

# Universidad de Guadalajara

---

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISION DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD DE CRUZAS DOBLES  
DE MAIZ (*Zea mays L*) EN EL CENTRO Y SUR DE JALISCO.

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTAN:

**EVERARDO GONZALEZ CARBAJAL**

**ROGELIO JORGE LARIOS**

**MARCELO PEREZ ALVARO**

**CECILIO RAMIREZ SALAZAR**

Las Agujas Mpio. de Zapopan, Jal. Junio de 1996

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

COMITE DE TITULACION  
 IFO95104/95  
 IFO95104/95  
 IFO95104/95  
 IFO95104/95

**SOLICITUD Y DICTAMEN**


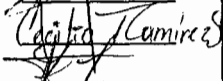


**SOLICITUD**

M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA  
 PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION  
 P R E S E N T E

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento interno de la División de Ciencias Agronómicas, hemos reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicitamos su autorización para realizar nuestro TRABAJO DE TITULACION, con el tema:

**"RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD DE CRUZAS DOBLES DE MAIZ (Zea mays L.)  
 EN EL CENTRO Y SUR DE JALISCO".**

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION  
 MODALIDAD: COLECTIVA

NOMBRE DEL SOLICITANTE	CODIGO	GENERACION	ORIENTACION O CARRERA	FIRMA
ROGELIO JORGE LARIOS	094006082	90-95	FITOTECNIA	
CECILIO RAMIREZ SALAZAR	094005949	90-95	FITOTECNIA	
ALVARO MARCELO PEREZ	094005221	90-95	FITOTECNIA	
EVERARDO GONZALEZ CARBAJAL	094005558	90-95	FITOTECNIA	

Fecha de solicitud 9 AGOSTO 1995

**DICTAMEN DE APROBACION**

DIRECTOR: M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA

ASESOR: DR. JOSE RON PARRA

ASESOR: M.C. FLORENCIO RESENDIZ HURTADO

  
 M.C. SALVADOR MENA MUNGUÍA  
 PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION

  
 DIRECTOR  
 M.C. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA

  
 ASESOR  
 DR. JOSE RON PARRA

  
 ASESOR  
 M.C. FLORENCIO RESENDIZ HURTADO

Vo. Bo. Pdté. del Comité

Fecha: 06 de Junio 1996

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar"**

**Por haber permitido el inicio de nuestra carrera.**

**A la Universidad de Guadalajara en especial a la División de Ciencias Agronómicas.**

**Por abrirnos las puertas para la culminación de nuestra carrera profesional.**

**A nuestro Director de Tesis:**

**M.C. Salvador A. Hurtado de la Peña por habernos apoyado en la decisión del tema de tesis así como su colaboración con sus acertadas sugerencias durante el desarrollo del trabajo.**

**A nuestros asesores:**

**ph. Dr. José Ron Parra por su contante apoyo y compartir con nosotros algunas experiencias y conocimientos para la realización de este trabajo.**

**M.C. Florencio Resendiz Hurtado por sus valiosas sugerencias y aportaciones para la culminación de este trabajo.**

**A la Empresa ConLee Mexicana S.A. de C.V. y a su Director Carlos R. Félix Fregoso:**

**Por haber facilitado los materiales para la realización de nuestro trabajo.**

**Al M.C. Juan F. Casas Salas:**

**Por el apoyo brindado y sus valiosas sugerencias.**

**Al M.C. Moisés Morales Rivera:**

**Por su participación desinteresada.**

**Al M.C. María L. García S.**

**Por las sugerencias realizadas al presente.**

**A la Secretaria Ana María Sánchez H.**

**Por su valiosa revisión ortográfica.**

**A todos los maestros que de alguna manera aportaron sus conocimientos para vernos formados como profesionistas.**

**A nuestros compañeros por haber compartido con nosotros dentro y fuera del aula muchas experiencias.**

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

**Leobardo González Agustín  
Dominga Carbajal de González**

**Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera, así como su apoyo y comprensión de forma incondicional para verme forjado como profesionalista.**

### **A MIS HERMANOS:**

**Bertha  
Rogelio**

**Por darme animo y haberse sacrificado para que yo siguiera estudiando para lograr mi meta: Ser Ingeniero Agrónomo.**

**EVERARDO GONZALEZ CARBAJAL**

## DEDICATORIA

### A DIOS:

Por permitirme la vida y la salud para lograr lo que he  
anhelado siempre.

### A MIS PADRES:

Maura Larios de Jorge

Quien con su cariño, comprensión y angustia me ha  
alentado a ser alguien en la vida.

Joaquín Jorge Rodríguez

Que con su carácter y sus consejos me ha enseñado a valorar  
la vida así como a ser responsable para responder a los  
retos que la vida me proponga.

### A MIS HERMANOS:

Que me permitieron seguir adelante con mi carrera luchando  
con esfuerzo y dedicación por mi y de quienes recibí un  
apoyo incondicional para lograrlo.

A todos ellos que forman parte de una familia ejemplar y a  
quienes con su sacrificio dan el soporte para seguir adelante  
con la vida, como muestra de lo mucho que me han dado,  
un reconocimiento público. ¡¡ GRACIAS !!

ROGELIO JORGE LARIOS

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Doy gracias por haberme permitido llegar con salud, y darme la fuerza necesaria para seguir adelante.

### **A MIS PADRES:**

Agustín Marcelo Hernández  
Inés Pérez de Marcelo

Con cariño y gratitud, que de ellos he recibido el apoyo moral y el amor en toda mi vida y han sabido guiarme por el buen camino para formarme como persona y profesionista.

### **A MIS HERMANOS:**

Por el cariño que nos une a todos y por su desinteresado e incondicional apoyo a lo largo de mi carrera.

### **A MIS SOBRINOS:**

Que les sirva como una motivación para luchar por una mejor y mayor superación.

### **A MI TIA MARIA:**

Por sus constantes y acertados consejos.

### **A MIS AMIGOS, FAMILIARES Y COMPAÑEROS:**

Que de una u otra manera contribuyeron y me alentaron hacia mi superación.

**SABER**

**PODER**

**QUERER**

**ALVARO MARCELO PEREZ**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Que nos conserva en buena salud y me ha permitido terminar una carrera.

### **A MIS PADRES:**

Cecilio Ramírez de Dios  
Antonia Salazar de Ramírez

Con especial cariño ya que han sido el principal soporte durante toda mi carrera, que con esfuerzo y mucho sacrificio ven logrado un propósito, el de hacerme un profesionista.

### **A MIS HERMANOS:**

Ernesto y Yadira

Por el apoyo incondicional que me brindaron durante toda mi carrera.

### **A MI NOVIA:**

Karina Guadalupe

Por darme apoyo, confianza y el estar compartiendo los buenos y malos momentos de mi carrera.

### **A MI ABUELITA:**

Luisa

Por el afecto y cariño que me ha brindado.

### **A MI ABUELITO (+):**

Guadalupe

Por haberme compartido sus consejos y experiencias.

### **A MIS DEMAS FAMILIARES:**

Por estarme apoyando en todo momento.

**CECILIO RAMIREZ SALAZAR**



# CONTENIDO

Pág

## LISTA DE CUADROS

### RESUMEN

<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1 Endogamia	3
2.2 Línea Autofecundada	3
2.2.1 Métodos de Obtención	4
a). Clásico	4
b). Mazorca por mata	5
2.3 Aptitud Combiatoria General (ACG)	6
2.3.1 Formas de evaluación	6
a). Mestizos	7
b). Prueba Temprana	7
c). Prueba Tardía	8
d). Prueba per se	8
2.4 Aptitud Combinatoria Específica (ACE)	8
2.4.1 Probadores	9
2.5 Diseños Genéticos	10
2.5.1 Modelo de Griffing	10
2.5.2 Modelo de Carolina del Norte	11
2.5.3 Modelo de Gardner	11
2.6 La Cruza Simple	12
2.6.1 Características generales de la cruza simple	13
2.6.2 Prueba de ACE en cruzas simples	13
2.6.3 Cruza Simple Modificada	14
2.7 La Cruza Doble	14
2.7.1 Ventajas	15

2.7.2 Desventajas	16
2.8 La Cruza Trilineal	16
2.9 Heterosis	16
2.9.1 Fundamentos de la heterosis	18
a). Hipótesis de dominancia	18
b). Hipótesis de sobredominancia	19
2.10 Interacción Genotipo-Ambiente	19
2.11 Parámetros de Estabilidad	22
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>26</b>
3.1 Aspectos Fisiográficos	26
3.2 Material Genético	29
3.3 Diseño Experimental	33
3.4 Manejo Agronómico	33
3.5 Variables Agronómicas	34
3.6 Analisis de Varianza individual	35
3.7 Modelo de Eberhart y Russell	37
3.8 Pruebas de hipótesis	40
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>42</b>
4.1 Análisis de Varianza individuales	42
4.2 Análisis de Varianza de los Parámetros de estabilidad	44
4.3 Comparación de medias por localidad	47
4.3.1 Comparación de medias por Ensayo	48
4.4 Parámetros de Estabilidad	52
4.5 Principales Características de los Mejores Materiales y su constitución genética	55
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>59</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>60</b>

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Carballo 81970), citado por Morfin (1983), en base a los valores que toman los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión, clasificó las variedades de la siguiente manera.	25
<b>Cuadro 2.</b> Características climáticas de las localidades del Centro-Sur de Jalisco, donde se evaluaron las cruzas de maíz.	27
<b>Cuadro 3.</b> Relación del material genético que constituyeron el Ensayo 1 en las tres localidades de evaluación en la región Centro-Sur de Jalisco.	31
<b>Cuadro 4.</b> Relación del material genético que constituyeron el Ensayo 2 en las tres localidades de evaluación en la región Centro-Sur de Jalisco.	32
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza individual para un diseño de bloques completos al azar.	36
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza para los parámetros de estabilidad de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (1966).	39
<b>Cuadro 7.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza, para cada localidad del Ensayo 1 de cruzas dobles de maíz, para el ciclo P-V de 1993.	43
<b>Cuadro 8.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza para cada localidad del Ensayo 2 de cruzas dobles de maíz, para el ciclo P-V de 1993.	43

<b>Cuadro 9.</b>	<b>Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán del Ensayo 1 en el ciclo P-V de 1993.</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 10.</b>	<b>Análisis de varianza de los parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán del Ensayo 2 en el ciclo P-V de 1993.</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 11.</b>	<b>Rendimientos de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán y su promedio en el Ensayo 1 en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 12.</b>	<b>Rendimientos de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán y su promedio en el Ensayo 2 en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 13.</b>	<b>Rendimientos promedios y parámetros de estabilidad de los genotipos del Ensayo 1 evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>53</b>
<b>Cuadro 14.</b>	<b>Rendimientos promedios y parámetros de estabilidad de los genotipos del Ensayo 2 evaluados en Tototlán, Tlajomulco, Cd. Guzmán en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>54</b>
<b>Cuadro 15.</b>	<b>Características agronómicas de los genotipos de maíz del Ensayo 1 evaluados en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>57</b>
<b>Cuadro 16.</b>	<b>Características agronómicas de los genotipos de maíz del Ensayo 2 evaluados en el ciclo P-V en 1993.</b>	<b>58</b>

## RESUMEN

Originalmente, las variedades mejoradas se obtenían y producían, solo para ambientes específicos. Sin embargo, en la actualidad es posible desarrollar y producir variedades mejoradas donde van a ser bien adaptadas a varios ambientes.

Lo anterior ha sido posible gracias a los avances en la investigación agrícola, con los mejores modelos estadísticos para evaluar materiales genéticos en diferentes condiciones ambientales; dentro de los cuales el más utilizado en la actualidad es el propuesto por Eberhart y Russell (1966). Estos métodos han sido de gran utilidad para la identificación de híbridos estables en una gama de ambientes.

Con estas técnicas se identifican variedades, híbridos o cualquier material genético de buen comportamiento en ambientes desfavorables y favorables permitiendo la oportunidad de obtener mayores ganancias para el agricultor.

Supuestamente un material de constitución genética heterogénea es más estable a través de ambientes, que uno homogéneo, por lo que el propósito de este trabajo fué identificar los mejores híbridos dobles por su estabilidad y rendimiento, evaluados en el ciclo P-V de 1993 en tres localidades en el centro y sur de Jalisco, Tototlán, Tlajomulco y Cd Guzmán.

El estudio se dividió en dos Ensayos, con 32 híbridos de cruza doble generados a partir de 11 líneas elite, cinco tropicales, cinco subtropicales y una de valles altos, materiales generados de acuerdo al programa de mejoramiento de la empresa privada ConLee Mexicana S. A. de C.V., y 4 híbridos comerciales que fueron utilizados como testigos.

Al término de la evaluación de los materiales se identificaron las cruzas dobles de alto rendimiento que fueron 10 (CLMB304 x CLM100) x (CLM403 x CLM300), 16 (CLMB304 x CLM402) x (CLM301 x CLM400) y 17 (CLMB304xCLM402)x(CLM300xCLM301) en el Ensayo 1 y el 10 (CLM300 x CLMB304) x (CLM302 x CLM100), 27

**( C L M 3 0 0 x C L M 3 0 2 ) x ( C L M 4 0 3 x C L M 1 0 0 ) y 2 5  
(CLMB303xCLM401)x(CLM300xCLM302) para el Ensayo 2 coincidiendo  
algunas para las tres localidades, con la categoría de estables (Carballo y  
Márquez 1970), formadas con líneas de orígenes geográficos contrastantes.**

**Los resultados son un aliento para continuar la evaluación de los  
materiales más sobresalientes en más ambientes, con el propósito de liberar  
comercialmente a los mejores.**

## I. INTRODUCCION

El maíz es el cereal de mayor importancia a nivel nacional y es la base principal en la alimentación del hombre y de animales, de usos muy diversos. Se cultiva en muchas zonas ecológicas y edáficas, en altitudes sobre el nivel del mar que varían de 0 a 2400 metros.

En México, se sembraron 7.7 millones de hectáreas en 1991 de las cuales el 85% fué con semilla criolla y el 15% con semilla mejorada con una producción de 14 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 1760 kg/ha, lo cultivan alrededor del 66% del total de productores y genera aproximadamente, 280 millones de jornales al año; El cultivo del maíz es la fuente principal de empleo del país en el sector agropecuario, y en muchas partes del país es la fuente principal de ingresos directos (SARH 1990).

