

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**Selección de líneas recobradas de maíz en RC<sub>4</sub>**

**POR:**

**SILVERIO HERNANDEZ SANCHEZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Fitotecnista**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.  
Junio de 1999.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**División de Agronomía**

**Departamento de Fitomejoramiento**

**Selección de líneas recobradas de maíz en RC<sub>4</sub>**

**Por:**

**Silverio Hernández Sánchez.**

**Tesis**

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO  
DE INGENIERO AGRONOMO EN LA ESPECIALIDAD DE FITOTECNIA.**

**APROBADA**

**EI PRESIDENTE DEL JURADO**

\_\_\_\_\_  
**M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCIA**

**SINODAL**

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

**SINODAL**

\_\_\_\_\_  
**M.C TOMAS MANZANARES AGUIRRE**

**SINODAL SUPLENTE**

\_\_\_\_\_  
**M.C. MARIANO MENDOZA ELOS**

**EI COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

\_\_\_\_\_  
**M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 1999.**

## AGRADECIMIENTOS

**Al Ing. M.C. Arnoldo Oyervides García** por haberme permitido realizar este trabajo de tesis, así también por su asesoría, orientación y paciencia, para poder culminar este trabajo, y por su gran amistad brindada.

**Al Ing. M.C. Humberto de León Castillo** por su participación desinteresada en la revisión de este trabajo, así como sus acertadas correcciones, sugerencias y recomendaciones al presente trabajo.

**Al Ing. M.C. Tomas Manzanares Aguirre** por su colaboración en la revisión del presente trabajo y por sus sugerencias aportadas al mismo.

**Al Ing. M.C. Mariano Mendoza Elos** por sus contribuciones desinteresadas en la elaboración de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de cuarto que me apoyaron de una u otra forma durante todo este tiempo.

Al Instituto Mexicano del Maíz Dr. E. Castro Gil, y al personal encargado del campo experimental de Ursulo Galvan, Veracruz por su colaboración en esta investigación.

A la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por haberme recibido y hacer de mi un profesionista.

## DEDICATORIA

### **A Dios:**

Por dar la bondad de vivir y de ser.

### **A mis padres:**

**Modesto Hernández Solís**  
**Margarita Sánchez Lucena.**

Quienes me dieron la oportunidad de seguirme preparando, así por su gran apoyo que siempre me brindaron.

### **A mis hermanos:**

Esmeralda            Camila  
Dominga            Armando  
M<sup>a</sup> Luisa            Salomé.  
Que siempre confiaron en mi.

### **A la familia:**

Vázquez Hernández  
Aguilar Hernández.

### **A mis sobrinos:**

Ulises y A. Josué.

### **A mis amigos (as):**

Del Bachillerato, por esa gran amistad que tenemos.

Y todos los amigos y compañeros de la Generación **LXXXVI**, especialmente a la **primera sección de Fitotecnia**, por todos los momentos compartidos.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	IX
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Concepto de línea pura.....	3
Mejoramiento de líneas.....	4
Selección Gamética.....	7
Mejoramiento Convergente.....	9
Retrocruzas.....	10
Probadores.....	14
Evaluación de líneas.....	17
MATERIALES Y METODOS.....	23
Material genético.....	23
Desarrollo del trabajo.....	25
Descripción del área de estudio.....	25
Villa Úrsulo Galvan, Ver.....	25
Carretas, Ver.....	26
Características experimentales.....	26
Toma de datos.....	28
Análisis estadístico.....	30
Análisis de covarianza.....	30
Análisis de varianza combinado a través de localidades.....	36
Análisis de varianza combinado a través de probadores.....	38
Estimación de ACG.....	42
Predicción de Híbridos Dobles.....	43
Predicción de Híbridos Triples.....	43
RESULTADOS Y DISCUSION.....	44
Análisis de varianza combinado a través de localidades.....	44

Análisis de varianza combinado a través de probadores.....	54
CONCLUSION.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	71
APENDICE.....	75

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
3.1	Tratamientos y orígenes de las líneas y probadores que fueron utilizados.....	23
3.2	Características geográficas y climáticas de las localidades donde se llevó acabo el experimento.....	26
3.3	Características experimentales de cada localidad.....	26
3.4	Formato para el análisis de covarianza para una distribución en bloques al azar.....	33
3.5	Formato para el análisis de varianza combinado por localidad para una distribución de bloques al azar.....	37
3.6	Formato para el análisis de varianza combinado por probador para una distribución de bloques al azar.....	40
4.1	Concentración de los cuadrados medios, de algunas características agronómicas evaluadas en el análisis de varianza combinado a través de localidades, con sus respectivas significancias.....	45
4.2	Concentración de medias de las localidades con las características agronómicas evaluadas.....	47
4.3	Concentración de medias de los tratamientos, analizando algunas características agronómicas donde se incluye los mejores y peores tratamientos, y los testigos.....	50
4.4	Concentración de cuadrados medios, de algunas características agronómicas evaluadas en el análisis de varianza combinado a través de probadores, con sus respectivas significancias.....	55
4.5	Concentración de medias de las localidades con las características agronómicas evaluadas.....	57
4.6	Concentración de medias de las líneas con las características agronómicas evaluadas.....	59
4.7	Concentración de medias de los probadores con las características agronómicas evaluadas.....	61

4.8	Concentración de medias de las líneas por probadores para rendimiento ton/ha.....	63
4.9	Concentración de las mejores líneas para la predicción del rendimiento en híbridos dobles en ton/ha.....	67
4.10	Concentración de las mejores cruza simples probadas para la predicción del rendimiento en híbridos triples en ton/ha.....	68
A.1	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para altura de planta.....	76
A.2	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para altura de mazorca.....	76
A.3	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para mala cobertura.....	76
A.4	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para mazorcas podridas.....	77
A.5	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para mazorcas con <i>Fusarium spp</i> .....	77
A.6	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para mazorca por cien plantas.....	77
A.7	Resultados obtenidos del análisis de varianza combinado de localidad por tratamiento para rendimiento ton/ha.....	78
A.8	Concentración de medias de los tratamientos analizando algunas características agronómicas.....	79
A.9	Concentración de medias de las interacciones de las localidades con las características agronómicas transformadas.....	82
A.10	Resultado obtenidos del análisis de varianza combinado por probadores para rendimiento.....	86
A.11	Resultado obtenidos del análisis de varianza combinado con probadores para acame de raíz.....	86
A.12	Resultado obtenidos del análisis de varianza combinado por probadores para acame de tallo.....	86



## RESUMEN

Con el propósito de generar nuevos y mejores progenitores de híbridos, se han propuesto diversas metodologías, tales como la Selección Gamética, el Mejoramiento Convergente y el Retrocruzamiento. En éste caso en uno de los programas de mejoramiento genético de maíz en el Trópico Húmedo de México del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se utilizó la metodología de Retrocruzamiento, para mejorar 25 líneas élites con relación a mayor resistencia al acame de raíz, acame de tallo, mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades y principalmente al mayor rendimiento por unidad de área. Este programa fue empezado en 1991A, al cruzar 25 líneas elites con un donador para transferir características agronómicas deseables, a través de las cuales con una serie de retrocruzamientos en los siguientes años se obtuvo la retrocruza uno en 1991B, al ser cruzada la  $F_1$  con el progenitor recurrente, la retrocruza dos en 1992A, la retrocruza tres en 1996A y en 1997A el retrocruzamiento cuatro. A partir del retrocruzamiento cuatro, en 1998A, las líneas restauradas se cruzaron con dos líneas puras como probadores, para posteriormente seleccionar aquellas líneas de acuerdo a los objetivos planteados, los cuales fueron: 1) Determinar la aptitud combinatoria de 25 líneas recobradas en  $RC_4$  utilizando dos líneas puras como probadores que presentan heterosis entre si

formando una excelente cruza; 2) Comparar los híbridos simples formados a partir de las líneas restauradas Vs testigos comerciales y 3) Identificar un grupo de líneas que crucen bien con uno y otro probador con la finalidad de predecir los mejores híbridos dobles y triples.

Las mejores líneas recobradas en RC<sub>4</sub> por ACG son las siguientes: 18 con 0.768, 17 con 0.535, 10 con 0.498, 6 con 0.455 y 1 con 0.387 ton/ha arriba de la media. También se aplicó una presión de selección del 20 por ciento a las 25 líneas, las cuales se ordenaron en dos grupos, las del primer grupo que fueron las que combinaron bien con los dos probadores, siendo las líneas 18, 10, 1, 24 y 15. El segundo grupo las conforman las líneas que combinaron bien con un solo probador en particular las cuales fueron las líneas 17, 22, 3, 6 y 21.

Así mismo, se determinó un grupo de cruzamientos experimentales que se encuentran superando al mejor testigo de la región en cuanto a rendimiento y otras características agronómicas.

Y por último se tiene que fue posible la predicción de híbridos dobles e híbridos triples con las líneas restauradas, a partir de las mejores cinco cruza simples obtenidas con cada progenitor para la predicción de híbridos dobles, mientras que para los híbridos triples se tomó el rendimiento promedio de las cruza simples probadas.

## INTRODUCCION

El maíz, es el cereales de mayor importancia en nuestro país, ya que básicamente constituye la fuente principal de alimentación de la población mexicana, y difícilmente puede ser reemplazado por otro cereal. Cabe señalar que desde la década de los setentas no somos autosuficientes en la producción de maíz, viéndonos en la necesidad de importar grandes cantidades año con año.

Ante tal necesidad se han desarrollado una gran cantidad de híbridos comerciales, que si bien han incrementado el rendimiento por hectárea, aún es necesario formar nuevos y mejores híbridos, por lo que se puede hacer de dos formas: Una es formando nuevos híbridos de poblaciones mejoradas; otra mejorando a los progenitores de híbridos ya existentes. Para esto último los fitomejoradores cuentan con las metodológicas adecuadas que pueden utilizar para el mejoramiento de líneas, que son, entre otras; la selección gamética, el mejoramiento convergente y el retrocruzamiento.

En la realización de éste trabajo, se utilizó el método de Retrocruzas, para el mejoramiento de 25 líneas elites, con relación a mayor resistencia al acame de raíz , acame de tallo, mayor resistencia del ataque de plagas y enfermedades y principalmente mayor rendimiento por unidad de área. Para lo cual se plantean los siguientes objetivos e hipótesis.

## **OBJETIVOS**

1.-Determinar la aptitud combinatoria de 25 líneas recobradas en RC<sub>4</sub> utilizando dos líneas puras como probadores.

2.-Comparar los híbridos simples formados a partir de las líneas restauradas Vs los testigos comerciales.

3.-Identificar a un grupo de líneas que crucen bien con uno y otro probador con la finalidad de predecir los mejores híbridos dobles y triples.

## **HIPOTESIS**

1.-Las líneas bajo evaluación, al menos una o algunas generaran combinaciones de alto rendimiento y características agronómicas deseables.

2.-Dentro de los híbridos formados con los materiales recuperados, al menos uno de ellos superara a los testigos comerciales.

3. -Dado que los probadores presentan heterosis entre si es posible predecir al menos un híbrido doble o triple donde intervengan las mejores líneas recobradas en cruza con los probadores.

## REVISION DE LITERATURA

### **Concepto de línea pura.**

Línea autofecundada, es una línea pura, originada generalmente por autopolinizaciones sucesivas y selección, hasta que se obtiene plantas aparentemente homocigotas, esto requiere de cinco a siete generaciones de autofecundación. El objetivo principal es el de fijar genes favorables, aunque pierde vigor, pero este se recupera en la primera cruce simple (Poehlman, 1979).

De La Loma (1979) dice que una línea pura es la población compuesta por la descendencia de uno o varios individuos de igual constitución genética, cuando todos los individuos tienen exactamente la misma composición genética que sus progenitores y son genéticamente idénticos entre sí. Esta identidad genética determina que todos los individuos pertenecientes a una línea pura tenga exactamente la misma potencialidad hereditaria y por lo tanto que sean exactamente iguales.

Para formación de buenas líneas autofecundadas, es necesario partir de poblaciones previamente seleccionadas en base a su amplia variabilidad genética.

Mayo (1980) define a la línea pura como el conjunto de individuos homocigotos en todos sus loci ordinariamente obtenidos por sucesivas autofecundaciones.

Stansfield (1978) menciona que una línea pura es un grupo de individuos con antecedentes genéticos similares, obtenido por autofecundación o apareamiento de individuos con parentesco cercano, lo que produce una población homocigota para casi todos sus loci.

### **Mejoramiento de líneas.**

Lonnquist **et al.** (1954) señalan que el desarrollo de mejores híbridos de maíz es dependiente de la formación de líneas superiores; el problema principal es localizar las fuentes adecuadas de germoplasma, además del complicado trabajo que representa la endocria de numerosas líneas para obtener solo algunas con las características buscadas.

