. 1964. El maíz, cultivo-fertilización-cosecha. Editor Bartolomé Trucco. Segunda Edición. México. D.F. Pág. 15.
- Dudley. J. W. And R. H. Moll. 1969. Interpretation and use of estimates of heredability and genetic variances in plant breeding. Crop Sci. 3: 257-262. U.S.A.
- Fortson. R J. 1986. El Maíz Alimento del Hombre. Paples Impresora y Editora Cocoyoc, S.A.
- Hayes. H.K. 1955. Métodos Fitotécnicos. Editorial Continental. S.A. México. D.F. Pág. 292- 293.
- Jenkins. M.T. And. A.M. Brunson. 1932. Methods of testing inbred lines of maize in Cross-bred combinations. J. AM. Soc. Agron. 24: 523-530.
- Johnson. H.W; H. F. Robinson And. R. E. Comstock. 1955. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. Agron. J. 47: 477 - 483.
- Jugenheimer. R. W. 1981. Maíz Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Editorial Limusa. Méx. D. F. Pág. 150-151.

- Jugenheimer. R. W. 1981. Maíz. Editorial Limusa. S.A. México. Pág. 171-173.
- Jugenheimer. R. W. 1987. Maíz. Editorial Limusa. S. A. de C. V. Segunda Reimpresión. Pág. 217–231.
- Jugenheimer. R. W. 1987. Maíz variedades Mejoradas, Métodos de cultivo y Producción de Semillas. Editorial Limusa. S.A. de C.V. Segunda Reimpresión. Pág. 509.
- Loma. J. L. De La 1985. Genética General y Aplicada. Editorial Hispano-Americana. Segunda Edición. 450 P.
- López. P. E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, Saltillo, Coah. Folleto de Divulgación. Vol 1. No. 7.
- Márquez. S. F. 1995. Métodos de Mejoramiento Genético del Maíz. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Centros Regionales. Pág. 53.
- Márquez. S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Edición AGT, S.A. Pág. 5 y 510.
- Matzinger. D.F.1953. Comparison of three types of tester for the evaluation of inbred lines of corn. Agron. Journal. 45: 493–495.
- Mena. M S. 1992. Aptitud Combinatoria y Heterosis de Poblaciones intermedias de Maíz (*Zea mays*). L) de CIMMYT en Zapopan, Jalisco. Memorias de XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Ortega. C.J.S. 1990. Selección de Híbridos Dobles e Identificación de las Mejores Cruzas Simples de Maíz, para la Región del Bajío Mexicano. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N.
- Poehlman. J.M. 1978. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa. México.

- Poehlman. J. M.. 1979. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa. Pág. 67-88, 263, 282.
- Poehlman. J.M. 1987. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa. S. A. de C. V. Décima Reimpresión. Pág. 282-285.
- Poehlman. J.M. 1976. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa. México.
- Ramírez. V.M. 1980. Estudio de la ACG y ACE en Líneas S1 de Maíz. Tesis Profesional. Escuela de Agronomía Universidad de Guadalajara. Guadalajara. Jalisco. Méx.
- Reyes. C. P. 1985. El Maíz y su Cultivo. AGT. Editor. Primera Edición. México. D.F. Pág. 109–111.
- Robinson. H.F; R.E. Comstock And P.H. Harvey. 1949. Estimates of Heritability and the degree of dominance in Corn. Agron. J. 41: 353–359.
- Robinson. H.F. 1963. Statistical Genetics and Plant Breeding. Pub.1.982. Nat 1. Acad. Sci – Nat.1. Res. Council. Washinton, D.C. Pág. 53–93. U.S.A.
- Robles. S.R. 1981. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Editorial Limusa. S.A. de C.V. Pág. 293.
- Robles. S.R. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Primera Edición. Editorial Limusa. México. D.F.
- Robles. S. R. 1991. Producción de Granos y Forrajes. Editorial Limusa. S. A. de C. V. Quinta Edición. México.
- Shull. G.H. 1904. The Composition of a field of maize an breeder. Assoc. Rpt. R: 296- 301.

Sprague. G. F. And. W.I. Thomas. 1967. Forther evidence of epistasis in single and theree-way cross yields of maize (zea mays L.). Crop Sci. 7: 355-356.

Stuber. C.W;R.H. Moll And W.D. Llanson 1966. Genetics Variances and interrelationships of six traits in a hybrid population of Zea mays L. Crop. Sci. 9: 455-459.

Wilson. K. H: y A: C. Rycher. 1969. Producción de Cosechas. Editorial Continental. S. A. México. Segunda