La falta de híbridos o variedades mejoradas con un amplio rango de adaptabilidad en los distintos ambientes a traído como consecuencia durante años la especificidad de ciertos materiales lo que ha limitado su rendimiento al ser cultivados en otras áreas geográficas. De ahí la necesidad de evaluar materiales en ambientes contrastantes que pudieran mostrar una amplia adaptabilidad y consistencia, para lograr rendimientos sobresalientes y satisfactorios.

El propósito fundamental de este trabajo de investigación es identificar las mejores cruza dobles en base a su rendimiento de grano así como determinar su estabilidad y consistencia en cuanto al mismo, para su posible liberación comercial.

## **1.1 Objetivos**

- 1. Identificar las mejores cruzas en base a su rendimiento para su posible liberación comercial.**
- 2. Determinar la estabilidad y consistencia de cruzas dobles de maíz utilizando el modelo de Parámetros de Estabilidad propuesto por Eberhart y Russell (1966).**

## **1.2 Hipótesis**

**Los híbridos dobles provenientes del cruzamiento entre líneas genéticas de diverso origen serán más rendidores, estables y consistentes que los testigos utilizados.**

**En las evaluaciones de híbridos dobles utilizando el modelo de parámetros de estabilidad se espera que cuando menos un tratamiento sea diferente a los demás en cuanto a estabilidad y rendimiento.**



## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1 Endogamia**

Cuando todos los alelos de una población se encuentran en condición homocigótica, se alcanza su máxima endogamia; esta característica es típica de especies autóгамas, que como el trigo, son homocigotas y homogéneas. En especies alógamas como el maíz, la composición genética es heterogénea, encontrándose los loci homocigotos y heterocigotos teóricamente en equilibrio. Cuando estas poblaciones se autofecundan por varias generaciones consecutivas, se logra homocigosis en la mayoría de los loci, lo que ocasiona una pérdida considerable de vigor vegetativo, Poey (1978).

Jugenheimer (1981) menciona que Darwin parece haber sido el primer investigador que realizó experimentos de endogamia con maíz. Encontró que la autofecundación reducía el vigor de la planta y que las plantas cruzadas eran más vigorosas que las plantas autofecundadas.

Wellhausen (1952) indica que la endocria comenzó a usarse en gran escala y las líneas resultantes se probaron en varias combinaciones con el propósito de producir híbridos de alto rendimiento, lo que significa un aumento del 5% al 90% sobre maíces regionales.

Reyes (1985) define el término endogamia como el apareamiento de individuos emparentados. El mismo autor nos dice que según el parentesco entre los progenitores se tienen diferentes grados de endogamia siendo el extremo la autofecundación.

### **2.2 Línea Autofecundada**

Poey (1978) menciona que los efectos aditivos pueden seleccionarse más efectivamente en la formación de líneas puras mediante una endogamia lenta

que reduzca menos la pérdida del vigor característico del proceso de autofecundación. Esto se puede lograr alternando generaciones de autofecundación y de cruza fraternales dentro de cada línea, o bien usando en mayor grado las cruza fraternales que la autofecundación. Con esta modalidad se puede mantener mayor vigor en las líneas durante su proceso de formación; permitiendo la mayor manifestación de los efectos aditivos, sin embargo, esto requiere de un mayor número de generaciones para alcanzar la homocigosis.

Lindstrom (1939), citado por Jugenheimer (1981), comentó el carácter fenotípico uniformemente pobre de las líneas puras obtenidas por autofecundación continua. El mismo autor nos menciona que genéticamente, cuando menos cuatro factores eran los causantes del fracaso para obtener líneas puras bastante vigorosas:

- 1.- El enorme número de genes.
- 2.- Los efectos enmascaradores del medio ambiente en el programa de selección.
- 3.- Una compleja e intrincada interacción de los genes.
- 4.- Una falla en el método para aislar esas líneas.

Poehlman (1983) menciona sobre líneas autofecundadas como una línea que se produce mediante autofecundación hasta que se obtienen plantas aparentemente homocigóticas. Esto requiere de 5 a 7 generaciones.

### 2.2.1 Métodos de obtención

#### a) Método clásico

Brauer (1983) señala que en el sistema clásico como la formación de híbridos a base de líneas puras se comenzaba ordinariamente por autofecundar un número grande de líneas, probablemente varios cientos, y después que éstas se hallaban un tanto avanzadas se probaban de acuerdo con su aptitud combinatoria, para seleccionar las que pudieran dar las combinaciones más productivas y vigorosas.

Jugenheimer (1981) nos dice que el método clásico para desarrollar líneas endocriadas comprende generalmente la selección de plantas durante el período de autofecundación en base a la apariencia física de un surco de plantas sembradas con semilla de la misma mazorca. Este procedimiento ha sido un método efectivo para producir líneas. De hecho, la mayoría de los híbridos de hoy en día comprenden líneas puras desarrolladas por este método.

El siguiente ejemplo es bastante típico del procedimiento que se usa:

**Primer año.** Autofecundar varios cientos, o más, de plantas seleccionadas de variedades deseables de polinización libre, de compuestos o de material híbrido; descartar las plantas y las mazorcas de apariencia deficiente.

**Segundo año.** Sembrar de 10 a 30 plantas en un surco de cada mazorca autofecundada, autofecundar de 3 a 5 de las mejores plantas de cada surco; hacer la selección dentro y entre las progenies; guardar las mazorcas de 1 a 3 de las mejores plantas de cada surco seleccionado.

**Tercer año.** Sembrar de 1 a 3 mazorcas de cada familia seleccionada en mazorca-por-surco. Autofecundar las plantas deseables. Seleccionar el mejor surco de cada familia en base a la apariencia. Descartar los otros surcos. Guardar de 1 a 3 de las mejores mazorcas de las plantas deseables del surco seleccionado. Este procedimiento se repite hasta que cada línea sea relativamente homocigota (5-7 años).

La evaluación de las líneas mediante cruzamiento de prueba puede iniciarse en las primeras generaciones de endocría, o se pueden posponer hasta que las familias sean relativamente homocigóticas. Las progenies de 10 a 30 plantas dan oportunidad de seleccionar dentro y entre subfamilia. Sin embargo, solamente puede manejarse una cantidad limitada de material, y se obtiene un pequeño porcentaje de líneas deseables.

#### b) Selección mazorca por mata

Jugenheimer (1981) menciona que la selección mazorca por mata es similar al método clásico salvo que solo siembra una mata de tres o cuatro plantas de cada mazorca. Este método fue propuesto por Jones y Singleton (1934), Singleton y Nelson (1945) trabajaron ligeramente en el procedimiento

de este método. El cual se usó en la estación experimental de Illinois para el desarrollo de muchas líneas.

### 2.3 Aptitud Combinatoria General (ACG)

Sprague y Tatum (1942), citados por Márquez (1988), definen la aptitud combinatoria general como el comportamiento de una línea en combinaciones híbridas.

Poehlman (1983) define la aptitud combinatoria general como el comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas.

#### 2.3.1 Formas de evaluación

Allard (1980) hizo una sugerencia que finalmente fue aceptada como práctica general. Propuso la utilización de mestizos para probar la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas puras. Su procedimiento consistió en comparar la calidad de las líneas puras por su comportamiento en los cruzamientos, línea por variedad con el comportamiento medio de las líneas puras en un número de cruzamientos simples.

El mismo autor menciona que la ACG es definitivamente la que determina el valor de las líneas para utilizarlas como progenitoras en los híbridos comerciales. Aun cuando las líneas sean avanzadas desde el punto de vista autofecundación se sigue usando la prueba de mestizos para determinar la ACG.

Green (1948) citado por Brauer (1976) menciona que el probador debe tener una diversidad genética amplia para que al cruzarse con las líneas se obtengan una muestra de las muchas combinaciones diferentes posibles y pueda de esa manera ser una medida apropiada de la aptitud combinatoria general (ACG). Ordinariamente se usa una variedad de polinización libre, un cruzamiento doble o una variedad sintética que desde el punto de vista de la

diversidad genética es lo mismo que la de polinización libre solo que un tanto más seleccionada.

#### a) Prueba de mestizos

Jugenheimer (1981) menciona que las cruza radiales o mestizos (AxB)<sub>x</sub>, variedad de polinización libre, son fácil de producir y con frecuencia son híbridos útiles para usarlos en las etapas iniciales de un programa de mejoramiento. La mayor parte de las cruza radiales o mestizos son recursos temporales que por lo general se reemplazan eventualmente con híbridos más complejos. Los mestizos son útiles para evaluar la "aptitud combinatoria" de líneas puras. También proporciona un medio para el desarrollo de líneas.

Brauer (1983) nos describe a los mestizos como el resultado de cruzar cada una de las líneas que se desean someter a prueba con una sola variedad de polinización libre usada como progenitor masculino.

Este método de evaluación de líneas lo propuso por primera vez Davis (1927), quien señaló que la aptitud combinatoria de un grupo de líneas autofecundadas de maíz podía estimarse mediante el comportamiento de las cruza de éstas con un probador común. Posteriormente, otros investigadores como Rickey (1945) obtuvieron resultados que confirmaron dicha teoría. Esta metodología presenta diferentes modalidades para su aplicación tanto en el grado de endogamia requerido por las líneas para formar los mestizos, como el tipo de probador a usar.

#### b) Prueba temprana

Cuando la selección se practica en líneas S<sub>0</sub> ó S<sub>1</sub> se le conoce como prueba temprana, a diferencia del método tradicional en el cual se efectúan autofecundaciones durante varias generaciones antes de formar el mestizo. La utilización de la prueba temprana permite efectuar una primera selección de líneas y llevar a generaciones posteriores de autofecundación únicamente las líneas más sobresalientes. A este respecto Rickey (1945) encontró que existe

una correlación alta entre el comportamiento de los mestizos obtenidos de líneas  $S_0$  y  $S_1$  y las líneas derivadas de ellas en generaciones subsecuentes.

#### c) Prueba tardía

Jugenheimer (1981) señala que existe considerable divergencia de opiniones respecto al mejor momento y tiempo para evaluar líneas de maíz. Dice que los partidarios de la prueba tardía recomiendan que las líneas puras sean autofecundadas durante 3 a 5 generaciones antes de evaluarlas en combinaciones híbridas. Durante este período se practica selección entre y dentro de las progenies para vigor general, resistencia al acame, a las enfermedades y a los insectos, y para otras características deseadas.

#### d) Prueba per se

Consiste en evaluar las líneas como tales sin formar mestizos, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero. Mediante esta prueba se pretende evaluar directamente la dotación genética aditiva de un grupo de líneas homocigóticas, Falconer (1970). Con relación a esto, muchos investigadores coinciden en que este método es muy eficiente y fácil, y concluyen que para evaluar la ACG de un grupo de líneas puede reemplazar parcial o totalmente a la prueba de mestizos.

Velázquez (1978) presenta bastante información con respecto a lo anterior y señala que la principal ventaja que el método per se tiene con respecto al de mestizos, es que no existe la interacción línea probador y la que la expresión de las líneas per se se debe únicamente a su riqueza genética aditiva.

### 2.4 Aptitud Combinatoria Específica (ACE)

Poehlman (1983) define a la aptitud combinatoria específica como el comportamiento de la combinación de dos líneas en una cruce.

Brauer (1976) define la aptitud combinatoria específica (ACE) como el sistema que requiere la evaluación de las plantas seleccionadas dentro de una población heterocigótica mediante la formación de mestizos, donde el probador común debe ser considerablemente homocigótico. Usándose con frecuencia una línea pura y otras veces un híbrido simple. Este esquema fue propuesto por Allard en 1945 y fué entonces cuando al método se comenzó a llamar selección recurrente y a dársele mayor importancia, por considerar que serviría para seleccionar líneas que después formarían los híbridos comerciales.

#### 2.4.1 Probadores

Matzinger (1953) demostró que cuando son utilizados como probadores, líneas consanguíneas, los resultados obtenidos fueron altamente específicos para el determinado probador empleado y por lo tanto, los resultados conseguidos con un probador consanguíneo dado, tienen un escaso valor predictivo para otros probadores. Por el contrario cuando son utilizados como probadores híbridos dobles, las combinaciones mejores y peores entre los consanguíneos dieron resultados más consistentes que con otros probadores.

Poelhman (1990) recalca que para las pruebas preliminares de un gran número de líneas se sugirió la cruce de línea por variedad que se conoce más comunmente como cruce regresiva con la variedad original; en la cual la serie de líneas sometidas a prueba se cruzan con la línea común probadora ya sea por medio de polinización a mano o mediante polinización libre en un campo aislado. El año siguiente se prueba el comportamiento de las progenies sobresalientes, conservando para cruzamientos posteriores las líneas autofecundadas de una progenie con comportamiento sobresaliente.

Allard (1980) menciona que desde la adopción del cruzamiento línea pura por variedad para ensayar la aptitud combinatoria, se han propuesto como progenitores del mestizo a otros probadores en el lugar de las variedades de polinización abierta. Indudablemente el mejor probador es el que proporcione más información sobre el probable comportamiento cuando las líneas ensayadas se utilicen en otras combinaciones o se cultiven en otros medios. El probador debe ser también fácil de utilizar.

## 2.5 Diseños Genéticos

Márquez (1985) nos dice que los diseños genéticos o diseños de apareamiento son planes de cruzamiento entre los individuos de una población, con el objeto de estudiar teóricamente los efectos y las varianzas genéticas que se presentan a las progenies (variables causales) como para enseguida relacionar aquéllos con los datos empíricos de tales progenies (variables observables), y poder estimar los parámetros genéticos que interesen. Generalmente estas son las varianzas genéticas, ambientales y fenotípicas, a fin de obtener estimas de la heredabilidad (en sentido estrecho o amplio), para hacer predicciones de la respuesta de selección.

Para poder lograr los objetivos de los diseños genéticos, se hace una serie de supuestos que pueden no corresponder a las situaciones reales. Esto es así porque de lo contrario en ocasiones no sería posible llegar a resultado alguno.

### 2.5.1 Modelo de Griffing

Griffing (1956), citado por Ponce y Cervantes (1994) se entiende por el sistema de cruzas dialélicas el método en el cual se escogen una serie "p" de líneas endocriadas efectuando las cruzas posibles entre sus líneas.

Este mismo autor distingue cuatro diferentes técnicas de realizar cruzas dialélicas;

1.- Las autofecundaciones de un grupo de cruzas de  $F_1$  y las cruzas recíprocas de las  $F_1$ . En total " $P^2$ " combinaciones que son posibles de obtener.