Hallauer (1990) reporta que en 1936 en los Estados Unidos, el 98% de las líneas de maíz desarrolladas y liberadas por el Departamento de Agricultura fueron derivadas de variedades de polinización libre, mientras que solo el 2% fueron líneas recobradas de reciclaje de líneas. En 1960 la frecuencia de líneas recobradas de reciclaje se incremento a un 50%.

Brauer (1980) considera que en las plantas alogamas no se espera producir líneas homocigóticas para uso comercial, por que ordinariamente

estas son poco productivas y poco vigorosas, la evaluación de líneas se fundamenta principalmente en su calidad de progenitores de variedades híbridas.

Dudley (1988) propuso una teoría para la identificación de líneas o poblaciones útiles para el mejoramiento de cruza simple elites; la población donadora o línea endogámica deberá contener alelos favorables dominantes, no presentes en la cruce simple elite. Esta teoría provee información para la selección del mejor progenitor, ya sea una línea o una población donadora, la cual se cruzará con  $I_1$  o  $I_2$  (progenitores de La cruce simple elite), autofecundando en la  $F_2$  o retrocruzando antes de la autofecundación.

La obtención de líneas autofecundadas superiores, es necesario para que el Fitogenetista pueda mejorar los híbridos normalmente cultivados u obtener nuevos híbridos; se entiende entonces que para la obtención de nuevas líneas autofecundadas que involucre la autofecundación controlada y la selección, el Fitomejorador debe actuar con suficiente criterio para:

a) Seleccionar en cada generación las líneas que deben volverse a autofecundar.

b) Seleccionar dentro de las líneas convenientes las plantas que deben ser autofecundadas (Poehlman, 1983).

En los programas de mejoramiento genético en donde se generan híbridos para su explotación comercial, es cada día más común la recuperación

o mejora de progenitores de los híbridos que han manifestado su calidad agronómica. Todo ello debido a que económicamente y en función del tiempo, es relativamente factible trabajar con una línea de la que se conoce su respuesta agronómica así como, su capacidad de combinación y solo hay que corregir algún defecto, que, iniciar un programa para generar nuevas líneas.

Jugenheimer (1976) señala que los fitomejoradores han logrado mejorar líneas endocriadas que en  $S_2$  o generaciones mas avanzadas han mostrado mas vigor que las originales, haciendo posible con el uso de tales líneas obtener híbridos superiores; señalando que para el mejoramiento de las líneas puras establecidas se pueden utilizar la selección gamética, la retrocruza y el mejoramiento convergente.

Ruiz (1996) concluye que en términos generales los esquemas de mejoramiento en función a las ganancias reportadas para los diferentes caracteres evaluados quedaron clasificados de la siguiente manera: el método de Selección Gamética, es altamente eficiente para mejorar precocidad además de rendimiento; el método de Retrocruza, para mejorar rendimiento y el método de Pedigrí, capitalizó grandemente los efectos de mejoramiento para resistencia a características desfavorables.

Bustos (1990) mediante la realización de un trabajo, concluyo que varias líneas recobradas de  $AN_7$  cruzadas con un compuesto denominado "selección mazorca larga" (CIMMyT-Iowa). La cual combinada con las características de la



línea AN<sub>7</sub> se esperaba obtener líneas que reúnan las cualidades de ambos progenitores. Se pudo concluir que varias líneas recobradas en cruza con cada uno de los probadores fueron capaces de presentar mejor comportamiento agronómico que el híbrido comercial donde interviene la línea original.

González (1995) concluye que el mejoramiento de líneas progenitoras (elite) es una alternativa para solucionar los problemas que se presentan en la producción de semilla híbrida de maíz baja en rendimiento y características agronómicas indeseables, y facilitar el mantenimiento y la multiplicación de las líneas, reduciendo el tiempo en la generación de nuevos híbridos y aumentando la probabilidad de éxito.

### **Selección Gamética.**

Stadler (1944) propuso este método de hibridación para la identificación de líneas de alta aptitud combinatoria específica desde el principio del proceso de autofecundación mencionando éste último que lo que se busca en la hibridación no son gametos superiores, sino líneas superiores, y que sean superiores no solo en recombinaciones híbridas con líneas elite, sino con líneas derivadas de poblaciones en la que se está interesado.

Chávez y López (1987) mencionan que el método de selección gamética, consiste en cruzar líneas elite deficiente en alguna característica deseable, con una muestra de polen tomada al azar de una variedad de polinización libre (donador), poseedora en alta proporción de las características

faltante en la línea elite. Después de la cruce las plantas  $F_1$  obtenidas en este cruzamiento (variedad-línea pura), se autofecunda y se cruza con un probador adecuado para medir la aptitud combinatoria del grupo de líneas autofecundadas. Las plantas  $F_1$  cuyo comportamiento en el cruzamiento de ensayo indican que han recibido un gameto superior de la variedad de polinización libre, se continúan autofecundando partiendo de la semilla remanente obtenida por la primera autofecundación.

Estos mismos mencionan que la selección gamética se considera eficiente para muestrear materiales exóticos (introducidos) mal adaptados, los cuales pueden tener gametos superiores. También propusieron que podían usarse para seleccionar gametos de fuentes tales como variedades sintéticas, híbridos y líneas puras.

Márquez (1988) menciona que la selección gamética consiste en la cruce de una línea élite por la fuente de gametos, esto se hace utilizando la línea como hembra y la fuente como macho. Se usa una muestra al azar de polen de la fuente y dado que la línea es endogámica las diferencias entre las plantas  $F_1$  que se obtengan se deberán exclusivamente a las diferencias entre el contenido gamético de los granos de polen, es decir a los gametos. Las plantas  $F_1$  se autofecundan (con la esperanza de incorporar el gameto sobresaliente) y se cruzan simultáneamente con un probador adecuado.

Lonnquist y MacGill (1954) utilizaron la selección de gametos como medio para obtener mejores líneas endocriadas para combinaciones específicas.

### **Mejoramiento Convergente.**

Sirve para mejorar líneas progenitoras de híbridos que presentan alguna deficiencia, pero sin modificar su aptitud combinatoria.

En ocasiones, para la producción de semilla de cruza simples, algunas o las dos líneas si bien presentan una alta ACE, su capacidad productiva o bien su aspecto y vigor generales no son del todo deseables. Es necesario por lo tanto mejorar o mejorarlas como tales, *Per se*, a fin de elevar su productividad y mejorar su apariencia general (Márquez, 1988.)

Richey (1927) propuso este método como un procedimiento de prueba para la explicación Mendeliana de vigor híbrido e incrementar la producción de líneas *per-se* sin interferir en la combinación híbrida. El método convergente utiliza la retrocruza hacia los dos progenitores para mejorar las características de ambas líneas de una cruza deseada, consiste en retrocruzar la  $F_1$  hacia ambos progenitores en varias generaciones, que dan como resultado una progenie en apariencia semejante al progenitor recurrente. Con esta metodología se integra el vigor.

Murphy (1942) menciona que fué posible por el mejoramiento convergente formar líneas superiores recobradas en vigor, en resistencia a tizones y sanidad de mazorca, donde las líneas originales carecían de estas características.

### **Retrocruzas.**

Este método fue propuesto por Harlan y Pope (1922) para plantas autógamias pero en la actualidad se usa también para las alogamas. Menciona también que el método de retrocruzas consiste en cruzar la progenie de un cruzamiento con uno de los progenitores y se usa en la mayoría de los casos, para transferir genes deseables de uno de los progenitores hacia el otro; El proceso consiste en hacer un cruzamiento inicial entre dos individuos con los que se desea encontrar una complementación hacia los objetivos específicos, como el caso de transferir resistencia a enfermedades, plagas y/o características agronómicas deseables.

Jugenheimer (1976) dice que el término de retrocruza involucra el uso de los progenitores como la parte paterna constante (recurrente) y la parte materna (no recurrente), en una serie de cruzas con su progenie.

Con la retrocruza se busca transferir uno o pocos caracteres incluidos en uno de los progenitores, al otro sin causar cambios en genotipo de este último, exceptuando el carácter que se desea incorporar (Watkins, 1960).

El retrocruzamiento introduce caracteres mejorados en la línea pura y proporciona un método sistemático para mejorar la línea paso a paso. El método requiere de la elección cuidadosa del progenitor no recurrente, necesita de una población de tamaño suficiente para mantener la segregación de tipo deseado, y el ligamiento puede obstaculizar el éxito del método.

Chávez (1995) menciona que la retrocruza se considera como un método para desarrollar líneas homocigotas. Uno de los objetivos principales de la retrocruza es transferir genes de resistencia a enfermedades, provenientes de genotipos inferiores resistentes, a genotipos superiores susceptibles. Propone que, para la realización de este método se deben satisfacer tres condiciones:

- a) Selección del padre recurrente y padre donador
- b) Conservación del carácter por transferir.
- c) Suficiente número de retrocruzas.

Márquez (1988) menciona que este método de mejoramiento se utiliza como tal cuando se pretende incorporar a una variedad ya establecida una característica deseable que, obviamente carece de ella. Lo más común es incorporar características de resistencia a factores adversos o bien algunos caracteres de importancia cuanti o cualitativos como color de grano, porcentaje de proteína, etc. Cuando el progenitor recurrente es homocigótico la endogamia se recobra rápidamente, por lo tanto, cuando se usa la retrocruza, generalmente no se va más allá de 2 ó 3 generaciones de retrocruzamiento.

De hecho, el "mejoramiento" es la recuperación del genotipo de la línea o progenitor recurrente, y se va logrando a través de los sucesivos retrocruzamientos pues esto tiene por objeto recuperar o recobrar genes de dicha línea.

Márquez (1993) además proporciona una modificación al método de retrocruzas, la cual consiste en retrocruzar la  $F_1$  hacia ambos padres recurrente y donador, si la cruce hacia el padre recurrente no es efectiva puede ser cruzada hacia el progenitor donante y después hacia el progenitor recurrente, siendo una cruce entre retrocruzas, el promedio genético de la cruce  $F_1$  se incrementa cuando avanzan las generaciones de las retrocruzas.

Robles (1985) menciona que el método de retrocruzas ha sido utilizado en Maíz para mejorar líneas resistentes al acame, enfermedades y precocidad.

Jugenheimer (1976) describe a la retrocruza, como el cruzamiento de un híbrido con uno de sus progenitores y señala que este método es particularmente útil para transferir uno o dos caracteres heredados en forma simple del progenitor no recurrente, que es el contribuyente de los factores deseados al progenitor recurrente, el cual es una línea satisfactoria en la mayoría de los caracteres, pero deficiente en uno o pocos entre otros, a continuación se practica la autofecundación para fijar el genotipo dominante.

Springfield (1951) señala que el retrocruzamiento proporciona una segregación genética restringida, porque:

Los genes en la progenie retrocruzada provienen predominantemente del progenitor recurrente.

Los genes aportados exclusivamente por el progenitor recurrente llega a fijarse como alelos homocigotes (pares idénticos); en una proporción de 50 % mas o menos en cada retrocruzamiento sucesivo.

Los genes aportados exclusivamente por el progenitor no recurrente nunca se fijan como alelos homocigotes y se eliminan en un 50 % mas o menos, en cada cruzamiento.

Melchinger **et al.** (1988) señalan que dos líneas homocigotas ( $P_1$  y  $P_2$ ) fueron cruzadas y su  $F_1$  retrocruzadas hacia su progenitor materno y paterno en dos generaciones de retrocruzadas y la  $F_1$  fue autofecundada, las cuales fueron cruzadas con un probador no emparentado (cruza simple), las cuales fueron evaluadas para el rendimiento en grano, producción de forraje y acame de tallo, siendo la retrocruza mejores que las líneas originales, siendo la  $RC_1$  mejor para las variables estudiadas.

Poelhman (1965) indicó que el mejoramiento, por retrocruzamiento resulta fácil, cuando el carácter que se va a incorporar es de herencia simple, dominante y fácil determinación visual. En otras palabras es un método apropiado para efectuar la sustitución de un pequeño número de genes necesarios para el aumento de la utilidad de materiales sobresalientes, sin el

riesgo de desequilibrar la existencia de combinación de genes favorables que los hace destacar en muchas características.

Ruiz (1996) menciona en su trabajo que dentro de los híbridos experimentales evaluados, el más sobresaliente fué el formado con línea recobrada 255-18-19N-20-3-1 x P<sub>1</sub>, el cual presentó una altura de planta y mazorca favorable, adecuada sanidad de grano, así como precocidad, mostrando un rendimiento también muy alto; el esquema de mejoramiento utilizado para recobrar este material fue el de Retrocruzas.

### **Probadores.**

En todo programa de hibridación existe una etapa que consiste en la evaluación de líneas que produzcan buenas combinaciones híbridas, en éste momento es preciso determinar que tipo de probador utilizar para lograr una efectiva selección de líneas prometedoras (Cedillo, 1985).

Chávez y López (1987), define un probador como cualquier material genético (línea, variedad, híbrido, etc.) que permite medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas autofecundadas con el cual se cruza.

Línea probadora: es la línea que sirve para probar las características hereditarias de otras, su constitución genética debe ser tal que no encubra los caracteres de prueba.



*Top-cross* (mestizo), cuando el probador usado es un material de amplia base genética, como poblaciones heterocigotas, sintéticos y cruza dobles.

*Test-cross* (cruza de prueba), cuando el probador usado es un material de reducida base genética como una línea, o una cruza simple.

Pese, a que tipo de probador es el mejor, es aún motivo de controversia. A continuación se presentan algunas definiciones sobre el cuál es el mejor probador.

López (1986) concluye que el mejor probador debe de ser una línea no emparentada con las líneas bajo selección.

Hallauer (1975) concluyó que en general un probador adecuado debe incluir simplicidad en el uso, que aporte información que clasifique correctamente el mérito relativo de las líneas y maximice la ganancia genética.

Allison y Curnow (1966) afirman que los mejores probadores son aquellos que maximizan la esperanza de la media de rendimiento de la población que resulta de la recombinación de genotipo seleccionados.

Matzinger (1953) menciona que el mejor probador es aquel que se puede usar fácilmente y con el cual se obtiene la máxima información del material evaluado.

Rawlings y Thompson (1962) dicen que el mejor probador es aquel que clasifica y elimina adecuadamente el material en evaluación.

Lonnquist propuso como probador para ACG a la variedad original de donde se han derivado las líneas.

Hull (1947) declaró que teóricamente el probador más eficiente será aquel que es homocigoto recesivo en todos los loci y que la homocigocidad para alelos dominantes en cualquier locus debe ser evitado.

Jungenheimer (1981) indica que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para determinar cuáles líneas combinaron bien con muchas otras líneas debido a su heterogeneidad, las variedades de polinización libre y los sintéticos generalmente se usan para determinar la habilidad combinatoria general.

Hiorth (1985) considera que los tipos de probadores pueden ser: el material emparentado con las líneas bajo estudio, línea endocriada, cruza simple, cruza doble, variedad de polinización libre, variedad sintética, poblaciones mejoradas, etc. Sin embargo, el uso de probadores emparentados con las líneas a evaluar es eficiente pero no constituyen pruebas definitivas. Los probadores heterogéneos como cruza dobles y variedades de polinización libre pueden mejorar el rendimiento *Per se* y de las cruza, de las líneas evaluadas,

aunque estos por lo general son menos eficientes que las líneas homocigotas y las cruzas simples cuando se usan como probadores.

Cedillo (1985) confirmó que un buen probador resultó ser una cruz simple  $AN_2 \times AN_1$  para Trópico Seco, dada su buena aptitud para clasificar adecuadamente las líneas, dada por la variación mostrada en sus cruzas de prueba para la mayoría de caracteres agronómicos.

Romero (1996) en su trabajo realizado, concluyó que el probador de reducida base genética resultó ser el más adecuado en la discriminación y la clasificación de las líneas para el carácter de rendimiento.

### **Evaluación de líneas.**

Desde que Shull y East (1908) sugirieron utilizar híbridos en escala comercial, se han obtenido millones de líneas autofecundadas; sin embargo, muy pocas de ellas han sido sobresalientes para intervenir como progenitoras de híbridos.

Debido a que la evaluación y selección de líneas es la etapa más importante en un programa de mejoramiento de plantas, se han tratado de implementar métodos simples e indirectos de evaluación de líneas, que permite detectar las más sobresalientes. Fue así como Sprague y Tatum (1942), definieron las pruebas de aptitud combinatoria general ACG y aptitud

combinatoria específica ACE. Estas pruebas nos permiten evaluar y detectar las líneas prometedoras.

Chávez y López (1987) consideran que el problema no es la obtención de líneas de determinado cultivo alógamo sino la evaluación y selección de las más sobresalientes. Entre los métodos de evaluación más comúnmente usados se encuentran los siguientes.

Evaluación *Per-se*. Este método de evaluación se puede considerar como el más práctico y económico; sin embargo, la apariencia fenotípica de las líneas no indica su valor genético,

Cruzas posibles (dialélico). Este método teóricamente es el mejor para evaluar líneas; sin embargo, muchas veces resulta imposible, cuando se tiene una gran cantidad de líneas, por evaluar, siendo eficaz cuando se trabaja con pocas líneas.

Aptitud Combinatoria: es la capacidad de una línea para combinarse y transmitir caracteres favorables, como rendimiento a su descendencia híbrida (Poehlman, 1979).

Los términos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE), donde la ACG es usada para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y el término ACE se designa a aquellos casos

en que ciertas combinaciones son relativamente mejores que otras sobre la base del comportamiento promedio de las cruzas involucradas fueron propuestas por Sprague y Tatum, (1942).

La ACG es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La ACG nos proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. Debido a su heterogeneidad, las variedades de polinización y los sintéticos generalmente se usan para determinar la ACG.

Williams (1965) define a los términos de ACG y ACE; como ACG, el comportamiento medio de un consanguíneo en todas las combinaciones híbridas en que es objeto de prueba. ACE, el comportamiento ante un determinado cruzamiento en particular.

Poehlman (1987) considera que la capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce como Aptitud Combinatoria, siendo el comportamiento medio de una determinada línea la Aptitud Combinatoria General (ACG), mientras que el comportamiento de una combinación de dos líneas específicas en una determinada crusa se denomina Aptitud Combinatoria Especifica (ACE.)

Jugenheimer (1981) señala que la ACG proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas.

Al respecto Castro (1974) señala que la ACG es la que una línea hereda a sus progenitores en promedio de muchas cruzas. La aptitud combinatoria en su definición mas precisa, se refiere al efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, pero medida como desviación de la media general.

Sprague y Tatum (1942) definieron también el tipo de acción génica que opera en líneas previamente seleccionadas y sin seleccionar por aptitud combinatoria, y encontraron que la ACG fue relativamente más importante que ACE en líneas sin seleccionar y lo inverso ocurrió con líneas seleccionadas, también supusieron que ACE dependía de la dominancia, epistasis e interacción genotipo-ambiente.

Hull (1945) llegó a considerar los efectos de sobredominancia eran más importantes que los efectos aditivos en la expresión de la heterosis, por lo que concluyó que los probadores de base genética estrecha (líneas), eran más efectivos en el mejoramiento del maíz, que los probadores de amplia base genética (poblaciones).

Los progenitores femeninos de cruzas simples constituyen excelentes probadores para determinar la ACE de cruzas de tres elementos. Las líneas probadoras se usan para cruzas simples (Jugenheimer, 1981).

Márquez (1988) menciona que una vez que se llegó al nivel de homocigosidad deseado, tiene la prueba de ACE. Esta consiste en determinar cuáles son los pares de líneas, de todos los posibles, que producen los híbridos  $F_1$  de más alto rendimiento.

Chávez (1995) menciona que la ACE, corresponde a la desviación o sesgo del comportamiento predicho con base en la aptitud combinatoria general. Y mientras la ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, la cuantía de los efectos de genes aditivos. La ACE, estima los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes de acción de dominancia, epistasis e interacción, etc.

Ríos (1997) concluyó que la evaluación de líneas por medio de cruzas de prueba utilizando cuatro probadores de reducida base genética, en tres ambientes contrastantes y la gran variabilidad genética de las líneas evaluadas permitió la selección de las mejores líneas para cada ambiente de evaluación y en forma combinada, que por medio de sus cruzas de prueba exhibieron los mejores rendimientos, atributos agronómicos y buena aptitud combinatoria general y específica.

Zambezi **et al.** (1986) en su trabajo realizado para probar la habilidad combinatoria, utilizando líneas puras como probadores, indican que aun cuando las líneas han sido usadas exitosamente para la detección de la habilidad combinatoria general en maíz, no han sido aceptadas como los probadores de amplia base genética para este propósito. Sin embargo, en sus resultados encontraron que las líneas puras como probadores, pueden ser usadas de manera efectiva para detectar tanto la ACG como ACE. Concluyendo a la vez tener dos razones prácticas para preferir líneas puras como probadores (estrecha base) en lugar de probadores de amplia base; la primera, errores muestrales pueden ocurrir con probadores heterogéneos; la segunda, utilizando una línea pura (o cruza simple) como probador pueden permitir la rápida utilización de nuevas líneas en híbridos comerciales, especialmente si el probador se usa ya en forma comercial.



## MATERIALES Y METODOS

### Material genético.

El material genético utilizado en el presente trabajo es procedente del programa de mejoramiento genético de maíz en el Trópico Húmedo de México del Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El cual incluye 25 líneas recobradas en retrocruza cuatro, incorporándose características tales como resistencia al acame de raíz, acame de tallo, mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades y principalmente mayor rendimiento por unidad de área; cruzadas con dos probadores (líneas puras). En el cuadro 3.1 se muestran los tratamientos y orígenes de las líneas y probadores que fueron utilizados, además se incluyen los testigos.

Cuadro 3.1 de tratamientos y orígenes.

Tratamiento.	Probador.	Origen.
1	1	8717 x 9801
2	2	8717 x 9802
3	1	8718 x 9801
4	2	8718 x 9802
5	1	8719 x 9801
6	2	8719 x 9802
7	1	8721 x 9801
8	2	8721 x 9802
9	1	8722 x 9801
10	2	8722 x 9802
11	1	8724 x 9801
12	2	8724 x 9802
13	1	8809 x 9801
14	2	8809 x 9802
15	1	8811 x 9801
16	2	8811 x 9802
17	1	8813 x 9801

Continuación.....cuadro 3.1

18	2	8813 x 9802
19	1	8904 x 9801
20	2	8904 x 9802
21	1	8905 x 9801
22	2	8905 x 9802
23	1	8906 x 9801
24	2	8906 x 9802
25	1	8907 x 9801
26	2	8907 x 9802
27	1	8913 x 9801
28	2	8913 x 9802
29	1	9002 x 9801
30	2	9002 x 9802
31	1	9003 x 9801
32	2	9003 x 9802
33	1	9005 x 9801
34	2	9005 x 9802
35	1	9009 x 9801
36	2	9009 x 9802
37	1	9012 x 9801
38	2	9012 x 9802
39	1	9020 x 9801
40	2	9020 x 9802
41	1	9021 x 9801
42	2	9021 x 9802
43	1	9022 x 9801
44	2	9022 x 9802
45	1	9023 x 9801
46	2	9023 x 9802
47	1	9024 x 9801
48	2	9024 x 9802
49	1	9025 x 9801
50	2	9025 x 9802
51		D-880
52		US-536
53		B-810
54		H-507

### **Desarrollo del trabajo.**

Este programa de mejoramiento empieza en 1991A, al cruzar 25 líneas élites con un donador para transferirles las características agronómicas deseables a dichas líneas. A través de las cuales con una serie de retrocruzamientos en los siguientes años; se obtuvo la retrocruza uno en 1991B, al cruzar la  $F_1$  con el progenitor recurrente en este caso cada una de las líneas, la retrocruza dos en 1992A, en 1996A el retrocruzamiento tres y en 1997A el retrocruzamiento cuatro.

A partir de la  $RC_4$ , en 1998A las líneas recobradas se cruzaron con los probadores, para posteriormente sembrar su semilla en dos localidades del Trópico Húmedo para su evaluación: en Ursulo Galvan Ver. y Carretas, Ver.

### **Descripción del área de estudio.**

Las características geográficas y climáticas de las localidades donde se realizó el experimento se presentan en el cuadro 3.2

#### **Villa Ursulo Galvan, Ver.**

La localidad esta situada en la zona central costera del Estado, donde limita con los municipios de Actopán, Puente Nacional, José Cardel, La Antigua y con el Golfo de México, ocupando una extensión de 149.70 Km<sup>2</sup>.

Esta zona experimental presenta suelos de tipo Feozem y Vertisol, el primero consta de una capa oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, el segundo presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía; son suelos duros, arcillosos y masivos, con tonalidades grises y rojizas,

su vegetación es de tipo bosque alto o mediano tropical perennifolio. En ésta área se cultiva el maíz, frijol, chile, caña de azúcar, papaya y mango.

### **Carretas, Ver.**

Esta región se encuentra situada en la parte central del Estado, limitando con los municipios de Puente Nacional, La Antigua, Veracruz, Soledad de Doblado y Manlio Fabio Altamirano.

El área cuenta con un tipo de suelo Cambisol y Vertisol, en el primero existen algunas irregularidades de barrancas y lomeríos; presenta una capa de suelo de roca y es de moderada a alta erosión. Se encuentra vegetación de tipo selva baja caducifolia y vegetación secundaria, se siembran cultivos anuales y algunos frutales.