2.- En este método se ensayan las autofecundaciones y un conjunto de cruzas  $F_1$ , pero no se incluyen las cruzas recíprocas, en total se ensayan  $p(p+1)/2$  combinaciones.

3.- Se ensayan un conjunto de cruzas  $F_1$  y sus recíprocas, pero no se incluyen las autofecundaciones. En total se experimentan  $p(p-1)$  diferentes combinaciones.

4.- En este diseño se ensaya un grupo de cruzas  $F_1$ , pero no se incluyen las cruzas recíprocas ni las autofecundaciones. En total se tienen  $p(p-1)/2$  combinaciones por ensayar.



### 2.5.2 Modelo de Carolina del Norte.

Comstock y Robinson (1952) citados por Márquez (1985), desarrollaron los diseños I,II,III de Carolina del Norte, donde el primero se aplica a cualquier planta alógama que permita en una población usar plantas con diferentes machos (m) que crucen, cada una, con una serie de hembras (h), para obtener la progenie de cada apareamiento progenie de n plantas. Los progenies de cada macho con sus hembras es una familia de medios hermanos (MH), en tanto que con cada hembra da lugar a una familia de hermanos completos (HC). En el diseño II se hacen los cruzamientos posibles entre un grupo de individuos como machos (m) y otro grupo de individuos como hembras (h); se tienen pues mh cruzamientos. Cada apareamiento produce una familia de HC, y el grupo de cruza que tengan un progenitor común (macho o hembra) constituye una familia de MH, este diseño se planeó para plantas multiflorales o materiales de líneas homocigóticas donde un individuo juega el papel de una flor, aquí se puede estimar que cada hembra y sus cruza con todos los machos y viceversa, y su interacción. En el diseño III se parte del cruzamiento entre dos líneas homocigóticas para obtener por macho para polinizar, cada una, dos plantas; una de la línea 1 y otra de la línea 2 obteniéndose así progenies de retrocruza 1 de cada progenitor.

### 2.5.3 Modelo de Gardner y Eberhart (1966)

Este modelo fué desarrollado para obtener un mejor entendimiento de cruza dialélicas entre variedades de maíz de polinización libre. Se aplica a cualquier carácter cuantitativo sea morfológico, agronómico, fisiológico o bioquímico, como se aplica a cualquier tipo de progenitores y los descendientes derivados de ellos (variedades de polinización libre, líneas endogámicas o variedades de apareamiento mixto). Con este modelo es posible determinar efectos aditivos y dominancia así como ACG y ACE, componentes de variación, heredabilidad y pruebas de epistasia y ligamiento.

## 2.6 La Cruza Simple

Robles (1986) menciona que las primeras investigaciones sobre el método de mejoramiento por hibridación fueron realizados por el Dr G. H. Shull en 1909 y también en el mismo año por E. M. East, los estudios consistieron primordialmente en la obtención de líneas puras a base de autofecundaciones y su cruzamiento para formar los primeros híbridos simples en maíz con producción uniforme.

El año anterior el Dr. Shull había indicado que un campo ordinario de maíz esta compuesto por muchos híbridos complejos cuyo vigor disminuye al autofecundarse y que el fitogenetista debería luchar para mantener las mejores combinaciones.

La limitación de la producción de semillas de híbridos simples por el costo en la obtención de éstas, fueron resueltas ingeniosamente hasta 1918 por el Dr. D. F. Jones al sugerir el cruzamiento entre dos híbridos de cruza simples vigorosas para obtener semilla; este paso hizo posible la producción económica de semilla de cruza doble.

Terán (1979) define la cruza simple como la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. Debido a que las líneas autofecundadas que se utilizan en una cruza simple son probablemente homocigóticas, las plantas de la cruza simple son heterocigóticas para todos los pares de genes en que difieren las dos líneas autofecundadas, lo anterior coincide con lo mencionado por Poehlman (1981).

Green (1948) nos dice que la semilla de una cruza simple se produce en una planta autofecundada que ha recibido el polen de una segunda línea autofecundada. El mismo menciona que la semilla de cruza simple es generalmente de tamaño pequeño y de forma irregular; los rendimientos son bajos debido a que las líneas autofecundadas en las que se produce la semilla son relativamente improductivas.

Poelman (1983) nos dice que las técnicas de cruzamiento para producir semilla de cruza simple no es diferente a la que se utiliza para la obtención de líneas autofecundadas. Tanto la mazorca como la espiga se cubren de igual

manera que para las autofecundaciones. Sin embargo, el polen de una línea autofecundada se utiliza para polinizar la otra línea, produciendo así una cruz simple. La elección de la línea que se vaya a utilizar como progenitor masculino, dependerá de cual de ellas produce el polen más abundante y de cual tenga las mejores características de mazorca y semilla.

### 2.6.1 Características generales de la cruz simple

- Las cruza simples son altamente uniformes en cuanto a precocidad y aspecto interno que las variedades de polinización libre.
- La obtención de semilla de cruz simple resulta muy costosa de producir.
- Las cruza simples son altamente heterocigóticas, para todos los pares de genes.
- Por lo general producen poco polen.
- Son altamente vigorosas.
- La semilla de la cruz simple es generalmente de tamaño pequeño y de forma irregular.
- Los rendimientos de semilla de cruz simple son bajos con respecto a otras cruza.

### 2.6.2 Prueba de aptitud combinatoria específica (ACE) en cruza simples

Esta consiste en determinar cuales son los pares de líneas de todas las posibles, que producen los híbridos F1 de alto rendimiento, o en lenguaje genotécnico: Hacer y probar la cruz simple entre las líneas que han pasado la ACG.

Para hacer la prueba ACE, se procede a hacer las cruza simples en números adecuados a la cantidad de mano de obra disponible para la polinización, y a la capacidad de prueba de campo (ensayos de rendimiento) que sea posible hacer. El camino seguido en muchos casos es ir haciendo el mayor número de cruza simples que sean posibles, con los recursos físicos y humanos disponibles en los primeros años del programa e irlo disminuyendo

conforme se avanza. No siempre se hace esto en forma sistematizada sino más bien los cruzamientos se hacen atendiendo factores de orden práctico como es la coincidencia en floración.

### 2.6.3 Cruza simple modificada

Jugenheimer (1981) señala que esta cruza  $\{(AxA') \times B\}$ , tiene la mayoría de las ventajas de las cruza simples ordinarias. El progenitor femenino o de semilla  $(AxA')$  hace uso de cruzamientos entre sublíneas derivadas de una línea endocriada deseable, estas cruza  $(AxA')$  generalmente son más vigorosas y de mayores rendimientos que las líneas puras. Por lo tanto la semilla puede producirse con costos más bajos que las cruza simples ordinarias.

## 2.7 Cruza Doble

Poehlman (1983) la define como la progenie híbrida obtenida de una cruza entre dos cruza simples. La semilla de una cruza doble se produce en una planta de cruza simple, que ha sido polinizada por otra cruza simple. Esta es la semilla híbrida que generalmente se le vende al productor por lo que éste cultiva plantas de cruza doble.

Jugenheimer (1981) menciona que por muchos años las cruza dobles,  $(AxB) \times (Cx D)$ , constituyeron el tipo de híbrido de uso más generalizado. La semilla de una cruza doble se produce en plantas de cruza simple, las cuales son altamente productivas en semilla de calidad.

Robles (1986) menciona que para formar híbridos dobles se necesita llevar a cabo los trabajos para cada ciclo agrícola como mínimo en la forma siguiente:

- 1.- Formación de líneas puras, alrededor de 2 a 6 o más autofecundaciones. Supongamos un promedio de 4 ciclos agrícolas de autofecundación.
- 2.- Formación de mestizos. Un ciclo agrícola.
- 3.- Comparación de rendimiento entre mestizos. Cuando menos un

ciclo agrícola.

4.- Formación de cruzas simples. Un ciclo agrícola.

5.- Comparación de rendimiento de cruzas simples. Cuando menos un ciclo agrícola.

6.- Formación de cruzas dobles. Un ciclo agrícola.

7.- Comparación de rendimiento y evaluación de caracteres agronómicos. Por lo menos 3 ciclos agrícolas, hasta llegar a la formación y recomendación del mejor híbrido doble, sumando todos los ciclos agrícolas antes mencionados, como mínimo es necesario un total de 12 ciclos agrícolas.

Poehlman (1981) nos dice que las cruzas dobles pueden obtenerse mediante polinización a mano en la misma forma que se obtienen las cruzas simples, o se pueden producir sembrando las dos cruzas simples progenitoras en un campo aislado. La cruz simple hembra se desespiga antes que produzca polen, o se evita la producción de polen utilizando la esterilidad masculina citoplásmica y después se poliniza con el polen de la segunda cruz simple. Se siembra un surco de la cruz simple masculina por cada tres o cuatro surcos de la cruz simple hembra. Se requieren menos surcos polinizadores en proporción con los surcos del progenitor femenino, en comparación con la proporción usada para la formación de cruzas simples debido a que las plantas de estas cruzas son más vigorosas y producen más polen que las plantas autofecundadas.

Reyes (1976) señala algunas ventajas y desventajas de los híbridos dobles:

### 2.7.1 Ventajas

- 1.- Mayor producción de grano.
- 2.- Uniformidad de floración, altura de la planta y maduración, esto permite la aplicación de una mejor tecnología.
- 3.- Plantas más cortas pero vigorosas, que resisten el acame y rotura.
- 4.- Mayor sanidad de mazorca y grano.
- 5.- En general, mayor precocidad y desarrollo inicial.

## 2.7.2 Desventajas

- 1.- Reducida área de adaptación, tanto en tiempo como espacio, alta interacción genotipo-ambiente.
- 2.- Escasa variabilidad genética los hace vulnerables a las epífitas.
- 3.- Necesidad de obtener semilla para cada siembra y su alto costo.
- 4.- Necesidad de tecnología avanzada y uso de insumos para aprovechar la potencialidad de forraje y rastrojo.

## 2.8 Cruza Trilínea

Jugenheimer (1981) menciona que generalmente la semilla de cruza de tres elementos  $(A \times B) \times (C)$ , es menos costosa de producir que las de cruza simple, aunque más cara que la de cruza doble. Las cruza de tres elementos tienden a ser más uniformes y a tener un rendimiento ligeramente superior que el de las cruza dobles. En algunos casos, éstas se producen donde se cuenta con tres líneas que se combinan bien, pero donde no está disponible una cuarta línea adecuada a donde se desea una uniformidad extrema.

Robles (1986) señala que para la formación de híbridos de tres líneas, se forman al cruzar híbridos simples con líneas puras; en cuyo caso, los híbridos simples se usan como progenitores femeninos y las líneas como masculinos; para así cosechar mayores rendimientos en la producción de semillas para siembra. Se esperan generalmente más altos rendimientos de semilla si los agricultores siembran híbridos de tres líneas, que en híbridos dobles; por otra parte se espera generalmente menor producción por hectárea en híbridos de tres líneas en comparación de híbridos simples.

## 2.9 Heterosis

El efecto beneficioso de la hibridación es un fenómeno mucho más conocido que la depresión debida a la consanguinidad, por que se observa en casi todos los híbridos de progenitores no relacionados.

La idea de East en 1936 basada en la opinión de Shull de que la hibridación tiene un efecto estimulante en las actividades fisiológicas del organismo; atribuye a los heterocigotos una versatilidad de desarrollo que se manifiesta en distintas reacciones en el metabolismo, probablemente estas son consecuencia de la diversidad bioquímica que nace de la existencia de diferentes alelos en el mismo locus.

Mather (1956) subraya más bien la ventaja genética de la heterocigosis de proporcionar flexibilidad permitiendo la segregación, los heterocigotos no son siempre de desarrollo más estable. Esta mayor estabilidad, como la muestran las especies alógamas, les es impuesta por la selección natural; no es innata en el estado de heterocigosis porque no se encuentran como un aspecto normal de las plantas autógamias.

Poehlman (1983) define el vigor híbrido como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores (o con respecto al promedio de sus progenitores).

El mismo autor indica que el efecto del valor híbrido fue señalado por muchos de los primeros fitomejoradores. En 1880 el Dr. Beal de la estación agrícola experimental de Michigan, describió un experimento relativo a la hibridación entre variedades, en el que se desespigó a una variedad y fue polinizada con una segunda variedad cultivada en un surco adyacente, en la progenie híbrida, se obtuvo un incremento de producción; dando a conocer las primeras variedades híbridas de maíz. Aun cuando estos investigadores dieron a conocer la observación del vigor híbrido, no explicaron el origen del mismo.

Jugenheimer (1981) señala que el vigor híbrido es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor en general. También señala que algunos investigadores definen la heterosis como el incremento de vigor respecto al mejor progenitor de la generación  $F_1$ . G. H. Shull fué quien propuso que este fenómeno se llamara heterosis. El término es una contracción de "estímulo de la heterocigosis".

El mismo autor comenta que el Dr. East en 1936 pensó que la heterosis se describía mejor por el término de vigor híbrido, sin embargo la mayoría de los investigadores usan los dos términos como sinónimos.

Se ha visto pues que los híbridos entre líneas puras de ascendencias distintas producen generalmente mayor vigor híbrido que aquellos híbridos de líneas puras derivadas de variedades de polinización abierta iguales o semejantes.

## 2.9.1 Fundamento de la heterosis

### a) Hipótesis de dominancia

Esta hipótesis propuesta por Davenport (1908), Bruce(1910) y Keeble y Pelew(1910), comienza con el supuesto de que las especies alógamas están compuestas por un gran número de individuos genéticamente diferentes, muchos de los cuales llevan genes recesivos perjudiciales ocultos en los heterocigotes. Cuando se autofecundan dichos individuos, aumenta la homocigosis, apareciendo varios tipos degenerados homocigóticos recesivos que obstaculizan el desarrollo y que son eliminados.

También se observan estos mismos caracteres en las poblaciones de polinización abierta, pero con frecuencia que no reducen gravemente la productividad. Los genes perjudiciales segregan como consecuencia de la consanguinidad, y después de la fijación producida por homocigosis producen líneas que poseen diferentes genes o complejos de genes. Algunas líneas reciben más genes favorables que otras, lo que explica las diferencias observadas en el grado de depresión producida por la consanguinidad en diferentes líneas.

Por tanto, la depresión producida por la consanguinidad no es un proceso de degradación, si no una consecuencia de la segregación mendeliana.