Cuadro 3.2 de las características geográficas y climáticas de las localidades donde se llevo a cabo el experimentos.

LOCALIDAD	UBICACIÓN			PRECIPITACION m/año (mm)	TEMPERATURA MEDIA (°C)
	LAT. (N)	LONG. (W)	ALT. MSNM		
URSULO GALVAN	19°23'	96°23'	29	1296	32.5
CARRETAS	19°22'	96°25'	129	979.3	26.5

### **Características Experimentales.**

Las características experimentales realizadas en cada localidad se presentan en el cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Característica de la unidad experimental.

CARACTERISTICAS	V.U.GALVAN	CARRETAS
Fecha de siembra	22-Junio-1998	26-jun-1998
N <sub>o</sub> de tratamientos	108	108
N <sub>o</sub> de repeticiones	2	2

N <sub>o</sub> de surcos/parcela	2	2
Longitud de surco (m)	4.62	4.62
Distancia entre surcos (m)	0.90	0.90
Distancia entre plantas (m)	0.22	0.22
Matas/surco	21	21
Sembradas	2	2
Aclarar	1	1
Área de la parcela exp.(m)	8.31	8.31
Area de la parcela útil	7.92	7.92
Densidad de pob. (plan./Ha)	47,979	47,979
Dosis de fertilización	130-100-30	130-100-30

### Trabajo de campo.

Las labores de preparación del terreno que se realizaron en las dos localidades, fueron las que normalmente se realizan en los cultivos, como son: barbecho, rastra y surcado.

### Siembra

La siembra fue realizada manualmente, depositando dos semillas por golpe, donde posteriormente se aclaro, dejando una sola planta.

### Fertilización

La dosificación de fertilizante utilizada se aplico en dos tiempos, una al momento de la siembra, aplicando el 50 % de nitrógeno y todo el fósforo y potasio, el resto del nitrógeno fue proporcionado cuando se realizó el segundo cultivo.

### Labores de cultivo y combate de plagas

Las labores de cultivo y el combate de plagas, se llevaron acabo durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, teniendo prioridad durante las primeras etapas de desarrollo y crecimiento del cultivo, de tal manera que no interfirieran en las características experimentales.

### **Toma de datos.**

Altura de planta.

Consiste en medir a las plantas desde su base, hasta la hoja bandera. Tomando como promedio 10 plantas al azar de cada parcela.

Altura de mazorca

Es la distancia en centímetros, de la base de las plantas hasta el nudo donde se encuentra insertada la mazorca principal. Tomando como promedio 10 plantas al azar de cada parcela.

Acame de raíz

Este dato considera al numero de plantas que se encuentran totalmente acamadas, considerando como acamadas aquellas plantas que presentan una inclinación con un ángulo mayor de  $30^{\circ}$  con respecto a la vertical, expresando su valor en por ciento.

Acame de tallo

Se toma el número de plantas de cada parcela en donde el tallo se encontraba quebrado por debajo de su mazorca principal.

#### Mazorcas podridas

Se considera mazorcas podridas aquellas que presentan más del 10 % de granos afectados.

#### Mala cobertura

Este dato se toma antes de realizar la cosecha, considerando una mazorca con mala cobertura, cuando la cubierta del totomoxtle no alcanza a cubrir el total de la mazorca, también transformada en por ciento con relación al total de mazorcas cosechadas.

#### Número de plantas cosechadas

Total de plantas cosechadas en la parcela experimental útil al momento de la cosecha.

#### Número de mazorcas cosechadas

Dato correspondiente al total de mazorcas cosechadas dentro de cada parcela útil, utilizándose como un fiel indicador de la prolificidad de los materiales.

#### Mazorcas por cien plantas

Cantidad de mazorcas que proporcionan cien plantas en base a las plantas y mazorcas cosechadas dentro de la parcela la cual se obtiene con la siguiente formula.

$$\text{Mazorcas por cien plantas} = \frac{\text{No. de Mazorcas Cosechadas}}{\text{No.de plantas cosechadas}} \times 100$$

#### Rendimiento de grano en mazorca

Se pesó el total de mazorcas por parcela; con éste dato se obtiene el rendimiento por parcela útil, de esta se toma una muestra de 250 gr. Representativa de todas las mazorcas cosechadas en cada tratamiento, con esta muestra se determina el porcentaje de humedad mediante un aparato marca Diuly Jhons, de esta forma se obtiene la materia seca con el cual se transforma a rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.

### **Análisis Estadístico.**

#### **Análisis de covarianza**

Antes de realizar los análisis de varianza combinados, se consideró necesario efectuar un análisis de covarianza. El cual se maneja como variable independiente el número de plantas cosechadas y variable dependiente el peso seco de parcela experimental. Se considero conveniente debido al diferente número de plantas cosechadas por unidad experimental. El cuadro 3.4 muestra



el formato para el análisis de covarianza para una distribución en bloques al azar.

El análisis de covarianza en un diseño bloques al azar, se realizó bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + r_j + \beta(X_{ij} - X_{..}) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta (peso seco)

$\mu$  = Efecto de la media general

$t_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$r_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición

$\beta$  = Coeficiente de regresión del error  $Y$  en  $X$

$X_{ij}$  = Número de plantas del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición

$X_{..}$  = Media general del número de plantas cosechadas

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

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

$j = 1, 2, \dots, r$  (repetición)

Una vez obtenidos los resultados del análisis de covarianza, se estimó el coeficiente de regresión ( $\beta$ ) mediante la siguiente ecuación.

$$\beta = \frac{\sum xye}{\sum x^2e}$$

Donde:

$\sum xye$  = Suma de productos de xy del error

$\sum x^2e$  = Suma de producto de x del error

Cuadro 3.4 Formato para el análisis de covarianza para una distribución en bloques al azar.

FV	GL	SCX	$\Sigma XY$	SCY	GL	SCY	CM
Repetición	(r-1)	X <sup>2</sup> Rep.	XY Rep.	Y <sup>2</sup> Rep.			
Tratamiento	(t-1)	X <sup>2</sup> Trat.	XY Trat.	Y <sup>2</sup> Trat.			
Error	(t-1) (r-1)	X <sup>2</sup> Error	XY Error	Y <sup>2</sup> Error	(t-1) (r-1) - 1	Y <sup>2</sup> Error	S <sup>2</sup> XY
Total	(tr-1)	X <sup>2</sup> Tot.	XY Tot.	Y <sup>2</sup> Tot.			
T + E	r(t-1)	X <sup>2</sup> TE	XY TE	Y <sup>2</sup> TE	r(t-1) - 1 TE		
	Tratamientos	ajustados			t - 1	SCT	CM

A partir del coeficiente de regresión ( $\beta$ ) calculado, se realizó el ajuste del peso seco por parcela, utilizando la fórmula siguiente.

$$\hat{Y}_{ij} = Y_{ij} - \beta(X_{ij} - \bar{X}_{..})$$

Donde:

$\hat{Y}_{ij}$  = *Peso seco ajustado por regresión del i – ésimo tratamiento en la j – ésima repetición*

$Y_{ij}$  = *Peso seco observado del i – ésimo tratamiento de la j – ésima repetición*

$\beta$  = *Coefficiente de regresión*

$X_{ij}$  = *Número de plantas del i – ésimo tratamiento de la j – ésima repetición*

$\bar{X}_{..}$  = *Media general del total de plantas cosechadas*

Al ser ajustado el peso seco por regresión, este se multiplica por un factor de conversión. Para estimar el rendimiento de mazorcas en toneladas por hectárea al 15.5% de humedad de todos los tratamientos, cuya fórmula es la siguiente.

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

F.c. = Factor de conversión expresado en ton/ha al 15.5% de humedad.

10,000 m<sup>2</sup> = Corresponde a la superficie que ocupa una hectárea

A.P.U = Área de parcela útil, producto obtenido al multiplicar la distancia entre surcos por la distancia entre matas y el número de surcos por el número de matas

0.845 = Constante para obtener al 15.5% de húmeda

1000 = Expresado en Kg. Equivalente a una Tonelada, para convertir toneladas por hectárea.

Dentro del análisis de varianza combinado, las variables agronómicas expresadas en por ciento, y debido a que no tienen distribución normal, los datos fueron transformados mediante la fórmula de Arco Seno, que se muestra a continuación.

$$\hat{Y}_{ij} = \text{Sen}^{-1} \sqrt{\frac{X_{ij}}{100} + 0.005}$$

Donde:

$\hat{Y}_{ij}$  = Valor transformado

$\text{Sen}^{-1}$  = Función

$X_{ij}$  = Porcentaje de la variable que se requiere transformar

100 y 0.005 = Constante

Análisis de Varianza Combinado a través de localidades.

Para la evaluación de las variables agronómicas bajo estudio, se llevo a cabo un análisis de varianza combinado por localidades; utilizando el diseño experimental de bloques al azar. El formato se muestra en el cuadro 3.5 Analizando las características de Altura de planta, Altura de mazorca, Mala cobertura, Plantas con *Fusarium spp*, Mazorcas podridas y Mazorcas por cien plantas; bajo el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_i + \beta_j(k) + \gamma_k + \lambda\gamma_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

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

$\mu$  = Efecto de la media general

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

$\lambda_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\gamma_k$  = Efecto de la k-ésima localidad

$\lambda\gamma_{ik}$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y la k-ésima localidad

$\epsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental

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

$j = 1, 2, \dots, r$  (repetición)

$k = 1, 2, \dots, k$  (localidad)

Cuadro 3.5 Formato de ANVA combinado por localidad para una distribución de bloques al azar.

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>
<i>Localidad</i>	$(L-1)$	$\frac{\Sigma Y..k^2}{tr} - FC$	$\frac{SCL}{GLl}$	$\frac{CML}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Re p./ Loc.</i>	$(r-1)l$	$\frac{\Sigma Y.jk^2}{t} - FC^1$	$\frac{SCr/l}{GLr/l}$	$\frac{CMr/l}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Tratamiento</i>	$(t-1)$	$\frac{\Sigma Yi..^2}{rl} - FC$	$\frac{SCt}{GLt}$	$\frac{CMt}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Trat. x Loc.</i>	$(t-1)(L-1)$	$\frac{\Sigma \Sigma i.k^2}{r} + FC - SCt - SCL$	$\frac{SCt(L)}{GLt(L)}$	$\frac{CMt(L)}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Error Exp.</i>	$(t-1)(r-1)L$	$SCt - (SCt + SCL - SCt(L))$	$\frac{SC\epsilon\epsilon}{GL\epsilon\epsilon}$	
<i>Total</i>	$(trL-1)$	$\Sigma Yijk^2 - FC$		

$$\text{Donde: } FC = \frac{Y...^2}{rtl} \quad FC^1 = \frac{Y..k^2}{rt}$$

Análisis de varianza combinado a través de probadores.

Además, se realizó otro análisis combinado en el cual se estimó otra fuente de variación denominada probadores. Evaluándose solo las características de Acame de raíz, Acame de tallo y el Rendimiento, el cual cuenta con el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta_j(kl) + \gamma_i(k) + \alpha\gamma_{li}(k) + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición del k-ésimo probador de la l-ésima localidad

$\mu$  = Efecto de la media general

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo probador

$\alpha\gamma_{ik}$  = Efecto de la interacción del k-ésimo probador por la l-ésima localidad

$\beta_j(kl)$  = Efecto de la j-ésima repetición dentro del k-ésimo probador por la l-ésima localidad

$\gamma_i(k)$  = Efecto de la interacción de la i-ésima línea por el k-ésimo probador

$\alpha\gamma_{li}(k)$  = Efecto de la interacción de la l-ésima localidad por el i-ésimo tratamiento, dentro del k-ésimo probador

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental

$i = 1, 2, \dots, t$  (líneas)

$j = 1, 2, \dots, r$  (repetición)



$k = 1, 2, \dots, k$  (probador)

$l = 1, 2, \dots, l$  (localidad)

Las formulas utilizadas en el ANVA de un diseño bloques al azar combinatorio por localidad y probadores se muestra en el cuadro 3.6

Cuadro 3.6 Formato para el análisis de varianza combinado por probadores en un diseño bloques al azar

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>
<i>Localidad</i>	$(L - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{...l}^2}{trk} - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl}$	$\frac{SCI}{GLI}$	$\frac{CMI}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Re p./ Loc.</i>	$(r - 1)l$	$\frac{\Sigma Y_{.j.l}^2}{tk} - \frac{\Sigma_{..}l^2}{trk}$	$\frac{SCr/l}{GLr/l}$	$\frac{CMr/l}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Línea</i>	$(t - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{i...}^2}{rkl} - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl}$	$\frac{SCi}{GLi}$	$\frac{CMI}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Probador</i>	$(P - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{.k.}^2}{trl} - \frac{\Sigma Y_{...}^2}{trkl}$	$\frac{SCK}{GLk}$	$\frac{CMk}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Loc. x Lín.</i>	$(L - 1)(t - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{i..l}^2}{rk} - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl} - (SCL + SCt)$	$\frac{SCL(t)}{GLL(t)}$	$\frac{CML(t)}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Loc. x Prob.</i>	$(L - 1)(k - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{.kl}^2}{tr} - \frac{\Sigma Y_{...}^2}{trkl} - (SCL + SCK)$	$\frac{SCL(k)}{GLL(k)}$	$\frac{CML(k)}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Línea x Prob.</i>	$(t - 1)(k - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{i.k.}^2}{rl} - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl} - (SCt + SCK)$	$\frac{SCt(k)}{GLt(k)}$	$\frac{CMT(k)}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Loc. x Lín. x Prob.</i>	$(L - 1)(t - 1)(k - 1)$	$\frac{\Sigma Y_{i.kl}^2}{r} - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl} - SC(L + t + k + (L \times t) + (L \times k) + (t \times k))$	$\frac{SCL(t)(k)}{GLL(t)(k)}$	$\frac{CML(t)(k)}{CM\epsilon\epsilon}$
<i>Error Exp.</i>	$(Ltk - 1)(r - 1)$	$SCTot. - SC(L + t + k + (L \times t) + (L \times k) + (t \times k) + (L \times t \times k))$	$\frac{SC\epsilon\epsilon}{GL\epsilon\epsilon}$	
<i>Total</i>	$(trkl - 1)$	$\Sigma Y_{ijkl}^2 - \frac{\Sigma Y_{....}^2}{trkl}$		

Para determinar la confiabilidad de cada una de las características evaluadas, se procedió al cálculo del coeficiente de variación (CV), utilizando la siguiente ecuación.

$$CV = \sqrt{\frac{CM_{\varepsilon\varepsilon}}{\bar{X}}} \times 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

$CM_{\varepsilon\varepsilon}$  = Cuadrado medio del error experimental

X = Media general

100 = Constante para convertir a porcentaje.

Se hizo la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), para la comparación de las medias de los tratamientos y las localidades, para cada uno de los análisis de varianza, su estimación se realizó con la siguiente fórmula.

$$DMS = t_{\alpha 0.05 / 2 \text{ g.l } \varepsilon\varepsilon} \sqrt{\frac{2 CM_{\varepsilon\varepsilon}}{rl}}$$

Donde:

DMS = Diferencia mínima significativa

$t_{\alpha 0.05/2 \text{ g.l } \varepsilon\varepsilon}$  = Constante de tablas

$CM_{\varepsilon\varepsilon}$  = Cuadrado medio del error experimental

r = repeticiones

l = localidades

### **Estimación de la ACG.**

La estimación de la ACG se realiza, a través del promedio de la combinación de las líneas con los probadores, menos la media general, la formula es la siguiente propuesta por Singh y Chaudhary (1979.)

$$ACG = \frac{Y_{i...}}{rkl} - \frac{Y_{....}}{trkl}$$

Donde:

ACG = Aptitud Combinatoria General

$Y_{i...}$  = Sumatoria de líneas-i a través de repeticiones, de probadores y localidades

$Y_{....}$  = Sumatoria de todas las unidades experimentales.

t = Líneas

r = repeticiones

p = probador

l = localidad

Predicción del rendimiento ton/ha de Cruzas Dobles (CD) y Cruzas Triples (CT).

#### **Predicción de Híbridos Dobles (HD.)**

Se hará la predicción de los mejores híbridos dobles en base al mejor rendimiento que se obtenga de la combinación de las líneas recobradas con los probadores. Al tener conocimiento de que existe una excelente aptitud combinatoria específica entre los probadores utilizados, se seleccionaran las mejores cinco cruzas simples obtenidas con cada progenitor y se formaran todas las combinaciones posibles. A partir de las medias obtenidas en las cruzas simples, sus valores se sumaran y se dividirá entre dos para obtener un promedio de predicción del híbrido doble.

#### **Predicción de Híbridos Triples (HT.)**

En la predicción de los híbridos triples para rendimiento se hará en función de la combinación de una línea recobrada con dos probadores y de esta forma seleccionar el mejor híbrido triple. Lo anterior obedece a que ya se conoce que las cruza parental no probada presenta alto rendimiento, por lo tanto el rendimiento promedio sería el restante de las cruzas simples probadas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de varianza combinado a través de localidades.

En el cuadro 4.1 se muestra los cuadrados medios obtenidos dentro del análisis de varianza combinado, en el cual se reportan las características agronómicas de altura de planta, altura de mazorca, mala cobertura, mazorcas podridas, mazorcas con *Fusarium spp*, mazorcas por cien plantas y rendimiento, obteniéndose los siguientes resultados.

En la fuente de variación repeticiones dentro de localidades, no se encontraron diferencias significativas entre una repetición y otra, excepto para rendimiento en el cual se presento una alta significancia al uno por ciento de probabilidad. Para la variables agronómicas, donde no se presentaron diferencias significativas fué debido, a que se dio un manejo uniforme en cuanto a las prácticas culturales en todo el experimento, así mismo, la variación ambiental dentro del experimento se presento de igual forma de una repetición a otra, razón por la cual no se detectó diferencias entre repeticiones o bien el diseño experimental no fué suficientemente sensible para detectar las diferencias. Para la variable agronómica de rendimiento donde existe alta significancia, probablemente se debió, a la presencia de un mayor rendimiento

Cuadro 4.1 Concentración de los cuadrados medios, de algunas características agronómicas evaluadas en el análisis de varianza combinado, con sus respectivas significancia.

		ALTURA DE		MALA COB.	MAZ. POD.	FUS. MAZ.	MAZ. X 100 PLTS.	REND. TON/HA.
		PLANTA	MAZ.					
FV	GL							
LOCALIDAD	1	88208.375**	55520.227**	418.474**	44.409	5913.667**	21745.243**	611.185**
REP./LOC.	2	56.134	497.449	62.023	121.035	248.408	78.711	7.252**
TRATAMIENTOS	53	773.150**	600.436**	199.776**	61.481	281.107**	652.538**	2.344**
LOC. X TRATA.	53	286.488	229.755	80.805	48.719	113.268	393.063	1.014
ERROR	106	306.842	203.581	71.749	44.323	129.281	289.565	0.748
CV%		7.548	11.349	45.681	53.049	40.158	15.314	15.086

\*,\*\*, Significativo, altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

en una repetición que otra, o bien las condiciones ambientales donde se establecieron las repeticiones afectaron mas aun bloque que otro.

Para la fuente de variación localidades, se encontraron diferencias altamente significativas al uno por ciento de probabilidad, en base a las variables de altura de planta, altura de mazorca, mala cobertura, mazorcas con *Fusarium spp*, mazorcas por cien plantas y rendimiento. Para la variable de mazorcas podridas no se presentaron diferencias significativas. Como fué señalado en el apartado de materiales y métodos, las localidades donde se estableció el estudio presenta grandes diferencias como lo es el tipo de suelo, altitud, latitud, temperatura, precipitación estas diferencias ocasionan un comportamiento diferente en cada una de las variables bajo estudio por ejemplo: se tiene que la variable altura de planta (cuadro 4.2) de la localidad de Carretas, Ver. favoreció al mayor crecimiento de las plantas, con una media de 252.269 cm y Ursulo Galvan, Ver., con una media de 211.854 cm, esto probablemente es debido a la menor temperatura que se presenta en Carretas, Ver., las plantas retrasan su cambio de crecimiento vegetativo a reproductivo, razón por la cual alcanza mayor altura, sucediendo lo contrario en Ursulo Galvan, Ver., donde se diferencian mas rápidamente las estructuras reproductivas. Para la variable altura de mazorca, se tiene que la localidad de Carretas, Ver. , también se incremento la altura de mazorca con una media de 141.759 cm de manera significativa, que la de Ursulo Galvan, Ver., con una altura de mazorca de 109.694 cm. Razón por la cual, al tener mayor altura de planta, lógicamente se incrementa la altura de mazorca. Las pruebas de DMS, demuestran que en ambas variables, existe diferencia significativas, de una



Cuadro 4.2 Concentración de medias de las localidades con las características agronómicas evaluadas.

LOCALIDADES	ALTURA DE (cm)		MALA COB.	MAZ. POD.	FUS. MAZ.	MAZ. X 100 PLTS.	REND. TON/HA.
	PLANTA	MAZ.					
URSULO GALVAN, VER.	211.852	109.694	17.151	12.096	33.546	100.240	4.053
CARRETAS, VER.	252.269	141.759	19.935	13.003	23.081	120.231	7.417
DMS							
0.05	4.726	3.850	2.285	1.796	3.068	4.591	0.233
0.01	6.257	5.097	3.026	2.378	4.062	6.079	0.309

localidad a otra, al 0.05 y 0.01 de significancia. Para la variable de mala cobertura las medias de las localidades (cuadro 4.2) muestran que la localidad de Carretas, Ver., presentó una mayor mala cobertura de mazorca, con una media de 19.935 por ciento, no así, para Ursulo Galvan, Ver., donde fue menor con una media de 17.151 por ciento, una de las causas de estas características genéticas, fue debido al mayor crecimiento de la mazorca que se presentó en la localidad de Carretas, Ver. La DMS demuestra que si se presentaron diferencias significativas, para esta variable entre las localidades al 0.05 por ciento. Para la característica de mazorcas podridas no se detectaron diferencias significativas en el análisis de varianza; la media de la localidad de Carretas, Ver., es de 13.003 por ciento, presentando una ligera diferencia, con respecto a la de Ursulo Galvan, Ver., (cuadro 4.2) con una media de 12.096 por ciento, con lo cual indica que la incidencia de pudrición, se presentó casi con la misma intensidad en ambas localidades. Para la variable de mazorcas con *Fusarium spp* (cuadro 4.2) se encuentra una mayor presencia de esta enfermedad en la localidad de Ursulo Galvan, Ver., con una media de 33.546 por ciento, y la localidad de Carretas, Ver., presentó una media de 23.081 por ciento, indicando que las condiciones de Ursulo Galvan, Ver., le fueron favorecidas para su desarrollo, debido principalmente: a la alta humedad relativa, a la presencia del inóculo del patógeno, a la susceptibilidad de la planta hospedante y al daño mecánico de la planta por *Diatrea linolata* W. en el cual Cadena (1992), en su trabajo menciona que de 1800 muestreos realizados en plantas de maíz, encontró que el 81 por ciento de plantas fueron dañadas por el gusano barrenador del tallo, afectando más entre los entrenudos 3-5. Lo cual la

prueba de DMS reafirma esas diferencias significativas que presentan. Para la variable de mazorcas por cien plantas (cuadro 4.2) muestra que la localidad de Carretas, Ver. , presenta un 20 por ciento más de prolificidad de mazorcas con respecto a Ursulo Galvan, Ver. Este porcentaje de prolificidad mayor, se debió probablemente a que las condiciones ambientales, fueron favorables para que se presentará dicha prolificidad. Por lo tanto la prueba de DMS comprueba esa gran diferencia que existe entre las localidades. Para la variable agronómica de rendimiento, como se presenta en el Cuadro 4.2, la localidad de Carretas, Ver., se obtuvo un rendimiento de 7.417 ton/ha mucho mayor, que en la localidad de Ursulo Galvan, Ver., donde el rendimiento fue de 4.053 ton/ha, este excedente en el rendimiento se le atribuye principalmente a la mayor prolificidad de mazorcas, así como a su tamaño que se presento en Carretas, Ver., además de las diferencias ambientales que se mencionaron en un principio. La prueba de DMS, demuestra que estadísticamente si existen diferencias significativas al 0.05 y 0.01 respectivamente.

Para la fuente de variación tratamientos, se encontraron diferencias altamente significativas para las características agronómicas de altura de planta, altura de mazorca, mala cobertura, mazorcas con *Fusarium spp*, mazorcas por cien plantas y rendimiento al uno por ciento de probabilidad. La única característica, en la cual no se encontró diferencias significativas fue en mazorcas podridas. Esto indica, que al menos uno de los tratamientos, se comportaron de diferente manera, debido a la presencia de la variabilidad genética, para cada una de las características agronómicas evaluadas, esto

Cuadro 4.3 Concentración de medias de los tratamientos, analizando algunas características agronómicas donde se incluye los mejores y peores tratamientos, y los testigos.