Una objeción fue que si la hipótesis es correcta sería posible obtener individuos homocigóticos para todos los factores dominantes. Dichas líneas tendrían el mismo vigor que la  $F_1$ , pero no segregarían. Sin embargo, no se encontraron líneas homocigóticas de elevado rendimiento. Jones (1922) señaló que probablemente el crecimiento está regido por muchos genes y que cada cromosoma podría contener varios de estos genes. Un solo grupo de ligamiento



incluiría teóricamente algunos genes favorables y algunos perjudiciales recesivos.

#### b) Hipótesis de sobredominancia

Propuesta independientemente por East y Shull en 1909, supuso que hay un estímulo fisiológico del desarrollo que aumenta con la diversidad de los gametos que se unen. En términos mendelianos esto significa que hay loci en que el heterocigoto es superior a cualquiera de los homocigotos y que el vigor aumenta en proporción a la cantidad de heterocigosis. Esta idea se ha llamado heterocigosis de genes individuales, sobredominancia o acción acumulativa de alelos divergentes.

Esta hipótesis supone que la condición heterocigótica  $a_1 a_2$  de los alelos de un locus es superior a cualquiera de las condiciones homocigóticas  $a_1 a_1$  o  $a_2 a_2$ . La explicación es que  $a_1$  y  $a_2$  desempeñan diferentes funciones y la suma de sus diferentes funciones y que la suma de sus diferentes productos es superior al producido por cada alelo en el estado homocigótico.

Poey (1978) menciona que los efectos de dominancia y sobredominancia que se manifiestan al cruzar las líneas homocigotas entre sí, da lugar al fenómeno conocido como heterosis o vigor híbrido en lo cual se fundamenta el método de hibridación de maíz; las cruza dirigidas dan lugar a poblaciones heterocigotas pero homogéneas, ya que los genotipos de todos los individuos son teóricamente iguales.

### 2.10 Interacción Genotipo-Ambiente

Allard y Bradshaw (1964) dividen las variaciones del medio ambiente en predecibles e impredecibles; son predecibles todas aquellas características permanentes del medio ambiente, e impredecibles todas las fluctuaciones que están en función del tiempo. Denominan a una variedad como "buena amortiguadora", o con "buena flexibilidad", cuando se puede ajustar la condición genotípica y fenotípica en respuesta a condiciones transitorias del

medio ambiente y distinguen dos tipos de flexibilidad: 1) "flexibilidad individual", cuando cada individuo de una población tiene una buena adaptación al rango de ambientes, y 2) "flexibilidad poblacional", que surge de diferentes genotipos coexistiendo, cada uno de ellos adaptado a determinados rangos de distintos ambientes.

Lerner (1954) utiliza el término "homeostasis genética" para designar la propiedad de una población de equilibrar su composición genética para resistir cambios repentinos, como resultado de una selección natural que favorece a los fenotipos y genotipos intermedios que son capaces de contrarrestar los efectos desestabilizantes de las condiciones ambientales que manifiestan una fluctuación continua. De esta forma existen organismos alógamos predominantes en una múltiple condición heterocigótica y la selección para la estabilidad fenotípica habrá operado principalmente sobre condiciones heterocigóticas de los alelos. Dentro de los aspectos importantes de la hipótesis que formula, está el de la asociación de una mayor aptitud de los genotipos heterocigotes sobre los homocigotes para un comportamiento más uniforme sobre diferentes ambientes.

Reyes (1955) indica que la variación ambiental o variación no génica, es un factor que reduce la precisión en cuanto a los estudios genéticos por lo que el lineamiento que debe seguir todo investigador es reducir al mínimo el error experimental mediante el cuidadoso manejo de su diseño.

Bucio y Perkins (1969) y Márquez (1974) coinciden en que el fenotipo de un material es el resultado de su patrimonio genético más la influencia del medio ambiente que actúa sobre él, así como la interacción entre ambos y que las técnicas modernas de selección minimizan los efectos ambientales. También sugiere Márquez, que para evitar la interacción del medio ambiente con los genotipos se realice la selección a través de ambientes variados y llevar lo mejor de cada uno de ellos a recombinación para obtener la mejor adaptabilidad.

Allard (1980) menciona que al describir el fenotipo, conviene expresar esta acción conjunta de una forma lineal, de tal forma que la expresión fenotípica de un determinado carácter, por ejemplo, rendimiento (A), se puede expresar de la forma:  $A = M + a + e + (ea)$ , considerando el valor numérico del fenotipo como la suma de la media (M) de una población general, el efecto

genotípico (a), el efecto del medio ambiente (e) y el efecto de la interacción.

Bucio (1982) hace referencia que para conocer la interacción genotipo-ambiente es necesario comparar el material experimental en varios medios, tales como años, suelos, densidades, fechas, etc. Si una variedad se comporta diferente en distintos medios ambientes puede expresarse en función del término estabilidad, siendo variedad estable aquella que interacciona menos con el medio ambiente.

Márquez (1985) indica que en cualquier fenómeno biológico natural que implique el crecimiento y desarrollo de genotipos que se llevan a cabo en una serie de ambientes, los genotipos irán encontrando en tiempo y espacio una serie de condiciones ambientales a las que tienen que hacer frente para sobrevivir. En sí el mismo genotipo tiende a cambiarlo, pues al crecer y desarrollarse actúa sobre aquel, modificándolo; esta modificación actúa entonces en otra forma sobre el genotipo y lo hace cambiar, generándose así una interacción entre el genotipo y el ambiente en que se desarrolla.

Carballo y Márquez (1970) mencionan que la interacción genotipo medio ambiente es una fuente de variación que se ha investigado con el objetivo de idear metodologías de prueba, análisis y selección que permitan identificar poblaciones que al interaccionar menos con el medio ambiente, tengan mayor amplitud de adaptación o para delimitar áreas geográficas en las cuales la adaptabilidad de determinadas variedades sea mejor.

La teoría de la interacción genético-ambiental desarrollada por Bucio (1966) para el caso de dos líneas endocriadas es aplicable a cualquier organismo homocigótico y el modelo estadístico desarrollado para especificar el comportamiento de dos líneas, puede ser extendido al caso de muchas líneas que es la situación a la que se enfrentan los mejoradores de plantas autógamas cuando evalúan números grandes de líneas en diferentes ambientes durante el proceso de selección, cuando los objetivos son lograr la selección para características de alto rendimiento, máxima calidad y adaptación a rangos de variación ambiental, denominado también estabilidad de rendimiento.

Bucio (1992) recalca que con el propósito de definir el fenotipo deberíamos recordar al genotipo teniendo un valor fijo y las diferencias en su expresión serán los efectos del ambiente y de la interacción de genotipo por el

ambiente, estas diferencias dan origen a la variabilidad fenotípica.

El estudio y manejo de la interacción genético-ambiental, en el mejoramiento genético, tiene como finalidad la producción y utilización de variedades de alta producción en un amplio rango de medios ambientes, y en ocasiones menos frecuentes variedades de alta producción en un ambiente específico.

### 2.11 Parámetros de Estabilidad

Rowe *et al.* (1964) estudiando la estabilidad para una serie sistemática de genotipos de maíz, encontraron diferencias en estabilidad entre grupos genotípicos y suponen que ellos pudieron estar asociadas en habilidad para explotar ambientes favorables. Los grupos heterocigotes muy vigorosos fueron capaces de un alto comportamiento bajo condiciones favorables y desproporcionalmente reducidos bajo condiciones desfavorables.

Eberhart y Russell (1969) comparando la estabilidad de híbridos de cruce simple y de cruce doble de maíz, encontraron dos cruces simples tan estables como cualquiera de las cruces dobles. Sugieren que, puesto que las cruces simples difieren en su habilidad de respuesta a las condiciones del medio ambiente más favorables, el parámetro de estabilidad más importante parece ser el cuadrado medio de las desviaciones y que todos los tipos de acción genética parecen estar involucradas en esa estabilidad.

Scott (1967) en estudio realizado para definir si existía diferencias de estabilidad en rendimiento en líneas de maíz, concluye que la selección realizada para dicho carácter fué efectiva. Menciona que se han estudiado varios métodos para estabilidad, como son la combinación de semillas de maíz de un híbrido, las cruces dobles y los sintéticos. Estos son buenos si no están sometidos a la influencia del medio ambiente. Concluye que el carácter de estabilidad está bajo control genético sin saber el tipo y número de genes que lo condicionan.

Allard y Bradshaw (1964) Señalan que la estabilidad no implica una constancia general del fenotipo en ambientes variados, pero sí en aquellos

aspectos del fenotipo específicamente rendimiento y calidad, que son de importancia económica.

Define a una variedad amortiguadora como aquella que puede ajustar su estado genotípico en respuesta a fluctuaciones transitorias en el ambiente, de tal forma que dé una respuesta económica alta y aceptable para el año y la localidad; señalan que este término es equivalente a homeostasis.

Por último señalan que la diversidad genética, ya sea por heterocigosis o por mezclas de diferentes genotipos, conducen a menudo a estabilidad bajo condiciones cambiantes del ambiente.

Carballo y Márquez (1970) estimaron el rendimiento de grano y los parámetros de estabilidad en híbridos y variedades mejoradas de maíz en El Bajío y La Mesa Central, por medio del modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966); según sus resultados indican que el método fué efectivo para discriminar variedades en función del rendimiento promedio y valor de los parámetros, identificando variedades deseables por ser estables y de rendimiento elevado.

Eberhart y Russell (1966), propusieron un modelo que define los parámetros de estabilidad que pueden usarse para describir el comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes.

Los parámetros de estabilidad son el coeficiente de regresión ( $b_i$ ) y las desviaciones de regresión ( $S_{di}$ ) de cada una de las variedades.

El modelo matemático propuesto por Eberhart y Russell para estimar estos parámetros es el siguiente:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + d_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = media varietal de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$U_i$  = media de la  $i$ -ésima variedad sobre todos los

ambientes.

$B_i$  = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la  $i$ -ésima variedad a diferentes ambientes.

$d_{ij}$  = desviación de la regresión de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$I_j$  = índice ambiental obtenido por sustraer el rendimiento promedio de todas las variedades en todos los ambientes, del rendimiento promedio de todas las variedades en un ambiente particular.

$$I_j = (\sum_i Y_{ij} / v) - (\sum_{ij} Y_{ij} / vn), \sum_j I_j = 0$$

Bucio (1966) estableció por vez primera que existe una regresión lineal entre efectos de interacción genotipo-ambiente y efectos ambientales, presentándose las siguientes situaciones:

$$B_i < 1; B_i = 0; B_i = 1; B_i > 1$$

Hizo notar que la situación  $B_i = 0$  puede ocurrir cuando la variedad no interacciona con los ambientes o cuando no existe relación alguna entre los efectos de interacción genotipo-ambiente y los efectos ambientales, la situación combinada  $B_i = 1, Sd^2_i = 0$  dió lugar al concepto de variedad estable, siendo esta deseable cuando la media es la máxima.

Márquez (1991) informa que por lo general existe correlación positiva entre la media y el coeficiente de regresión; negativa entre aquella y las desviaciones de regresión y negativa también entre éstas y el coeficiente de regresión; significa que si la selección se practica solo para genotipos de alto rendimiento, sus coeficientes de regresión serían mayores a la unidad, teniendo por lo tanto, respuestas altas en ambientes favorables, cosa que ha sucedido en el mejoramiento de maíz y trigo para climas y manejo agronómico muy favorable.

**Cuadro 1.** Carballo (1970), citado por Morfín (1983), en base a los valores que toman los coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión, clasificó las variedades de la siguiente manera:

CATEGORIA	COEFICIENTE DE REGRESION	DESVIACIONES DE REGRESION	DESCRIPCION
a	$b_i = 1.0$	$S^2d_i = 0$	variedad estable
b	$b_i = 1.0$	$S^2d_i > 0$	buena respuesta en todos los ambientes; inconsistentes
c	$b_i < 1.0$	$S^2d_i = 0$	responde mejor en ambientes desfavorables; consistentes
d	$b_i < 1.0$	$S^2d_i > 0$	responde mejor en ambientes desfavorables; inconsistentes
e	$b_i > 1.0$	$S^2d_i = 0$	responde mejor en buenos ambientes; consistentes
f	$b_i > 1.0$	$S^2d_i > 0$	responde mejor en buenos ambientes; inconsistentes

Estos autores definen una variedad estable cuando tiene un coeficiente de regresión igual a la unidad ( $b_i=1.0$ ), desviaciones de regresión tan pequeñas como sea posible ( $S^2d_i=0$ ) y un promedio mayor que la media general.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Aspectos Fisiográficos

Para este estudio, los ensayos se establecieron en tres localidades del Estado de Jalisco, las cuales fueron elegidas por las condiciones climáticas y edáficas con las que cuentan cada una de ellas, que a continuación se describen en el Cuadro 2.

Tototlán está ubicado a 70 km de la ciudad de Guadalajara; según datos de la estación meteorológica de Yerbabuena, del Mpio. de Tototlán.

De acuerdo con la clasificación de los suelos de la FAO-UNESCO (1970) y modificado por el CETENAL ahora Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), predominan los Vertisoles Pélicos que se definen como suelos con características de textura arcillosa y pesada que se agrietan notablemente cuando se secan. Tienen dificultades para su labranza, pero son adecuados para una gran variedad de cultivos, siempre y cuando se controle la cantidad de agua para que no se inunden o sequen.

Según el sistema de clasificación climática de Kopeen, modificado por García, Tototlán tiene un clima.

( A ) C ( W o ) ( W ) a ( e ), donde;

( A ) C = semicálido, el más cálido de los templados con temperatura media superior a 18° y 22° C, W o ) = el más seco de los templados subhúmedos con lluvias en el verano y un índice anual menor a 5%, ( W ) = con porcentaje de lluvias invernales menor a 5%, a = Verano cálido con temperatura del mes más caliente mayor a 22° C y ( e ) = extremo, oscilación entre 7° y 14° C.