TRAT.	ALTURA DE (cm.)		MALA COB.	MAZ. POD.	FUS. MAZ.	MAZ. X 100 PLTS.	REND. TON/HA.
	PLANTA	MAZ.					
42	268.750	157.500	17.025	12.458	28.805	126.518	7.200
22	243.750	123.750	14.138	12.905	27.142	114.833	7.183
28	266.250	133.750	21.535	22.623	27.630	119.225	6.873
46	232.500	123.750	13.133	9.858	25.518	122.589	6.770
6	228.750	132.500	23.772	6.428	48.095	117.267	6.698
43	251.250	135.000	18.205	9.258	16.983	129.527	6.625
4	213.750	113.750	28.083	15.825	44.630	122.899	6.543
12	216.250	123.750	10.865	10.362	31.413	122.855	6.478
18	231.250	133.000	13.778	13.730	25.612	104.203	6.443
7	237.500	133.750	23.827	19.068	33.978	134.444	6.415
54 (T)	278.750	178.750	11.785	10.848	31.200	104.673	6.205
52 (T)	233.750	133.750	9.403	14.045	29.163	104.469	5.395
51 (T)	220.000	120.000	9.520	15.268	24.840	91.241	4.985
53 (T)	246.250	138.750	17.610	20.795	38.583	108.889	4.800
9	223.750	127.500	13.700	14.995	47.647	115.305	4.255
38	215.000	123.750	25.918	17.580	35.520	94.206	4.120
34	233.750	133.750	6.203	9.630	22.205	96.845	4.100
DMS							
0.05	24.557	20.003	11.975	9.333	15.940	23.856	1.213
0.01	32.514	26.484	15.723	12.357	21.105	31.585	1.605
CV%	7.548	11.349	45.681	53.049	40.158	15.314	15.086

Testigos (T)

MEDIA: 5.735 Ton/Ha.

permitió realizar una selección de los genotipos. Cabe hacer mención que en esta fuente de variación, para fines de comparación entre cruza experimentales Vs testigos se elaboro el cuadro 4.3 donde se captan los mejores diez híbridos en base a rendimiento y otras características agronómicas: para la variable agronómica de altura de planta el tratamiento 4 resultó con una altura menor de 213.750 cm mientras que el tratamiento 42 resultó con una altura mayor de 268.750 cm, por otro lado el testigo comercial que corresponde al tratamiento 54 presento una altura de 278.750 cm mucho mayor que los cruzamientos experimentales, lo cual indica la variabilidad genética que existe. Esto mismo sucedió con la altura de mazorca, lógicamente que al tener efecto en la altura de planta, la altura de mazorca también sufre este efecto, ya que se encuentran correlacionadas. Para las pruebas de DMS, se observa que para las dos características agronómicas, se encuentran diferencias significativas, debido principalmente a la variabilidad genética de los tratamientos. Para la característica de mala cobertura, se muestra que los genotipos experimentales, son más afectados por esta característica genética que los testigos comerciales, mientras que el porcentaje mayor de mala cobertura lo muestra el tratamiento 4 con 28.083 por ciento, comparado con el testigo comercial 52 que presenta un porcentaje relativamente bajo de 9.403 por ciento, por lo que la prueba de DMS, dice, que si se detectaron diferencias mínimas significativas. La variable agronómica de mazorcas podridas, demuestra que estadísticamente todos o casi todos los tratamientos presentan similitud de daños, aparentemente en una misma frecuencia. La prueba de DMS no presenta diferencias significativas. Para la variable mazorcas con

*Fusarium spp* como se muestra en el cuadro 4.3, algunos cruzamientos experimentales, fueron afectados mas severamente por esta enfermedad que otros, esto es debido probablemente a que algunos genotipos presentaron mayor tolerancia que otros, no así, para testigos que el daño que se presentó fue estadísticamente igual, mientras que los cruzamientos experimentales presentaron daños que variaron en sus medias de 48.095 a 16.983 por ciento para los tratamientos 6 y 43 respectivamente, por lo que se observa que las diferencias en daño fue muy variable para los tratamientos. Por otro lado comparando el tratamiento 6 que presenta el mayor daño de *Fusarium spp* con una media de 48.095 por ciento, no fué tan determinante para el rendimiento, ya que supero a cualquiera de los testigos comerciales, aún cuando estos presentaron porcentajes de daño de *Fusarium spp* relativamente bajos, por ejemplo el tratamiento 51 que presentó una media de 24.840 por ciento de daño, no fue lo suficientemente capaz de superar a la media general de rendimiento; este fenómeno se explica por medio del ataque de este hongo en las diferentes etapas fenologicas, observando que el ataque en los cruzamientos experimentales se presentó después del llenado de grano en madurez fisiológica cuando el producto ya esta formado, mientras que en los testigos, se observa que el ataque fue antes del llenado de grano, resultando mazorcas con poco peso, debido a esto se perjudica el rendimiento. En cuanto a la prueba de DMS, se dieron diferencias mínimas significativas entre los tratamientos debido a las diferencias de daños. Para la variable de mazorcas por cien plantas, se observa que los genotipos evaluados, presentan algunos mayor porcentaje de prolificidad de mazorcas, alcanzando el tratamiento 7 una

media de 134.444 mazorcas por cien plantas cosechadas, seguido del tratamiento 42 con una media de 126.518 mazorcas por cien plantas cosechadas, mientras que el peor tratamiento no fue capaz de producir una mazorca por planta. Por otra parte los testigos comerciales muestran que cada planta al menos presenta una mazorca excepto el tratamiento 51 que no alcanza a producir una mazorca por planta presentando una media de 91.241 mazorcas por cien plantas cosechadas. Esto habla de la incorporación de buenas características genéticas en los cruzamientos experimentales. En cuanto a la prueba de DMS, se observaron diferencias mínimas significativas entre los tratamientos para esta característica. Para la característica agronómica de rendimiento, el cuadro 4.3 muestra, que las medias de las mejores diez cruza experimentales son superiores a la media general que es de 5.735 ton/ha. Esto indica, que estos tratamientos presentaron heterosis que se esperaba para esta característica, teniendo rendimientos superiores al de los mejores testigos comerciales de la región, el cual (el mejor testigo) presentó un rendimiento de 6.205 ton/ha, muy por debajo a la del mejor cruzamiento de prueba el cual rindió 7.200 ton/ha que corresponde al tratamiento 42, seguido por el tratamiento 22 que rindió 7.183 ton/ha y para el peor cruzamientos experimentales se alcanzó un rendimiento de 4.100 ton/ha. Con la cual, se prueba una de las hipótesis que se planteó en este trabajo, al observarse rendimientos muy superiores a los testigos comerciales. Para la prueba de DMS de esta característica, se tiene que sí se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, debido a la heterogeneidad que se tiene.

Para la fuente de variación de la interacción, de localidad por tratamiento no se encontraron diferencias significativas. Por lo tanto, estos cultivos pueden explotarse en ambas localidades ya que son estables al menos para estos ambientes.

Los coeficientes de variación obtenidos, demuestran la confiabilidad de los experimentos, se tiene, que para las variables de altura de planta, altura de mazorca, mazorcas por cien plantas y rendimiento, se obtuvo un coeficiente de variación bajo, por lo tanto la confiabilidad del experimento resultó aceptable para estas variables. Sin embargo, para las características agronómicas de porcentaje de mala cobertura, mazorcas podridas y mazorcas con *Fusarium spp*, se obtuvieron coeficientes de variación altos, una de las razones pudo ser, su expresión en por ciento aún cuando estos fueron transformados.

Análisis de varianza combinado a través de probadores.

En el cuadro 4.4 se presenta la concentración de los cuadrados medios obtenidos en el análisis de varianza combinado por probadores, dentro del cual se encuentran las características agronómicas de acame de raíz, acame de tallo y el rendimiento con sus respectivas significancias.

Para la fuente de variación repeticiones dentro de localidades, se tienen diferencias altamente significativas para las variables agronómicas de acame de tallo y rendimiento, al uno por ciento de probabilidad, mientras la variable acame de raíz se tienen diferencias significativas al cinco por ciento de



Cuadro 4.4 Concentración de cuadrados medios, de algunas características agronómicas evaluadas en el análisis de varianza combinado a través de probadores, con sus respectivas significancia.

FV	GL	ACAME DE		REND. TON/HA
		RAIZ	TALLO	
LOCALIDAD	1	153.633*	234.102**	543.181**
REP./LOC.	2	116.340*	30.496	4.281**
LINEAS	24	29.567	16.093	2.040**
PROBADOR	1	97.986*	2.650	2.416*
LOC. X LIN.	24	31.522	13.891	0.543
LOC. X PROB.	1	20.461	19.556	0.779
LIN. X PROB.	24	38.261	9.093	2.733**
LOC. X LIN. X PROB.	24	29.686	9.277	0.990
ERROR	98	30.886	14.287	0.637
CV%		62.954	63.955	13.841

\*, \*\*, Significativo, altamente significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

probabilidad. Esto demuestra que al menos una de las repeticiones se comportaron de diferente manera, por lo que se justifica el diseño experimental usado fue lo suficientemente sensible para detectar los efectos en el bloqueo.

La fuente de variación de localidades, se observaron diferencias altamente significativas para las variables agronómicas de acame de tallo y rendimiento al uno por ciento de probabilidad, y para la variable acame de raíz se obtuvo diferencias significativas al cinco por ciento de probabilidad. La concentración de las medias de las localidades (cuadro 4.5), demuestra que para la variable agronómica de acame de raíz, las plantas fueron más susceptibles en la localidad de Ursulo Galvan, Ver., con una media de 9.704 por ciento de acame mayor que en la localidad de Carretas, Ver., que presentó un porcentaje de 7.951 de acame. Para la variable agronómica de acame de tallo se tiene, un mayor valor de acame de tallos en la localidad de Ursulo Galvan, Ver., con una media de 6.194 por ciento y en la localidad de Carretas, Ver., un valor menor con una media de 5.726 por ciento, esto debido también a que el ambiente de Ursulo Galvan, Ver., no fue muy favorable para el comportamiento normal de las plantas. Se tiene entonces, que ambos factores se ven modificados por el ambiente particular de las localidades, teniendo una explicación sencilla a éste fenómeno puesto que la localidad de Ursulo Galvan, Ver., se encuentra situada en la zona costera de Veracruz expuestas a las corrientes de aire, mientras que Carretas, Ver., se encuentra rodeada de montañas. Siendo la localidad de Carretas, Ver., la mejor para ambas características agronómicas. La prueba de DMS, determina que no existen

Cuadro 4.5 Concentración de medias de las localidades con las características agronómicas evaluadas.

LOCALIDADES	ACAME DE		REND. TON/HA
	RAIZ	TALLO	
URSULO GALVAN, VER.	9.704	6.194	4.153
CARRETAS, VER.	7.951	5.726	7.414
DMS			
0.05	1.560	1.061	0.224
0.01	2.063	1.403	0.296

diferencias estadísticas de una localidad a otra. Para la variable rendimiento, se obtuvo un mejor comportamiento en la localidad de Carretas, Ver., con una media de 7.414 ton/ha superando a Ursulo Galvan, Ver., que presentó una media de 4.153 ton/ha con una diferencia en rendimiento 3.261 ton/ha esto indica que la localidad de Carretas, Ver., presenta condiciones ambientales más favorables para una explotación más eficaz, o bien se debe, que al tener menos porcentajes de acames de raíz y tallo, esto se ve reflejado en el rendimiento. Por lo tanto la prueba de DMS, determina las diferencias mínimas significativas que existe de una localidad a otra. (Cuadro 4.6)

Para la fuente de variación de las líneas, no se encontraron diferencias significativas, para las variables agronómicas de acame de raíz y acame de tallo, excepto en el rendimiento donde se tiene una alta significancia al uno por ciento de probabilidad. Por lo que respecta a las variables de acame de raíz y tallo, se acepta la hipótesis nula la cual indica, que no muestran diferencias entre estas dos variables, alcanzando un promedio de daño de 8.828 por ciento para acame de raíz y 5.960 por ciento para acame de tallo. Para la variable agronómica de rendimiento, se tiene que cada una de las líneas, se comportaron de diferente manera, esto indica la potencialidad genética que guarda cada una de las líneas, al observar rendimientos promedios que van de 6.534 ton/ha a 4.178 ton/ha, con una media general de 5.799 ton/ha. Por lo tanto se seleccionaron las diez mejores líneas (cuadro 4.6) las cuales fueron las líneas: 18, 17, 10, 6, 1, 24, 21, 3, 15, y 2 aún teniendo otra serie de líneas que estadísticamente son iguales a las líneas seleccionadas, encontrándose muy

Cuadro 4.6 Concentración de medias de las líneas con las características agronómicas evaluadas

LINEAS	ACAME DE		REND. TON/HA
	RAIZ	TALLO	
18	10.481	6.340	6.534
17	9.269	6.856	6.301
10	7.998	5.773	6.264
6	7.884	6.033	6.221
1	6.295	7.968	6.153
24	8.299	4.050	6.145
21	11.070	4.050	6.125
3	5.865	5.375	6.104
15	7.813	5.126	6.058
2	5.701	4.911	6.032
7	8.683	6.976	5.905
4	10.614	5.405	5.896
14	9.978	7.200	5.828
19	11.388	5.405	5.828
22	6.379	7.324	5.824
20	10.745	5.845	5.783
12	7.695	9.973	5.679
8	7.428	4.050	5.503
25	7.885	6.333	5.465
5	9.119	6.033	5.408
16	7.229	4.050	5.386
23	11.051	5.346	5.291
11	9.311	5.624	5.213
13	13.303	7.441	5.023
9	9.218	5.518	4.178
MEDIA	8.828	5.960	5.766
DMS			
0.05	5.514	3.751	0.792
0.01	7.294	4.961	1.048

por arriba de la media general, así mismo, se desecha la otra serie de líneas que no fueron capaces de superar a la media general, por lo que la prueba DMS reafirma esas diferencias que se encontraron entre las líneas, al tener rendimientos altos y rendimientos bajos.

Para la fuente de variación de probadores, se encontraron diferencias significativas, para acame de raíz y el rendimiento, excepto para el acame de tallo donde no se observaron diferencias significativas. Las medias de los probadores (cuadro 4.7) muestran que el probador dos presenta un comportamiento mejor que el probador uno, para el acame de raíz con una media de 8.128 por ciento, esto quiere decir que el probador dos presenta mas resistencia a condiciones ambientales adversos que el probador uno, ya que presenta una media de porcentaje de 9.528 por ciento de acame. Para la variable acame de tallo, el probador dos sigue presentando menor porcentaje de acame con un valor medio de 5.726 por ciento, mientras que el probador uno presenta una media de 6.194 por ciento, por lo que se tiene que el probador dos resultó con buenos atributos genéticos para resistencia al acame de raíz y tallo. Aún y cuando exista diferencias en probadores dichas diferencias estadísticas no son de gran magnitud, para que se puedan reflejarse en su valor promedio, así mismo, la prueba de DMS aprueba que no existen diferencias significativas para las medias de estos probadores. Para la variable rendimiento (probadores) revela que la media del probador uno resultó ser mejor que la del probador dos con rendimientos de 5.876 ton/ha y de 5.656 ton/ha respectivamente. Esto quiere decir, que aunque el probador uno resultó ser

Cuadro 4.7 Concentración de medias de los probadores con algunas características agronómicas evaluadas.

PROBADOR	ACAME DE		REND. TON/HA
	RAIZ	TALLO	
1	9.528	6.194	5.876
2	8.128	5.726	5.656
DMS			
0.05	1.560	1.061	0.224
0.01	2.063	1.403	0.296

deficiente para acame de raíz y tallo, esto fue compensado con el rendimiento, por lo que se tienen que este probador presentó mejor heterosis para esta variable. La prueba de DMS de estas características agronómicas resultó no tener diferencias estadísticas significativas en los probadores.

Para la fuente de variación de la interacción localidad por líneas, no se encontró diferencias significativas para las variables agronómicas bajo estudio. Esto indica que las líneas bajo estudio no están presentando un comportamiento diferente de una localidad a otra, guardando el mismo valor de producción o bien el mismo orden de producción de cada una de las líneas explotadas.

Para la fuente de variación de la interacción de localidad por probador, no se encontraron diferencias. Indicando que ambos probadores se comportaron de igual forma, no interaccionando con las localidades, lo cual esto hace que los probadores, presenten poca variación de una localidad a otra. Por lo que los resultados demuestran, que pueden ser seleccionados para adaptabilidad y estabilidad genética.

Para la fuente de variación de línea por probador no se encontraron diferencias significativas para acame de raíz y acame de tallo, y para la variable de rendimiento se encontraron diferencias altamente significativas al uno por ciento de probabilidad. Como se muestra en el cuadro 4.8 las medias que se obtuvieron para el rendimiento se observa que al interaccionar las líneas con los



Cuadro 4.8 Concentración de medias de las líneas por probadores para rendimiento ton/ha.

LINEAS	PROBADOR		MEDIA	ACG
	1	2		
18	6.443	6.625	6.534	0.768
17	5.403	7.200	6.301	0.535
10	6.240	6.288	6.264	0.498
6	6.698	5.745	6.221	0.455
1	6.178	6.128	6.153	0.387
24	5.923	6.368	6.145	0.379
21	5.480	6.770	6.125	0.359
3	5.335	6.873	6.104	0.338
15	5.848	6.268	6.058	0.292
2	6.255	5.810	6.033	0.267
7	6.415	5.395	5.905	0.139
4	6.543	5.250	5.896	0.130
14	5.948	5.708	5.828	0.062
19	5.570	6.085	5.828	0.062
22	7.183	4.465	5.824	0.058
20	5.535	6.030	5.783	0.017
12	6.478	4.880	5.679	-0.087
8	5.880	5.125	5.503	-0.263
25	5.208	5.723	5.465	-0.301
5	6.383	4.433	5.408	-0.358
16	5.248	5.525	5.386	-0.380
23	4.593	5.990	5.291	-0.475
11	5.930	4.495	5.213	-0.553
13	5.925	4.120	5.023	-0.743
9	4.255	4.100	4.178	-1.588
MEDIA	5.876	5.656	5.766	

probadores se tiene una variabilidad genética entre los cruzamientos, lo cual se ve reflejado en el rendimiento, explotando al máximo la heterosis: Obteniendo rendimientos que fluctúan entre 6.534 ton/ha a 4.178 ton/ha con una media general de 5.766 ton/ha con esta interacción se cumple con otro de los objetivos planteados al obtener a un grupo de líneas que se encuentran combinando bien con uno y otro probador, sobre los cuales a continuación se mencionan las líneas que resultaron seleccionadas (cuadro 4.8) que fueron las línea 18, 10, 1, 24, 15, 2, 14, 19, 16, y 9., estas líneas presentando estabilidad con ambos probadores. Por otra parte, se tiene a otro grupo de líneas que no presentaron estabilidad con ambos probadores como se esperaba, pero si buena heterosis particular con cualquiera de los dos probadores, por ejemplo la línea 17, no se tiene buen rendimiento con el probador uno, pero si con el probador dos con una media de 5.403 ton/ha y 7.200 ton/ha respectivamente, otro caso se da con la línea 22, en este caso se encuentra dando un buen rendimiento con el probador uno con una media de 7.183 ton/ha no así con el probador dos que se tiene un rendimiento menor de 4.465 ton/ha. En el cuadro 4.8 donde se muestra la ACG de cada una de las líneas bajo prueba, estimadas a través de probadores, las líneas con mayores valores son: 18, 17, 10, 6, 1, 24, 21 y 3 con promedios de 0.768, 0.535, 0.498, 0.455, 0.387, 0.379, 0.359 y 0.338 respectivamente.

En el material genético seleccionado en el párrafo anterior debe constituir una base genética para formar una variedad sintética para fines comerciales, también dichas líneas deberán probarse en muchas combinaciones híbridas con líneas élites en programa de hibridación.

Para la fuente de variación donde se incluyen los tres factores no se encontraron diferencias significativas entre las interacciones de la localidad por líneas por probador. Esto indica que en términos generales no se mostraron diferencias entre estas interacciones, para cada una de las variables agronómicas estudiadas.

Los coeficientes de variación obtenidos en este caso, se tiene que resulto ser confiable para el rendimiento, donde se obtuvo un valor bajo no así para los valores transformados de porcentaje que incluye al acame de raíz y acame de tallo, donde sus valores de variación resultaron ser altos. Por lo que se tiene en términos generales que la realización del trabajo fue bueno.

Con el cuadro 4.9 donde se concentra las predicciones de los híbridos dobles, los resultados demuestran que las combinaciones hechas con las mejores cinco cruza simples obtenidas con cada progenitor, los promedios obtenidos en los 25 cruzamientos predichos se encuentran superando al mejor testigo que presenta un rendimiento promedio de 6.205 ton/ha, mientras que los mejores cruzamientos dobles predichos  $(22 \times 1) \times (17 \times 2)$  y  $(21 \times 1) \times (3 \times 2)$  se encuentran con rendimientos de 7.192 ton/ha y 7.028 ton/ha respectivamente. Por otro lado se tiene que el ultimo cruzamiento doble predicho alcanza un rendimiento de 6.406 ton/ha que corresponde al cruzamiento  $(18 \times 1) \times (24 \times 2)$ . Lo cual deberá ser formados y probados en otra investigación.

En el cuadro 4.10 donde aparece la predicción de los híbridos triples, los resultados obtenidos del promedio de las cruzas simples probadas, se tiene que los rendimientos de las líneas 18, 17, 10 y 6 fué de 6.534, 6.301, 6.264 y 6.221 ton/ha, con lo cual superaron al mejor testigo que rindió un promedio de 6.205 ton/ha. Así mismo, estos resultados deberán formarse y probarse en otra futura investigación.

Cuadro 4.9 Concentración de las mejores líneas para la predicción de híbridos dobles en ton/ha.

C	A	C	B	X
(22 x 1)	x	(17 x 2)		(7.183 x 7.200) = 7.192
(22 x 1)	x	(3 x 2)		(7.183 x 6.873) = 7.028
(22 x 1)	x	(21 x 2)		(7.183 x 6.770) = 6.977
(22 x 1)	x	(18 x 2)		(7.183 x 6.625) = 6.904
(22 x 1)	x	(24 x 2)		(7.183 x 6.368) = 6.776
(6 x 1)	x	(17 x 2)		(6.698 x 7.200) = 6.949
(6 x 1)	x	(3 x 2)		(6.698 x 6.873) = 6.786
(6 x 1)	x	(21 x 2)		(6.698 x 6.770) = 6.734
(6 x 1)	x	(18 x 2)		(6.698 x 6.625) = 6.662
(6 x 1)	x	(24 x 2)		(6.698 x 6.368) = 6.533
(4 x 1)	x	(17 x 2)		(6.547 x 7.200) = 6.874
(4 x 1)	x	(3 x 2)		(6.547 x 6.873) = 6.710
(4 x 1)	x	(21 x 2)		(6.547 x 6.770) = 6.659
(4 x 1)	x	(18 x 2)		(6.547 x 6.625) = 6.586
(4 x 1)	x	(24 x 2)		(6.547 x 6.368) = 6.458
(12 x 1)	x	(17 x 2)		(6.478 x 7.200) = 6.839
(12 x 1)	x	(3 x 2)		(6.478 x 6.873) = 6.676
(12 x 1)	x	(21 x 2)		(6.478 x 6.770) = 6.624
(12 x 1)	x	(18 x 2)		(6.478 x 6.625) = 6.552
(12 x 1)	x	(24 x 2)		(6.478 x 6.368) = 6.423
(18 x 1)	x	(17 x 2)		(6.443 x 7.200) = 6.822
(18 x 1)	x	(3 x 2)		(6.443 x 6.873) = 6.658
(18 x 1)	x	(21 x 2)		(6.443 x 6.770) = 6.607
(18 x 1)	x	(18 x 2)		(6.443 x 6.625) = 6.534
(18 x 1)	x	(24 x 2)		(6.443 x 6.368) = 6.406

A-Probador. B-Probador C-Líneas x-Media.

Cuadro 4.10 Concentración de las mejores cruzas simples probadas para la predicción de híbridos triples en ton/ha.

Línea	Probador		Media
	A	B	
18	6.443	6.625	6.534
17	5.403	7.200	6.301
10	6.240	6.288	6.264
6	6.698	5.745	6.221
1	6.178	6.128	6.153
24	5.923	6.368	6.145
21	5.480	6.770	6.125
3	5.335	6.873	6.104
15	5.848	6.268	6.058
2	6.255	5.810	6.033

## CONCLUSIONES

Mediante los resultados obtenidos y los objetivos e hipótesis planteadas en este trabajo se concluyo lo siguiente.

Las mejores líneas recobradas en RC<sub>4</sub> por ACG son las siguientes: 18 con 0.768, 17 con 0.535, 10 con 0.498, 6 con 0.455 y 1 con 0.387. Así mismo, los resultados permiten agrupar aun pequeño grupo de líneas que se encuentran combinando bien con uno y otro probador, dichas líneas seleccionadas fueron: 18, 10, 1, 24 y 15. Y otro grupo de líneas que se encuentran cruzando bien con un probador en particular, las cuales son: 17, 22, 3, 6 y 21.