Ciudad Guzmán se sitúa en la región sur del Estado limitando al Norte con Sayula y Gómez Farías, al Sur con Tuxpan y Zapotiltic, al Este con



**Cuadro 2. Características climáticas de las localidades del Centro y Sur de Jalisco, donde se evaluaron las cruzas de maíz.**

<b>Característ.</b>	<b>Tototlán</b>	<b>Tlajomulco</b>	<b>Cd. Guzman</b>
<b>Temperatura máxima (°C)</b>	<b>34</b>	<b>26-30</b>	<b>45</b>
<b>Temperatura mínima (°C)</b>	<b>-2</b>	<b>14-16</b>	<b>-2</b>
<b>Temperatura media (°C)</b>	<b>20</b>	<b>22-24</b>	<b>19.6</b>
<b>Precipitación pluvial (mm)</b>	<b>885.9</b>	<b>900</b>	<b>850</b>
<b>Altitud sobre nivel del mar</b>	<b>1540</b>	<b>1575</b>	<b>1508</b>
<b>Latitud Norte</b>	<b>60° 33'</b>	<b>20° 28'</b>	<b>19° 41'</b>
<b>Long. Oeste</b>	<b>120° 38'</b>	<b>104° 27'</b>	<b>103° 31'</b>

Tamazula de Gordiano y al Oeste con Venustiano Carranza, en este Municipio se afirma que los suelos son bastante heterogéneos, sin embargo es común en todos ellos la pobreza en nitrógeno con regular riqueza en fósforo y extremadamente ricos en potasio, deficientes en materia orgánica y con textura de liviana a media; el pH varía de 4.5 a 5.7, se clasifican como, Feozen, Regosol y Cambisol.

Feozen se caracteriza por tener un horizonte A, Molico, subgrupo principal Háptico, carece de horizonte B argílico y no son calcáreos entre los 20 y 30 cm de profundidad, presentan problemas de exceso de humedad cuando el temporal es muy lluvioso.

Regosol se caracterizan por ser originados de materiales no consolidados, generalmente arenas y gravas. Carece de propiedades hidromórficas, o sea que no presentan exceso de agua en alguna capa del suelo.

Cambisol suelos que presentan una incipiente capa franco-arcillosa (horizonte B cámbico) y en perfil solo se aprecia un horizonte superficial A claro (ocríco). Su drenaje superficial es rápido, no hay encharcamientos y son erosionables cuando la pendiente es excesiva.

Se estima que el 65% de los suelos de la parte poniente del valle de Cd. Guzmán están deteriorados por la erosión a causa del abuso en el empleo de maquinaria agrícola.

Su clima está clasificado como semiseco con Otoño, Primavera e Inviernos secos y semisecos sin cambio térmico invernal bien definido. Los meses más calurosos se presentan en Mayo y Junio, iniciando el período de lluvias en el mes de Junio y terminándose regularmente el mes de Octubre.

Tlajomulco está situado en la región Centro del Estado de Jalisco, limita al Norte con el Municipio de Zapopan y Tlaquepaque, al Sur con el Municipio de Jocotepec, al Oriente con los Municipios de el Salto e Ixtlahuacán de los Membrillos y al Poniente con los Municipios de Acatlán de Juárez y Tala. Los vientos generalmente son de dirección variable.

Sus suelos son Chernozem en toda su extensión, es decir tierras negras; el color que tienen es debido a su materia orgánica humificada, aunque

también es probable que influya su estado de floculación de la arcilla, así como las altas temperaturas a que están sujetos durante el Verano. Muestran lixiviación completa de las sales solubles, presentan acumulación de carbonatos y sulfatos de calcio, inmovilidad de los sílice, sesquióxidos de hierro y aluminio, la textura de los suelos es arcillo-arenosa y limo-arenosa. La vegetación existente en el Municipio es pradera de pasto alto y monte bajo chaparral siendo característicos en los suelos de Chernozem.

El clima de acuerdo al sistema de clasificación de Kopeen corresponde al (A) C (Wo) (W), donde; (A) C=semicálido, el más cálido de los templados con temperatura media superior a 18° y 22° C, (Wo)=templado subhúmedo con lluvias de Verano y (W)=clima más seco de los subhúmedos.

Estas localidades pertenecen a uno de los estratos en los que está definido el Estado de Jalisco, específicamente al intermedio cuya altitud sobre el nivel del mar oscila de 1000 a 1800 metros y donde el tipo de clima que predomina es semicálido, con sus variantes de humedad.

Esta es una de las macrorregiones de mayor importancia económica debido a que aquí se desarrolla una agricultura empresarial ubicándose en la región Centro y Sur del Estado; aquí la estación de crecimiento para el maíz varía de 7 a 9 meses, siendo el factor limitante las bajas temperaturas durante el ciclo invernal.

En este estrato el sistema de cultivo del maíz se maneja en dos formas: el sistema de humedad residual y el de temporal; además existen pequeñas microrregiones de clima seco (BS1) en donde el cultivo del maíz es de subsistencia y la estación de crecimiento puede variar de 3 a 5 meses, dependiendo principalmente de la disponibilidad de humedad.

### 3.2 Material Genético

Para el estudio se utilizaron híbridos dobles de maíz partiendo de líneas élite provenientes de distintas zonas ecológicas del país, todas con un distinto grado de autofecundación, siendo las siguientes:

- 1) S<sub>4</sub> CLM 100 Línea de valles altos proviene de una F<sub>2</sub> del híbrido H-135.
  - 2) S<sub>6</sub> CLM 300 Línea del Bajío proveniente de una población F<sub>2</sub> del híbrido Miranda.
  - 3) S<sub>6</sub> CLM 301 Línea del Bajío proveniente de una población F<sub>2</sub> del híbrido Miranda.
  - 4) S<sub>6</sub> CLM 302 Línea del Bajío que se obtuvo de una población F<sub>2</sub> del híbrido H-311.
  - 5) S<sub>6</sub> CLMB 303 Línea del Bajío Br obtenida del sintético Lucio Blanco.
  - 6) S<sub>6</sub> CLMB 304 Línea del Bajío Br obtenida del sintético Lucio Blanco.
  - 7) S<sub>6</sub> CLM 400 Línea del Trópico
  - 8) S<sub>6</sub> CLM 401 Línea del Trópico
  - 9) S<sub>6</sub> CLM 402 Línea del Trópico
  - 10) S<sub>8</sub> CLM 403 Línea del Trópico
  - 11) S<sub>10</sub> CLM 404 Línea del Trópico
- Compuesto de materiales del Noroeste y Noreste del país los híbridos (H-422, H-430, H-433).

Estas líneas se obtuvieron por el método clásico de autofecundación.

Los híbridos a evaluar se agruparon en dos ensayos de 32 genotipos más los 4 testigos en cada uno (Cuadros 3 y 4).

Los testigos fueron los híbridos comerciales más comunes en las diferentes localidades, A 7410 (Asgrow), B 840 (Dekalb), C 343 (Cargill) y el HV 313 (PRONASE).

**Cuadro 3. Relación del material genético que constituyeron el Ensayo 1 en las tres localidades de evaluación en la región Centro-Sur de Jalisco.**

No. de trat.	Genealogía
1	(CLMB303xCLM400)x(CLM300xCLM302)
2	(CLMB303xCLM401)x(CLM302xCLM403)
3	(CLMB303xCLM402)x(CLM300xCLM403)
4	(CLMB303xCLM403)x(CLM302xCLM300)
5	(CLMB303xCLM403)x(CLM300xCLMB304)
6	(CLMB303xCLM403)x(CLM300xCLM302)
7	(CLMB303xCLM403)x(CLM300xCLM401)
8	(CLMB304xCLM100)x(CLM300xCLM302)
9	(CLMB304xCLM100)x(CLM300xCLM301)
10	(CLMB304xCLM100)x(CLM403xCLM300)
11	(CLMB304xCLM400)x(CLM302xCLM402)
12	(CLMB304xCLM400)x(CLM300xCLM302)
13	(CLMB304xCLM402)x(CLM302xCLM400)
14	(CLMB304xCLM402)x(CLM302xCLM403)
15	(CLMB304xCLM402)x(CLM302xCLM404)
16	(CLMB304xCLM402)x(CLM301xCLM400)
17	(CLMB304xCLM402)x(CLM300xCLM301)
18	(CLMB304xCLM402)x(CLM300xCLM400)
19	(CLMB304xCLM402)x(CLM404xCLM100)
20	(CLMB304xCLM403)x(CLM302xCLM401)
21	(CLMB304xCLM403)x(CLM301xCLM303)
22	(CLMB304xCLM403)x(CLM301xCLM100)
23	(CLMB304xCLM403)x(CLM301xCLM400)
24	(CLMB304xCLM403)x(CLM300xCLMB303)
25	(CLMB304xCLM403)x(CLM300xCLM302)
26	(CLMB304xCLM403)x(CLM300xCLM301)
27	(CLMB304xCLM403)x(CLM300xCLM100)
28	(CLMB304xCLM400)x(CLM300xCLM100)
29	(CLMB304xCLM400)x(CLM404xCLM300)
30	(CLMB304xCLM403)x(CLM404xCLMB303)
31	(CLMB304xCLM403)x(CLM404xCLM100)
32	(CLMB304xCLM404)x(CLM302xCLMB303)
33	A 7410
34	B 840
35	C 343
36	HV 313

CLM= ConLee Mexicana S.A. de C.V.

**Cuadro 4. Relación del material genético que constituyó el Ensayo 2 en las tres localidades de evaluación en la región Centro-Sur de Jalisco.**

No de trat.	Genealogía
1	(CLM302xCLMB303)x(CLM100xCLM300)
2	(CLM300xCLMB303)x(CLM302xCLM402)
3	(CLM300xCLMB303)x(CLM301xCLM400)
4	(CLM300xCLM301)x(CLM301xCLM401)
5	(CLMB303xCLM403)x(CLM300xCLM302)
6	(CLM300xCLMB303)x(CLM403xCLM100)
7	(CLMB303xCLM402)x(CLM300xCLM400)
8	(CLM300xCLMB303)x(CLM404xCLMB304)
9	(CLM300xCLMB303)x(CLM404xCLM100)
10	(CLM300xCLMB304)x(CLM302xCLM100)
11	(CLM300xCLMB304)x(CLM302xCLM401)
12	(CLM300xCLMB304)x(CLM302xCLM403)
13	(CLM300xCLMB304)x(CLM302xCLM404)
14	(CLM300xCLMB304)x(CLM302xCLM402)
15	(CLM300xCLMB304)x(CLM301xCLM100)
16	(CLM300xCLMB304)x(CLM301xCLM400)
17	(CLM300xCLMB304)x(CLM301xCLM401)
18	(CLM300xCLMB304)x(CLM301xCLM403)
19	(CLM300xCLMB304)x(CLM403xCLMB303)
20	(CLM300xCLMB304)x(CLM403xCLM100)
21	(CLMB304xCLM100)x(CLM300xCLMB303)
22	(CLM300xCLMB304)x(CLM404xCLM100)
23	(CLM300xCLM302)x(CLM301xCLMB303)
24	(CLM300xCLM302)x(CLM301xCLM400)
25	(CLMB303xCLM401)x(CLM300xCLM302)
26	(CLM300xCLM302)x(CLM403xCLMB303)
27	(CLM300xCLM302)x(CLM403xCLM100)
28	(CLM300xCLM302)x(CLM404xCLMB303)
29	(CLM300xCLM302)x(CLM404xCLMB304)
30	(CLM300xCLM302)x(CLM404xCLM100)
31	(CLM300xCLM100)x(CLM302xCLMB304)
32	(CLM300xCLM100)x(CLM302xCLM403)
33	A 7410
34	B 840
35	C 343
36	HV 313

CLM= ConLee Mexicana S.A. de C.V.

### 3.3 Diseño Experimental

El diseño experimental para todos los ambientes de prueba consistió en Bloques Completos al Azar con 36 tratamientos y tres repeticiones.

El tamaño de la parcela fué de 8 m<sup>2</sup>, consistió en 2 surcos de 5 m con una separación entre surco y surco de 0.8 m. Para obtener la parcela útil se eliminó 1 m de efecto de orillade cada lado de la parcela, quedando una superficie aproximada de 4 m<sup>2</sup>, teniendo una población de 55 000 plantas/ha. En esta área se cosecharon 20 plantas.

### 3.4 Manejo Agronómico

La evaluación de los híbridos se hizo a través de una serie de ensayos de rendimiento, establecidos en tres localidades del Estado de Jalisco.

1.- Se eligieron terrenos adecuados para el establecimiento de los experimentos.

2.- La preparación del terreno consistió en un barbecho y dos pasos de rastra, para obtener una buena cama de siembra.

3.- La separación entre surcos fue de 0.80 m, la dosis de fertilización fué de 180-80-00, aplicando la mitad del Nitrógeno a la siembra y la otra mitad a los 40 días después de la siembra.

4.- Se sembró manualmente a "chorrillo", posteriormente se aclaró cuando la planta alcanzó una altura promedio de 0.30 m para asegurar una densidad de 55,000 plantas/ha.

5.- Para el control de plagas del suelo se utilizó un insecticida granulado "Triunfo" (20 kg/ha), mezclándolo con el fertilizante al momento de la siembra. Las plagas del follaje se controlaron con Ambush y Lorsban (0.5 lt/ha y 1.5 lt/ha respectivamente). Para el control de malezas se utilizaron los herbicidas Primagram 500 + Gesaprin combi 500 de preemergencia (2.5 lt/ha).

### 3.5 Variables Agronómicas

La principal característica agronómica de los materiales evaluados fue el rendimiento de grano con la finalidad de ser utilizado para su interpretación, así como presentación en los resultados, análisis estadístico, pero primordialmente para la caracterización de cada uno de ellos. A continuación se describen otras características que sirvieron como complemento del trabajo.

a) **FLORACION MASCULINA O ANTESIS.** Se consideró como los días transcurridos desde la siembra, hasta que aproximadamente el 50% de las plantas estaban en antesis o liberando polen.

b) **FLORACION FEMENINA.** Se consideró como los días transcurridos desde la siembra, hasta que aproximadamente el 50% de las plantas expusieron sus estigmas a una longitud mayor de tres centímetros.

c) **ALTURA DE PLANTA.** Se tomó con un estadal desde la base de la planta hasta la base de la espiga

d) **ALTURA DE MAZORCA.** Fué tomada desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal.

e) **ACAME DE RAIZ.** Se consideraron plantas con acame de raíz, aquellas que se desviaron en un ángulo mayor a 30° con respecto a su vertical, las plantas con "cuello de ganso" se consideraron acamadas.

f) **ACAME DE TALLO.** Se tomaron como plantas acamadas de tallo aquellas que se doblaron visiblemente o se rompieron abajo del nudo donde se inserta la mazorca principal.

g) **RENDIMIENTO.** Se cosecharon 20 plantas por cada tratamiento, contándose las mazorcas, se pesaron y después se identificaron correctamente, se tomaron 5 mazorcas al azar y de ellas se obtuvo una muestra representativa de grano para determinar el porcentaje de humedad. El rendimiento se calculó con la siguiente fórmula:  $\text{Rend.} = 1/10000 \{ (\text{peso de campo}) (\% \text{ de materia seca}) (\% \text{ de grano}) (\text{FC}) \}$  donde FC es el factor de conversión a Kg/ha que



viene siendo el resultado de dividir 10000 m<sup>2</sup> entre el tamaño de la parcela útil cosechada.

### 3.6 Análisis de Varianza Individual

En el análisis se utilizó el modelo correspondiente al diseño de Bloques Completos al Azar,  $X_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$ , donde;

$X_{ij}$  = observación del i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

$M$  = media general.

$T_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento.

$B_j$  = efecto del j-ésimo bloque.

$E_{ij}$  = error aleatorio.

$i = 1, 2, 3 \dots$  tratamientos.

$j = 1, 2, 3 \dots$  repeticiones.

En el Cuadro 5 se indica el análisis de varianza para Bloques Completos al Azar el cual fué aplicado para la variable rendimiento de grano.

**Cuadro 5. Análisis de varianza individual para un diseño de bloques completos al azar, Morfin (1983).**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Bloques	(r-1)	$\sum X_j^2/t - (\sum X_{ij})^2/rt$	$\sum X_j^2/t - [(\sum X_{ij})^2/rt]/r-1$	$CM_1/CM_3$
Trat.	(t-1)	$\sum X_i^2/r - (\sum X_{ij})^2/rt$	$\sum X_i^2/r - [(\sum X_{ij})^2/rt]/t-1$	$CM_2/CM_3$
Err exp	(r-1)(t-1)	$SC_{tot} - [SC_{trat} + SC_{blo}](M)/[M/(r-1)(t-1)]$		
Total	(rt-1)	$[X_{\bar{g}}^2 - (\sum X_{ij})^2/rt]$		

### 3.7 Modelo de Eberhart y Russell de Parámetros de Estabilidad.

Una vez obtenido el análisis de varianza para cada una de las localidades, se realizó un análisis de varianza combinado y la estimación de los parámetros de estabilidad de acuerdo al modelo presentado por Eberhart y Russell (1966). La forma de análisis de varianza se da en el Cuadro 6.

En este modelo,  $Y_{ij} = M_i + B_i I_j + d_{ij}$ , donde;

$Y_{ij}$  = Media varietal de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$M_i$  = Media de la  $i$ -ésima variedad sobre todos los ambientes.

$B_i$  = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la  $i$ -ésima variedad en los diferentes ambientes.

$d_{ij}$  = Desviación de regresión de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$I_j$  = Índice ambiental obtenido por sustraer la media general del rendimiento promedio de todas las variedades en un ambiente particular.

El primer parámetro por medio del cual se estima la estabilidad de una variedad, es el coeficiente de regresión, el cual se calcula con la formula siguiente:

$$B_i = \frac{\sum_j Y_{ij} \sum_j I_j}{\sum_j I_j^2}$$

En este análisis la suma de cuadrados debida al medio ambiente, así como de variedad por medio ambiente está dividida en respuesta lineal de ambientes y de variedad por ambientes, y las desviaciones de la respuesta lineal.

El comportamiento de cada variedad puede predecirse por medio de los estimadores de los parámetros dados en la formula:

$$Y_{ij} = X_i + B_i Y_j$$

Donde:

$X_i$  = Es un estimador de la media varietal  $M_i$  y las desviaciones  $\delta_{ij} = (Y_{ij} - Y_{ij})$ , las cuales se elevan al cuadrado y se suman para proveer el estimador del parámetro  $S^2d_i$ , este se obtiene:

$$S^2d_i = [(\sum_j \delta^2_{ij}) / (n-2)] - S^2e/r$$

En donde  $S^2 e/r$  es el estimador del error conjunto o la varianza de la media de una variedad en el ambiente  $j$ ;  $r$  es el número de repeticiones de cada ambiente  $j$ .

Mediante el modelo que se menciona a continuación se puede dividir la interacción genotipo-ambiente de cada variedad en dos partes: a) variación debida a la respuesta lineal que tiene una variedad sobre índices ambientales variados (suma de cuadrados debida a la regresión) y b) las desviaciones inexplicables de la regresión sobre el índice ambiental.

$$\sum_j \delta^2_{ij} = (\sum Y^2_{ij} - Y^2_i/n) (\sum_j Y_{ij}I_j)^2 / (\sum_j I^2_j)$$

En el Cuadro 6 se indica el análisis de varianza de parámetros de estabilidad para medir el coeficiente de regresión ( $b_i$ ) y desviación de regresión ( $S^2d_i$ ).

**Cuadro 6. Análisis de varianza para los parámetros de estabilidad de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (1966).**

Fuente	G. L.	SC	CM
Total	nv-1	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - FC$	
Var. (v)	v-1	$1/n \sum_i Y_{i.}^2 - FC$	CM1
Amb. (A)	(n-1) +	$\sum_i \sum_j Y_{ij}^2 - \sum_i Y_{i.}^2 / n$	v(n-1)
VA	(v-1)(n-1)		
A (lineal)	1	$1/v (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
VA (lineal)	$1(v-1)$ $\sum_j [(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2] - SC(A \text{ lineal})$		CM2
Desv. conj.	v(n-2)	$\sum_i \sum_j \delta_{ij}^2$	CM3
v-1	n-2	$[\sum_j Y_{1j} - (Y_{1.})^2 / n] - (\sum_j Y_{1j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
V-v	n-2	$[\sum_j Y_{vj} - (Y_{v.})^2 / n] - (\sum_j Y_{vj} I_j)^2 / \sum_j Y_j$	
Error conj.	n(r-1)(v-1)		CM <sub>4</sub>

### 3.6 Pruebas de Hipótesis

Las hipótesis estadísticas en este estudio y sus correspondientes pruebas de F, son las siguientes:

1. Para estimar si existen diferencias entre las medias de rendimiento de cada variedad.

$$H_0 = V_1 = V_2 = V_3 \dots = V_n$$

$$F_c = CM_1 / CM_3$$

Cuando F calculada > F tabulada se rechazó la hipótesis

Por tanto, existen diferencias entre variedades en cuanto a su rendimiento promedio.

2. Prueba de la regresión de variedades sobre índices ambientales.

$H_0$  = no hay diferencias entre los efectos de los coeficientes de regresión de las variedades sobre los índices ambientales.

$$H_0: B_1 = B_2 = B_3 \dots = B_n$$

$$F_c = CM_2 / CM_3$$

F calculada < F tabulada se acepta la hipótesis

Concluyendo que las variedades no interaccionan con los ambientes; existe igualdad en los coeficientes de regresión.

3. Prueba del coeficiente de regresión que no difiere de la unidad, o sea,  $B_i = 1$  para  $i = 1, 2, 3, \dots, v$ .

$$H_0: b_i = 1$$

$$t_c = b_i - B_0 / S^2 b_i \quad S^2 b_i = \frac{CM \text{ de desv. de regre.}}{\sum_j I_j^2}$$

Donde :  $B_0 = 1$

t calculada  $_{1,2,3, \dots} < t$  tabulada se acepta la hipótesis

Concluyendo que el coeficiente de regresión de las variedades sobre los índices ambientales es estadísticamente iguales a 1.

#### 4. Prueba de desviaciones de regresión.

$$H_0: Sd_1^2 = Sd_2^2 = Sd_3^2 \dots\dots = Sd_n^2 = 0$$

$$F_c = \frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{n-2} / CM_4$$

F calculada  $_{1, 2, 3, \dots} > F$  tabulada se rechaza la hipótesis.

Por tanto todas las variedades tienen desviaciones de regresión estadísticamente diferentes de cero, es decir, estadísticamente inconsistentes.

Con los valores de  $b_i$  y  $Sd_i^2$  se puede deducir si las variedades están dentro de la clasificación de Carballo y Márquez (1970).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Análisis de Varianza Individuales

Como puede observarse en el Cuadro 7 para el Ensayo 1, existen diferencias altamente significativas para repeticiones, en Tototlán y Cd. Guzmán no así en Tlajomulco. Esto nos indica que en las dos primeras localidades las condiciones climáticas son similares para el caso de precipitación pluvial, con temperaturas distintas, en lo que respecta a suelo también son similares, aunque en Cd. Guzmán este tiene un contenido mayor de arena, mientras que en Tlajomulco son suelos más arcillosos y además presentó una precipitación alta en ese ciclo agrícola.

Para el caso de tratamientos, existen diferencias altamente significativas en Tototlán y Tlajomulco no así para Cd. Guzmán. Esto nos dice que, estadísticamente los materiales se comportaron en forma diferente en cada una de las dos primeras localidades, debido quizá a que en estas dos hubo una mayor cantidad de lluvia lo que hizo que los materiales respondieran favorablemente y en Cd. Guzmán los materiales no mostraron su máxima expresión fenotípica ya que la precipitación en el momento de llenado de grano fué menor y por lo tanto influyó en el rendimiento.

En los resultados del Ensayo 2 mostrados en el Cuadro 8, se tuvieron diferencias altamente significativas para repeticiones en todas las localidades de evaluación, lo cual quiere decir que las condiciones climáticas (Lluvia, temperatura) y suelo, fueron diferentes para todos los ambientes.

Para tratamientos no existen diferencias significativas en Tototlán, pero altamente significativas para Tlajomulco y Cd. Guzmán. Esto nos indica que los materiales en la localidad de Tototlán respondieron en forma similar, mostrando todos la misma expresión en el caso de rendimiento.

Mientras que los materiales tuvieron un comportamiento muy distinto en cada una de las otras localidades, mostrando una variada respuesta a estos ambientes.



**Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza, para cada localidad del Ensayo 1 de cruza dobles de maíz, para el ciclo P-V 1993.**

F.V.	G.L.	Tototlán	Tlajomulco	Cd. Guzmán
Repeticiones	2	58200813**	812651 NS	5979723**
Tratamientos	35	1505081**	165235**	1079004 NS
Error	70	772073	582654	635375
Total	107	118375037	100414326	94200874
C.V. (%)		18	12	24

**Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza, para cada localidad del Ensayo 2 de cruza dobles de maíz, para el ciclo P-V 1993.**

F.V.	G.L.	Tototlan	Tlajomulco	Cd. Guzman
Repeticiones	2	7729756 **	6320677**	5856905**
Tratamientos	35	1953380 NS	2978790**	1418796**
Error	70	1153380	737449	439384
Total	107	164609065	168520442	92128554
C.V. (%)		17	13	16

#### 4.2 Análisis de Varianza de los Parámetros de estabilidad.

En el Cuadro 9, correspondiente al Ensayo 1, se puede apreciar que existieron diferencias significativas para variedades rechazándose la hipótesis nula de que todas las variedades son iguales.

En lo que se refiere a la interacción variedad x ambiente lineal la diferencia fue altamente significativa, esto nos indica que las variedades si interaccionan con el ambiente, al mostrar un mayor rendimiento y algunas características de la planta como floración masculina, floración femenina, altura de planta y altura de mazorca un tanto más variadas, debido a que las condiciones ambientales fueron más favorables para su desarrollo como fué en el caso de la localidad de Tlajomulco no así para la localidad de Cd. Guzman en donde se registraron condiciones climáticas muy desfavorables las cuales fueron un factor limitante para el desarrollo de los materiales.

En los resultados del Ensayo 2 (Cuadro 10) estadísticamente no existieron diferencias significativas para el caso de variedades, aceptando la hipótesis nula de que existe igualdad entre las variedades. Esto pudo deberse a que 28 de las 32 cruza dobles tienen una línea progenitora en común siendo esta la CLM300 y estas a su vez fueron combinadas con dos líneas derivadas de la misma población formando la cruza simples, lo que hace que la mayoría de las cruza dobles tengan un alto grado de parentesco y por consecuencia una respuesta similar en los ambientes.

En cambio si se detectaron diferencias altamente significativas en la interacción variedad x ambiente lineal, lo cual indica que las variedades si interaccionan con el ambiente al haber mostrado una respuesta distinta principalmente en rendimiento, floración masculina y floración femenina, mientras que su altura de mazorca fue muy semejante en todos los ambientes aunque estos fueron muy variados.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para los parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán del Ensayo 1 en el ciclo P-V en 1993.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C	0.05 Ft 0.01	
TOTAL	107	244274953				
VAR.	35	27728795	792251	2.257 *	1.80	2.31
AMB.						
VARxAMB	72	216546157				
AMB LIN	1	194791414	194791414			
VxA LIN	35	203668428	5819098	16.58 **	1.80	2.31
DESV CON	36	12637458	351041	0.452		
1	1	101998	101999	0.394 NS	3.88	6.76
2	1	88808	88808	0.343		
3	1	63121	63121	0.244		
4	1	49987	49987	0.193		
5	1	9230	9230	0.035		
6	1	25119	25119	0.097		
7	1	487663	487663	1.883		
8	1	145767	145767	0.563		
9	1	1207693	1207693	4.664 *		
10	1	282028	282028	1.089		
11	1	734661	734661	2.834		
12	1	66399	66399	0.256		
13	1	121392	121392	0.468		
14	1	136165	136165	0.526		
15	1	1978568	1978568	7.642 **		
16	1	46713	46713	0.180		
17	1	1143135	1143135	4.415 *		
18	1	5340	5340	0.021		
19	1	205859	205860	0.795		
20	1	588505	58855	2.273		
21	1	96364	96364	0.372		
22	1	50628	50628	0.195		
23	1	45328	45328	0.175		
24	1	498597	498597	1.926		
25	1	152182	152182	0.588		
26	1	559716	559716	2.162		
27	1	157663	157663	0.609		
28	1	12527	12527	0.048		
29	1	61673	61673	0.238		
30	1	663159	663159	2.561		
31	1	154074	154074	0.595		
32	1	13385	13385	0.052		
33	1	595639	595639	2.300		
34	1	392566	392566	1.516		
35	1	331937	331937	1.282		
36	1	2303	2303	0.008		
ERR CON	210	163114888.6	258913			

**Cuadro 10. Análisis de varianza para los parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán del Ensayo 2 en el ciclo P-V en 1993.**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05 Ft 0.01	
TOTAL	107	247224739				
VAR.	35	45277974	1293656	0.714 NS	1.485	1.74
AMB.	2	201946765				
VARxAMB						
AMB. LIN	1	97871				
VxA LIN.	35	136625665	3903590	2.154 **		
DESV CON	36	65223230	1811756	0.862		
1	1	1491844	14918443	2.131 **	1.55	1.85
2	1	148122	148122	0.211 NS		
3	1	605623	605623	0.865		
4	1	3137491	3137491	4.482 **		
5	1	22110	22110	0.031		
6	1	951	951	0.001		
7	1	176	176	0.0002		
8	1	789255	789255	1.127		
9	1	49872	49872	0.071		
10	1	75983	75983	0.108		
11	1	718684	718684	1.026		
12	1	17622	17622	0.025		
13	1	22170	22170	0.031		
14	1	727212	727212	1.038		
15	1	88773	88773	0.126		
16	1	128846	128846	0.184		
17	1	886446	886446	1.266		
18	1	38110	38110	0.054		
19	1	136831	136831	0.195		
20	1	51885	51885	0.074		
21	1	402239	402239	0.574		
22	1	1884850	1884850	2.692 **		
23	1	113465	113465	0.162		
24	1	151803	151803	0.216		
25	1	79608	79608	0.113		
26	1	801369	801369	1.145		
27	1	97918	97918	0.140		
28	1	20651	20651	0.029		
29	1	436639	436639	0.624		
30	1	676947	676947	0.967		
31	1	50792	50792	0.073		
32	1	378876	378876	0.541		
33	1	111474	111474	0.159		
34	1	645837	645837	0.923		
35	1	14472	14472	0.021		
36	1	487483	487483	0.696		
ERR CON	248	520757336	699943			

### 4.3 Comparación de Medias por Localidad.

En todos los casos se aplicó la prueba conocida como Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% para la separación de sus medias Cuadro 11.

Para la localidad de Tototlán tenemos que los mejores tratamientos fueron el 17 (CLMB304xCLM402)x(CLM300xCLM301), el 9 (CLMB304xCLM100)x(CLM300xCLM301) y el 10 (CLMB304xCLM100)x(CLM403xCLM300) los que mejor se comportaron superando a las demás cruza en cuanto a rendimiento así como a los testigos. Su DMS fué de 879 kg de esta localidad.

En la localidad de Tlajomulco los más sobresalientes en rendimiento fueron el 20 (CLMB304xCLM403)x(CLM302xCLM401), el 7 (CLMB303xCLM403)x(CLM300xCLM401) y el 30 (CLMB304xCLM403)x(CLM404xCLMB303) los que superaron a la media de la localidad y a los testigos, con una DMS de 763 kg para esta localidad.

En la localidad de Cd. Guzmán los materiales más sobresalientes fueron las cruza; 10 (CLMB304xCLM100)x(CLM403xCLM300) seguido del testigo 33 (Asgrow 7410) y de la cruza 16 (CLMB304xCLM402)x(CLM301xCLM400) que no logró superar al testigo pero sí a la media de la localidad, con una DMS de 797 kg.

Para el caso de localidades, Tlajomulco ocupó el primer lugar con un rendimiento promedio de 6581 kg/ha, en segundo lugar Tototlán con una media de rendimiento de 4957 kg/ha y por último Cd. Guzmán con un rendimiento promedio de 3292 kg/ha. Esto puede ser atribuible a que las condiciones de clima, precipitación y los suelos son distintos para los tres ambientes de prueba por lo que el cultivo respondió con un alto rendimiento en las mejores condiciones.

En el Cuadro 12 se muestra la DMS para la separación de medias por localidad así como para el combinado del Ensayo 2.

En la localidad de Tototlán el más sobresaliente en rendimiento fué la cruza 10 (CLM300xCLM304)x(CLM302xCLM100) seguido del testigo 33 (Asgrow 7410) y el 27 (CLM300xCLM302)x(CLM403xCLM100) que no superó al testigo pero sí a la media de la localidad, con una DMS 1074 kg.

En la localidad de Tlajomulco los más sobresalientes fueron la cruz 4 (CLM300xCLM301)x(CL M301xCLM401), 25 (CLMB303xCLM401)x(CL M300xCLM302), el 27 (CLM300xCLM302)x(CL M403xCLM100), superando a los testigos así como a la media de rendimiento de la localidad, con una DMS de 858 kg.

En la localidad de Cd. Guzmán las cruzas 18 (CLM300xCLMB304)x(CL M301xCLM403), 10 (CLM300xCLMB304)x(CL M302xCLM100) y 1 (CLM302xCLMB303)x(CL M100xCLM300) fueron las más sobresalientes, superando al promedio del rendimiento en la localidad, con una DMS de 663 kg.

Para el caso de localidades, al igual que en el Ensayo 1 la mejor localidad fue Tlajomulco con una media de 6640, seguido de Tototlán con 6280 y por último Cd. Guzmán con 4183 kg/ha, debido quizá a las condiciones ambientales tan variadas que presentan éstas; la diferencia mínima significativa para el caso de las localidades fué de 282 kg/ha al 5% de significancia.

#### 4.3.1 Comparación de Medias por Ensayo

En todos los casos se aplicó la prueba conocida como Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5%.

En el Cuadro 11, el valor de la DMS para el Ensayo 1 al 5% de significancia fué de 908 kg, logrando caracterizar 11 grupos de materiales para esta variable. Los mejores tratamientos a través de los tres ambientes de prueba fueron el 10 (CLMB304xCLM100)x(CL M403xCLM300), 16 (CLMB304xCLM402)x(CL M301xCLM400) y 17 (CLMB304xCLM402)x(CL M300xCLM301) con rendimientos promedio de 6019, 5936, 5913 kg/ha respectivamente, superando al testigo 33 (A-7410) con un rendimiento de 5404 kg/ha y al promedio del Ensayo.

La Diferencia Mínima Significativa para el Ensayo 2 con una significancia del 5% fué de 976 kg, logrando diferenciar a 13 grupos; dentro del grupo con mayor rendimiento se encuentran los tratamientos 10 (CLM300xCLM304)x(CL M302xCLM100), 27 (CLM300xCLM302)x(CL M403xCLM100) y 25

(CLMB303xCLM401)x(CLM300xCLM302), los cuales obtuvieron una media de rendimiento de 7229, 6860 y 6666, respectivamente. El testigo más próximo fue el A-7410 (tratamiento 33) con un rendimiento de 6507 kg/ha ubicándose dentro del mejor grupo (ver Cuadro 12) y superando al promedio por Ensayo.

**Cuadro 11. Rendimientos de los genotipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán y su promedio en el Ensayo 1 en el ciclo P-V de 1993.**

Trat	Tototlán	Trat	Tlajomulco	Trat	Cd. Guzmán	Trat	Combinado
17	6771	20	7767	10	4505	10	6019
9	6543	7	7690	33	4464	16	5936
10	6441	30	7632	16	4109	17	5913
24	6109	16	7605	18	3968	9	5659
16	6095	24	7537	32	3852	24	5553
1	5630	31	7372	25	3789	33	5404
14	5344	23	7326	17	3766	1	5384
18	5279	27	7259	2	3717	30	5326
15	5195	17	7202	30	3700	23	5240
32	5195	10	7111	9	3684	18	5235
23	5054	12	7090	1	3670	7	5208
33	4999	34	6897	4	3626	31	5201
11	4968	19	6874	36	3617	12	5178
12	4955	1	6854	12	3488	32	5114
36	4951	28	6819	19	3460	20	5094
8	4916	21	6817	31	3365	27	5047
31	4866	9	6750	23	3341	19	4975
29	4848	33	6750	13	3320	36	4933
26	4786	6	6625	7	3312	2	4898
22	4780	18	6457	6	3278	34	4813
28	4725	2	6331	3	3274	25	4766
27	4703	32	6294	22	3269	6	4740
30	4646	29	6292	34	3254	21	4684
2	4645	3	6261	27	3166	29	4662
7	4621	36	6229	20	3066	28	4662
19	4592	35	6201	24	3013	3	4658
20	4449	5	6075	8	2983	8	4619
3	4444	25	6070	5	2954	22	4608
25	4439	13	6032	29	2846	4	4594
21	4417	8	5957	21	2819	13	4529
4	4404	14	5936	11	2505	5	4472
5	4386	22	5776	28	2442	14	4409
6	4318	4	5753	26	2428	11	4281
34	4287	11	5369	15	2410	26	4188
13	4234	26	5349	35	2093	15	4056
35	3418	15	4562	14	1946	35	3904
Media	4957		6581		3292		

DMS al 5% = 879 kg para Tototlán, 763 kg para Tlajomulco, 797 kg para Cd. Guzmán

DMS al 5% = 908 kg para combinado



**Cuadro 12. Rendimientos de los genótipos evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán y su promedio en el Ensayo 2 en el ciclo P-V de 1993.**

Trat	Tototlán	Trat	Tlajomulco	Trat	Cd. Guzman	Trat	Promedio
10	8123	4	8760	18	5445	10	7229
33	7681	25	8332	10	5400	27	6860
27	7399	27	8321	1	5136	25	6666
25	7369	22	8316	28	5039	4	6524
8	7216	10	8165	12	5017	33	6507
26	7060	1	7895	4	4953	18	6395
17	6978	33	7787	27	4858	22	6386
31	6972	9	7398	22	4850	12	6359
19	6932	34	7340	24	4547	1	6302
18	6896	12	7283	19	4528	9	6198
14	6800	32	7213	9	4517	19	6078
12	6776	31	7130	15	4382	31	6041
9	6680	6	6955	34	4358	6	5878
29	6590	18	6843	25	4297	34	5846
6	6573	19	6773	32	4226	8	5822
23	6393	16	6746	6	4104	32	5808
30	6343	3	6609	33	4054	17	5713
15	6324	8	6421	31	4022	26	5669
36	6236	17	6296	36	4017	15	5534
11	6164	23	6287	23	3973	14	5558
22	5992	24	6251	14	3897	23	5551
32	5961	26	6250	17	3864	29	5475
21	5956	15	6196	13	3862	24	5428
1	5880	13	6090	11	3847	28	5338
4	5859	29	6047	30	3844	36	5263
34	5840	14	5977	8	3828	30	5228
16	5748	2	5841	29	3789	16	5224
13	5567	35	5820	26	3698	35	5208
24	5486	28	5626	5	3682	13	5173
35	5447	20	5558	3	3459	11	5086
5	5359	36	5536	20	3450	3	5062
28	5350	30	5497	2	3432	21	4891
3	5118	21	5432	7	3394	5	4819
7	5101	5	5417	21	3284	2	4751
2	4979	7	5408	16	3180	20	4652
20	4948	11	5248	35	2218	7	4634
Media	6280		6640		4183		

DMS al 5% = 1074 kg para Tototlán, 859 kg para Tlajomulco, 663 kg para Cd. Guzmán

DMS al 5% = 976 kg.

#### 4.4 Parámetros de Estabilidad

Los rendimientos promedio y los parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en el Ensayo 1 se muestran en el cuadro 13, en donde la mayoría de éstos tuvieron un  $S^2_{di}=0$  y un  $b_i=1$  considerándose como estables, mientras que los materiales que mostraron diferencias altamente significativas, para las desviaciones de regresión, fueron los tratamientos 9 (CLMB304 x CLM100) x (CLM300 x CLM301), 15 (CLMB304 x CLM402) x (CLM302 x CLM404) y 17 (CLMB304xCLM402)x(CLM300xCLM301), siendo materiales de buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes según (Carballo y Márquez 1970).

En el cuadro 14 se tienen los rendimientos promedio y los Parámetros de estabilidad de los genotipos evaluados en el Ensayo 2, donde puede observarse que la mayoría presento un  $b_i=1$  y  $S^2_{di}=0$  considerándose como estables, mientras que los materiales que mostraron diferencias altamente significativas para las desviaciones de regresión, fueron los tratamientos 4 (CLM300 x CLM3013) x (CLM301 x CLM401), 7 (CLMB303 x CLM402) x (CLM300 x CLM400) y 9 (CLM300xCLMB303)x(CLM404xCLM100), los cuales mostraron buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistentes según (Carballo y Márquez 1970). El hecho d que aparescan numeros positivos es por que adquieren un valor absoluto.

**Cuadro 13. Rendimientos promedio y Parámetros de estabilidad de los genotipos del Ensayo 1 evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán en el ciclo P-V en 1993.**

ENT.	Rend.kg/ha	$b_i$	$Sd^2$	Categoría
10	6019	0.790	23116	a
16	5936	1.061	212200	a
17	5913	1.041	884223	b
9	5659	0.928	948781	b
24	5553	1.372	239684	a
33	5404	0.696	336727	a
1	5384	0.966	156914	a
30	5326	0.639	404247	a
23	5240	1.211	213584	a
18	5235	0.756	253573	a
7	5208	1.332	228751	a
31	5201	1.218	104839	a
12	5178	1.095	192514	a
32	5114	0.741	245527	a
20	5094	1.431	329593	a
27	5043	1.245	101249	a
19	4975	1.038	53054	a
36	4933	0.793	256609	a
2	4898	0.795	170104	a
34	4813	1.109	133654	a
25	4766	0.694	106731	a
6	4740	1.019	233794	a
21	4684	1.215	162548	a
29	4662	1.046	197239	a
28	4662	1.329	246386	a
3	4660	0.908	4452759	a
8	4619	0.902	4433247	a
22	4608	0.761	3147769	a
4	4594	0.647	2256861	a
13	4529	0.825	3667245	a
5	4472	0.948	4866706	a
14	4409	1.208	8006590	a
11	4281	0.867	4125803	a
26	4188	0.885	4290800	a
15	4056	0.649	2346338	b
35	3904	1.250	8412322	a

a = material estable.

b = material de buena respuesta en todos los ambientes; pero inconsistentes.

**Cuadro 14. Rendimientos promedio y Parámetros de estabilidad de los genotipos del Ensayo 2 evaluados en Tototlán, Tlajomulco y Cd. Guzmán en el ciclo P-V en 1993.**

Ent.	Rend.Kg/ha	bi	Sd2	Categoría
10	7229	1.185	2023845	a
27	6868	1.341	1970982	a
25	6666	1.581	1612345	a
4	6524	1.164	1037664	b
33	6507	1.591	2077718	a
18	6394	0.611	1298459	a
22	6386	1.112	1663189	a
12	6359	0.893	2049036	a
1	6302	0.857	2023845	a
9	6198	1.123	607984	b
19	6078	0.994	2011055	a
31	6041	1.314	1494205	a
6	5878	1.166	2061718	a
34	5846	1.039	1951706	a
8	5822	1.248	2082206	a
32	5800	1.082	1697589	a
17	5713	1.160	1213382	a
26	5669	1.233	1422881	a
15	5634	0.803	1310573	a
14	5558	1.032	1453991	a
23	5551	1.015	1948029	a
29	5475	1.062	2077058	a
24	5428	0.609	2079177	a
28	5338	0.208	2085356	a
36	5263	0.769	2099652	a
30	5228	0.851	1381144	a
16	5224	1.373	1720952	a
35	5208	0.569	2047943	a
13	5173	0.874	2098877	a
11	5086	0.754	1962997	a
3	5062	1.113	2020220	a
21	4891	1.012	1986363	a
5	4819	0.738	1988354	a
2	4751	0.897	2001909	a
20	4652	0.808	1772616	a
7	4634	0.818	214978	b

a = material estable.

b = material de buena respuesta en todos los ambientes; pero inconsistente.

#### 4.5. Principales características de los mejores materiales y su constitución genética.

En el Ensayo 1 tenemos que el tratamiento 10 es un híbrido conformado por una línea  $S_6$  del Bajío tipo braquítico, una línea  $S_4$  de Valles altos, una línea  $S_8$  del Trópico y una línea  $S_6$  del Bajío, el cual presentó 76 días a floración femenina y 74 a floración masculina, con alturas de planta y mazorca de 243 y 134 cm respectivamente, obteniendo una calificación para aspecto de planta de 1 en una escala de 1-9, en donde 1 es lo mejor y 9 es lo peor.

El tratamiento 16 es un material que se obtuvo de una línea  $S_6$  del Bajío tipo braquítica, dos líneas  $S_6$  del Trópico y una línea  $S_6$  del Bajío, presentando alturas de planta y mazorca de 223 y 128 cm respectivamente y floraciones masculina y femenina de 73 y 75 días, con un 4% de acame de tallo teniendo una calificación de 1 para aspecto de planta.

El tratamiento 17 está formado por 2 líneas  $S_6$  del Bajío, una línea  $S_6$  del Trópico, otra línea  $S_6$  del Bajío braquítica, manifestó alturas de planta y de mazorca de 233 y 129 cm, con floraciones masculina y femenina de 74 y 76 días y un 2% de acame de tallo, teniendo una calificación de 2.

Para el caso del mejor testigo (tratamiento 33), este presentó 216 cm y 96 cm en su altura de planta y mazorca, así como 74 y 75 días en su floración masculina y femenina logrando una calificación de 2 para aspecto de planta.

En el Cuadro 15 se pueden apreciar las características agronómicas de todos los tratamientos evaluados en este Ensayo.

En el Ensayo 2 tenemos que el tratamiento 10 está compuesto por dos líneas  $S_6$  del Bajío, una línea  $S_6$  del Bajío braquítica y una línea  $S_4$  de Valles altos, presentando floraciones masculina y femenina de 73, 74 días y alturas de planta de 217 cm, mazorca de 120 cm, para acame de tallo el daño fue de 2% logrando una calificación de aspecto de planta de 1.

El tratamiento 27 lo conforman dos líneas  $S_6$  del Bajío, una línea  $S_4$  de Valles altos y una línea  $S_8$  del Trópico, en cuanto a características para altura de planta y mazorca fueron 213 y 104 cm, su floración masculina y femenina fué de 75 y 77 días respectivamente, logrando una calificación de

**1 en su aspecto general.**

**El tratamiento 25 lo formaron una línea del Bajío de tipo braquítico en S<sub>6</sub>, una línea del Trópico en S<sub>6</sub>, dos líneas del Bajío en S<sub>6</sub>, respecto a sus alturas de planta y mazorca fué de 201, 102 cm respectivamente, las floraciones masculina y femenina fueron de 76, 78 días, con una calificación de aspecto de planta 1.**

**Para el caso del mejor testigo (tratamiento 33), este presentó 208 cm y 112 cm en su altura de planta y mazorca, así como 75 y 77 días en su floración masculina y femenina, el daño por acame de tallo fué de 2%, con una calificación de 1 para aspecto de planta (ver Cuadro 16).**

**Cuadro 15. Características agronómicas de los genotipos de maíz del Ensayo 1 evaluados en el ciclo P-V de 1993.**

TRAT	FM(días)	FF(días)	AP(cm)	AM(cm)	ACT(%)	ACR(%)	CAL(escala 1-9)
1	76	78	252	146	2	0	1
2	77	78	221	119	2	1	1
3	76	77	230	128	3	0	1
4	77	78	211	108	4	1	2
5	76	77	213	114	2	0	1
6	74	76	223	116	2	0	2
7	73	75	227	124	4	2	1
8	77	79	211	118	1	0	1
9	75	77	225	124	2	1	1
10	74	76	243	134	2	1	1
11	76	77	212	105	2	0	2
12	74	76	237	118	1	1	1
13	73	74	212	108	2	1	2
14	74	76	207	111	2	0	2
15	76	77	219	110	1	0	2
16	73	75	223	128	4	2	1
17	74	76	233	129	2	2	2
18	74	75	221	123	3	1	2
19	76	77	211	113	3	1	2
20	78	79	216	121	2	1	1
21	78	79	213	119	2	0	2
22	78	80	217	122	4	0	2
23	78	79	233	139	5	1	1
24	76	78	240	137	3	2	2
25	76	78	222	118	2	1	1
26	79	81	219	126	3	1	2
27	78	79	231	123	3	1	1
28	79	80	210	117	4	1	3
29	77	79	222	115	3	0	1
30	76	78	238	132	3	1	2
31	76	77	223	117	2	1	2
32	76	78	208	104	2	1	2
33	74	75	216	96	1	0	2
34	78	80	219	115	7	1	1
35	79	80	206	107	2	1	2
36	73	74	199	99	2	1	2
Media	75	77	221	122	2.6	0.7	1.5

FM=Floración masculina

FF=Floración femenina

AP=Altura de planta

AM=Altura de mazorca

ACT=Acame de tallo

ACR=Acame de raíz

CAL=Calificación de la planta

**Cuadro 16. Características agronómicas de los genotipos de maíz para el Ensayo 2 evaluados en el ciclo P-V de 1993.**

TRAT	FM(días)	FF(días)	AP(cm)	AM(cm)	ACT(%)	ACR(%)	CAL(escala 1-9)
1	71	73	230	127	2	2	1
2	73	75	223	118	1	1	2
3	74	75	219	123	1	1	2
4	73	75	217	121	2	1	1
5	74	76	228	127	2	2	2
6	76	78	232	126	1	1	1
7	72	74	213	108	2	1	2
8	72	74	221	126	2	2	1
9	73	74	204	110	1	1	1
10	73	74	217	120	2	1	1
11	74	77	227	117	1	1	2
12	76	77	219	114	2	1	1
13	77	79	220	116	3	1	2
14	76	78	217	121	2	1	2
15	78	80	223	124	1	0	2
16	75	77	228	121	2	1	2
17	72	74	221	93	1	0	1
18	75	76	236	136	2	2	2
19	72	74	203	101	1	0	2
20	75	76	214	121	1	1	2
21	76	77	221	122	3	0	2
22	74	75	214	110	3	1	2
23	75	77	203	112	2	1	1
24	76	79	210	117	1	1	2
25	76	78	201	102	0	0	1
26	76	77	224	117	1	1	1
27	75	77	213	104	1	0	1
28	74	76	223	128	1	1	2
29	76	77	216	112	2	0	2
30	75	76	216	112	2	0	2
31	77	79	212	114	2	0	2
32	77	76	229	114	1	0	2
33	75	77	208	112	2	1	1
34	73	74	204	111	1	0	1
35	72	74	206	108	2	0	2
36	79	80	188	94	1	1	2
Media	72	76	217	115	1.5	0.7	1.6

FM=Floración masculina  
 FF=Floración femenina  
 AP=Altura de planta  
 AM=Altura de mazorca  
 ACT=Acame de tallo

ACR=Acame de raíz  
 CAL=Calificación de planta



## V. CONCLUSIONES

Tomando como base los resultados obtenidos por el comportamiento de las genotipos evaluados y los objetivos que se plantearon al inicio del presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

- En los Ensayos 1 y 2 sí se identificaron materiales que lograron sobrepasar a los testigos en cuanto a rendimiento siendo los tratamientos 10 (CLMB304 x CLM100) x (CLM403 x CLM300), 16 (CLMB304 x CLM402) x (CLM301 x CLM400), 17 (CLMB304 x CLM402) x (CLM300 x CLM301) y 9 (CLMB304 x CLM100) x (CLM300 x CLM301) para el primero; para el segundo fueron los siguientes: 10 (CLM300 x CLM304) x (CLM302 x CLM100), 27 (CLM300 x CLM302) x (CLM403 x CLM100) y 25 (CLMB303 x CLM401) x (CLM300 x CLM302) 4 (CLM300 x CLM301) x (CLM301 x CLM401) lo que los hace ser deseables para estas condiciones agroclimáticas con lo cual se logra el primer objetivo.

- De acuerdo al modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) la mayoría de las cruza evaluadas en los Ensayos 1 y 2 mostraron estabilidad y consistencia (a), excepto 6 que respondieron a todos los ambientes, pero fueron inconsistentes (b), cumpliéndose con ésto el segundo objetivo.

- Las cruza obtuvieron su mejor rendimiento en la localidad de Tlajomulco, siendo esta localidad la que presentó las mejores condiciones para el desarrollo de los materiales en los dos Ensayos, con respecto a los testigos.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Allard, R. W. y Bradswa, A. D. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop. Sci.* 4.
- Allard, R. W. 1980. Principios de la Mejora Genética de las Plantas, Edit. OMEGA, 4ª edición, España.
- Brauer, H. O. 1976. Fitogenética aplicada, Editorial LIMUSA. México
- Brauer, H. O. 1983. Fitogenética aplicada, Editorial LIMUSA, México. Sexta reimpression.
- Bruce, A. B. 1910. The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. *Science* 32.
- Bucio A, L. 1966. Environmental and genotype environmental components of variability I: inbred lines. *Heredity* 21 (3).
- Bucio A, L. and Perkins, J. J. 1969. Environmental and genotype environmental components of variation V. Segregation generations. *Heredity* I. in press.
- Bucio A, L. 1982. Interpretación de la varianza fenotípica cuando se consideran efectos genéticos, ambientales e interacción genético ambiental. *Agrociencia* 4. México.
- Bucio A, L. 1992. Memorias del Simposium Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal, Jal. Méx.
- Carballo C, A. y Márquez S, F. 1970. Comparación de variedades de Maíz del Bajío y la Mesa central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5, México.
- Davis, R. L. 1927. Report of the plant breeder Puerto Rico. *Agr. Exp. Sta Ann Rpt.*
- Davenport C, B. 1908. Degeneration albinism and inbreeding. *Science* 28.

- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties, *Crop. Sci.* 6.
- Eberhart, S. A. and Russell, W. A. 1969. Yield and stability for a 10 lines diallel of single-cross and double-cross maize hybrid. *Crop. Sci.* 9.
- Falconer, D. S. 1970. Introducción a la genética cuantitativa. Editorial CECSA. México.
- Green, J. M. 1948. Inheritance of combining ability in maize hybrid. *Journal American Soc. Agron.* vol. 40.
- Jones, D. F. 1922. The productivities of single and double first generation corn hybrids. *Agron. J.* 14.
- Jugenheimer, R. W. 1981. Maíz, Variedades mejoradas, Métodos de cultivo y Producción de semillas. Versión Española. Edit. LIMUSA.
- Keeble, F. C. and C. Pellew. 1910. The mode of inheritance of stature and of time of flowering in peas. *Jour. Genetics* 1.
- Lerner, I. M. 1954. *Genetics homeostasis: Oliver and Boyd.* Edimburg.
- Márquez S, F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotecnia vegetal, Edit. PATENA, ENA Chapingo, México.
- Márquez S, F. 1985. *Genotecnia Vegetal, Métodos, Teoría y Resultados*, AGT Editor, 1ª Edición., México.
- Márquez S, F. 1988. *Genotecnia Vegetal, Métodos, Teoría y Resultados*, Tomo II, 1ª Edición, AGT Editor S.A., México.
- Márquez S, F. 1991. *Genotecnia vegetal. Tomo III.* AGT Editor. S. A. México.
- Mather, K. 1956. Response to selection. *Cold Spring Harbor Symposium Quant biology.*
- Matzinger, D. F. 1953. Comparison of three types of tester for the evaluation of inbred lines of corn. *Agron. J.* 45.

- Morfín V, A. 1983. Estudio de parámetros de estabilidad y rendimiento en genotipos de maíz para el Estado de Colima. Tesis de agronomía Universidad de Guadalajara.
- Ordaz S, L. 1981. Formación de híbridos de maíz de alto rendimiento a partir de germoplasma del Bajío y Trópico seco de México. Tesis de agronomía Universidad de Guadalajara.
- Poehlman, J. M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas, Editorial LIMUSA. Séptima reimpresión.
- Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento Genético de las cosechas, Edit. LIMUSA. Octava reimpresión.
- Poehlman, J. M. 1990. Mejoramiento Genético de las cosechas, Vol. II, Edit. LIMUSA.
- Ponce L, G. y Cervantes P, G. 1994. Estimación de la aptitud combinatoria, Heredabilidad y otros componentes genéticos entre poblaciones de maíz, Tesis Profesional, Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara.
- Poey D, F. 1978. Mejoramiento integral del maíz, Colegio de Postgraduados, México.
- Reyes C, P. et al, 1955. El maíz híbrido para tierra caliente, Programa cooperativo de agricultura de la S.A.G. de México y la fundación Rockefeller. Folleto de divulgación N° 18, México.
- Reyes C, P. 1985. Fitogenética básica y aplicada, AGT editor S.A., México.
- Rickey, D.F. 1945. Isolating better foundation inbreds for use in corn hybrids, Genetics 30.
- Robles S, R. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico, Edit. LIMUSA, México.
- Rowe, et al, 1964. Phenotypic stability for a sistematic series of corn genotypes, Crop. Sci. 4.
- Scott, G. E. 1967. Selecting for stability of yiel in maize , Crop. Sci. 7.

Teran P, R. D. 1979. Evaluación de variedades comerciales y experimentales de maíz. Tesis ITESM, Monterrey N.L., México.

Wellhausen, E. J. 1952. Heterosis in a new poulation, En Heterosis. State College Press.