Se obtuvo a un número considerable de cruzas experimentales, que resultaron con rendimientos superiores a la de los testigos comerciales, aplicando una presión de selección de 10 por ciento en los cruzamientos experimentales, donde sus rendimientos ton/ha se encuentran muy por arriba a la del mejor testigo, estos cruzamientos corresponden a los tratamientos 42, 22, 28, 46 y 6 con lo cual se cumple con una de las hipótesis planteada en este trabajo. Con esto se concluye, que los cruzamientos experimentales presentaron heterosis, al expresarse mucha variabilidad genética para cada una

de las variables en estudio, a demás se observó también que los genotipos presentaron genes de resistencia al acame de raíz, tallo y para pudrición de mazorca, puesto que se presentaron porcentajes relativamente bajos.

Con esto concluimos que a partir de las 25 líneas recobradas se pueden predecir una gran cantidad de híbridos triples y dobles con buenos rendimientos, los cuales deberán formarse y evaluarse en otra investigación.



## BIBLIOGRAFIA

- Allison, C. S., and R. N. Curnow. 1966. On the Choice of tester parent for The breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L.) Crop Sci. (6): 541-544. USA.
- Brauer, H. O. 1980. Fitogenética aplicada. 4ª. Edición. Editorial Limusa. México, D.F. Cap., 18.
- Bustos, B.B. A. 1990. Selección de líneas recobradas de AN<sub>7</sub> mediante el uso de probadores. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre de 1990. p. 78
- Cadena, M. I. 1992. Daño de *Diatraea linolata* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) a Tallos de Maíz Temporalero en el Municipio de Paso de Ovejas, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 1992. p.43
- Castro, G. M. 1974. Rendimiento y Heterosis en cruzas interraciales en México. Tesis Maestría Colegio de Postgraduados. E. N. A. Chapingo, México. p. 50
- Cedillo, G. V. 1985. Comportamiento de 26 líneas de maíz (*Zea mays* L.) derivadas de V-524 en un estudio de aptitud combinatoria con tres tipos de probadores. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 73
- Chaudhary D. B. y Singh K. R. 1979. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers. Lubwiana New Delhi. pp. 191-199.
- Chávez, A. J. L. y E. López. 1987. Apuntes de mejoramiento de plantas II. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- \_\_\_\_\_. 1995. Mejoramiento de plantas II. Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Dudley, J. W. 1988. Theory for identification of lines or populations useful for improvement of elite single crosses. In B. Weir (ed.) Proc. 2nd. Int. Conf

- On Quatitative Genetics, Raleigh, Nc. 1-5 June 1987. Sinaver Asssoc. Sunderland, MA.
- De La Loma, J. L. 1979. Genética general y aplicada. 1ª edición. U.T.E.H.A., S.A. México, D.F. pp. 379-380
- González, L. S. 1995. Híbridos dobles de Maíz ( *Zea mays* L. ) Formados apartir de Líneas Mejoradas por Selección Gamética y retrocruza. Tesis Profesional. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 99
- Hallauer, A. R. 1975. Relation of gene action and type of tester in maize breeding Procedures. *Corn and Sorghum Rels.* 30: 150-165. USA.
- \_\_\_\_\_ 1990. Methods Used in developins maize inbreds. *Maydica.*
- Harlan, H. V. And Pope, M. N. 1922. The Use and Value of Backcrosses in Small Grain Breeding. *Jour. Hered.* 12: 9-22.
- Hiorth, G. E. 1985. Genética Cuantitativa I: fundamentos biológicos. Universidad Nacional de Córdoba, facultad de ciencias agropecuarias. Córdoba Rep. Argentina. p. 223
- Hull, F. H. 1945. Recurrent selection for specific combining ability is not feasible. *J. Am. Soc. Agron.*
- Jungenheimer. W. R. 1976. *Corn Improved Seed Production and Uses* A willey Intercience Publication John Willey and Sons. New York. USA.
- \_\_\_\_\_ 1981. Maíz, Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. 1ª edición. Editorial Limusa. México.
- Lonnquist, J. H and D. P. Mc Gill. 1954. Gametic Sampling from salated zigotes in corn breeding. *Agron., Jour.* 6: 147-150.
- \_\_\_\_\_ and M. D. Rumbaugh. 1958. Relative importance of test esquanse for and general and especific combining ability in corn breeding. *Agron., Jour.*
- Lopéz, P.E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Folleto de divulgación, Vol. 1, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 2-5
- Márquez, S. F. 1988. *Genotecnia Vegetal, Métodos, teoría, Resultados.* Tomo II, 1ª edición. AGT editor S.A.
- \_\_\_\_\_ 1993. Backcrosses theory for maize. Aditive Genetic variance and response to seletion. *Maydica.* 7: 224-229.

- Matzinger, D. F. 1953. Comparison of the three types of testers for the evaluation of hybrid lines of corn. *Agron., Jour.* 45 (10): 493-495. USA
- Mayo, O. 1980. *The theory of the plant breeding.* Clarendon press. Oxford. USA. p. 273
- Melchinger, A., Schmidt, W and Geinger, H. H. 1988. Comparison of Testcrosses Produced from  $F_1$  and First Backcross Populations in Maize. *Crop Sci.* 28: 743-749.
- Murphy, R. D. 1942. Convergent improvement with four inbred lines of corn. *Agron., Jour.* 34: 138-150.
- Pohelman, M. J. 1965. *Mejoramiento Genético de las cosechas.* Editorial Limusa. S. A. México, D. F.
- \_\_\_\_\_ 1979. *Mejoramiento Genético de las cosechas.* Editorial Limusa. S. A. México, D. F.
- \_\_\_\_\_ 1983. *Mejoramiento Genético de las cosechas.* Editorial Limusa. S. A. México, D.F.
- \_\_\_\_\_ 1987. *Mejoramiento Genético de las cosechas.* Editorial Limusa. S. A. México, D.F.
- Rawlings, J. O., and D. L. Thompson. 1962. Performance levels as criteria for the choice of maize tester. *Crop. Sci.* 2 (3): 217-220.
- Richey, F. D. 1927. The convergent improvements for selfed lines of corn. *A. Mat.* 61: 430-449.
- Ríos, B. B. A. 1997. Aptitud combinatoria de Líneas  $S_3$  de Maíz Derivadas de la población Trópico Seco a través de Cuatro Probadores de Reducida Base Genética en Tres Ambientes Contrastantes. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 1997. p. 96
- Robles, S. R. 1985. *Genética Elemental y Fitomejoramiento práctico.* Editorial Limusa. pp. 342-346
- Romero, C. M. G. 1996 *Evaluación de Líneas Tropicales  $S_2$  de Maíz en forma Per-se y en cruza con dos Tipos de Probadores para determinar su Aptitud Combinatoria.* Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 1996. p. 74

- Ruiz, M. M. C. 1996. Evaluación y Estimación de Respuesta de Materiales Recobrados de Maíz, en comparación con materiales originales. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 1996.
- Sprague, G. F. And L. A. Tatum. 1942. General and especific combining sigle crosses of corn. Jour. A. Soc.
- Stadler, L. J. 1944. Gamete selection in corn breeding Jour. Am Soc. Agron. 36: 88-89.
- Stansfield. W. D. 1978. Teoría y problemas de genética. Editorial libros Mc Graw-Hill de México, S. A. de C. V. México, D. F. p. 22
- Stringfiel, G. H. 1951. Improving inbred lines by backcrossing. Proc. Oth corn res. Conf. Amer. Seed. Trade assoc.
- Shull, G. H. 1908. The composition of a Field of Maize. Am. Breed. Assoc. 1: 296-301.
- Watking, S. M. 1960. Principios de Genética y mejoramiento de plantas. Editorial Acribía. Zaragoza, España.
- Willians, W. 1965. Principios de Genética y Mejoramiento de plantas. Editorial Acriba. Zaragoza, España. p. 379
- Zambezi, B. T. Honer, E. S. And Martin, F. G. 1986. Inbred lines as testers for  $\beta_j(k)$  = Efecto de la j-ésima repetición de la k-ésima localidad general combining ability in Maize. Crop.

## **APENDICE**

Cuadro A.1 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para altura de planta.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	88209.375	88208.375	287.480	0.0001
REP./LOC.	2	112.269	56.134	0.180	0.8331
TRATAMIENTO	53	40976.968	773.150	2.530	0.0001
LOC. X TRAT.	53	15184.375	286.488	0.930	0.6025
ERROR	106	32525.231	306.842		
TOTAL	215	177008.218			

C.V. = 7.548%

Cuadro A.2 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para altura de mazorca.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	55520.227	55520.227	272.720	0.0001
REP./LOC.	2	994.898	497.449	2.440	0.0917
TRATAMIENTO	53	31823.134	600.436	2.950	0.0001
LOC. X TRAT.	53	12177.023	229.755	1.130	0.2958
ERROR	106	21578.602	203.581		
TOTAL	215	122094.884			

C.V. = 11.349 %

Cuadro A.3 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para mala cobertura

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	418.474	418.474	5.830	0.0174
REP./LOC.	2	124.046	62.023	0.860	0.4242
TRATAMIENTO	53	10588.119	199.776	2.780	0.0001
LOC. X TRAT.	53	4287.961	80.805	1.130	0.2971
ERROR	106	7605.357	71.749		
TOTAL	215	23023.958			

C.V. = 45.681%

Cuadro A.4 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para mazorcas podridas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	44.409	44.409	1.000	0.3191
REP./LOC.	2	242.070	121.035	2.730	0.0698
TRATAMIENTO	53	3258.482	61.481	1.390	0.0778
LOC. X TRAT.	53	2582.094	48.719	1.100	0.3355
ERROR	106	4698.245	44.323		
TOTAL	215	10825.299			

C.V. = 53.049%

Cuadro A.5 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para mazorcas con *Fusarium* spp.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	5913.667	5913.667	45.740	0.0001
REP./LOC.	2	496.816	248.408	1.920	0.1515
TRATAMIENTO	53	14898.684	281.107	2.170	0.0004
LOC. X TRAT.	53	6003.193	113.268	0.880	0.6996
ERROR	106	13703.838	129.281		
TOTAL	215	41016.198			

C.V. = 40.158%

Cuadro A. 6 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para mazorcas por cien plantas.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	21745.243	21745.243	75.100	0.0001
REP./LOC.	2	157.421	78.711	0.270	0.7625
TRATAMIENTO	53	34584.496	652.538	2.250	0.0002
LOC. X TRAT.	53	20832.347	393.063	1.360	0.0923
ERROR	106	30693.845	289.565		
TOTAL	215	108013.352			

C.V. = 15.314%

Cuadro A. 7 Análisis de varianza combinado de localidades por tratamiento para rendimiento ton/ha

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	611.185	611.185	816.770	0.0001
REP./LOC.	2	14.504	7.252	9.690	0.0001
TRATAMIENTO	53	124.233	2.344	3.130	0.0001
LOC. X TRAT.	53	53.747	1.014	1.360	0.0935
ERROR	106	78.318	0.748		
TOTAL	215	882.988			

C.V. = 15.085%



Cuadro A.8 Concentración de medias de los tratamientos analizando, algunas características agronómicas.

TRAT.	ALTURA DE (cm)		MALA COB.	MAZ. POD.	FUS. MAZ.	MAZ. X 100 PLTS.	REND. TON/HA.
	PLANTA	MAZ.					
42	268.750	157.500	17.025	12.458	28.805	126.518	7.200
22	243.750	123.750	14.138	12.905	27.142	114.833	7.183
28	266.250	133.750	21.535	22.623	27.630	119.225	6.873
46	232.500	123.750	13.133	9.858	25.518	122.589	6.770
6	228.750	132.500	23.772	6.428	48.095	117.267	6.698
43	251.250	135.000	18.205	9.258	16.983	129.527	6.625
4	213.750	113.750	28.083	15.825	44.630	122.899	6.543
12	216.250	123.750	10.865	10.362	31.413	122.855	6.478
18	231.250	133.000	13.778	13.730	25.612	104.203	6.443
7	237.500	133.750	23.827	19.068	33.978	134.444	6.415
5	228.750	125.000	14.833	12.363	40.785	134.606	6.383
49	242.500	121.250	32.998	7.683	16.415	111.197	6.368
35	232.500	120.000	21.090	11.930	25.728	112.721	6.288
40	235.000	125.000	14.763	8.970	21.585	99.760	6.268
2	215.000	122.500	20.840	10.808	41.693	122.877	6.255
10	228.750	137.500	14.030	15.570	43.700	117.527	6.240
54	278.750	178.750	11.785	10.848	31.200	104.673	6.205
1	233.750	133.750	20.147	10.413	42.243	140.588	6.178
26	230.000	117.500	24.725	8.577	19.815	103.836	6.128
44	241.250	143.750	24.910	12.333	18.930	91.891	6.085
45	236.250	120.000	21.013	15.580	18.590	121.727	6.030
48	221.250	118.750	10.465	11.255	25.118	106.255	5.990
14	225.000	120.000	15.343	5.995	29.897	99.401	5.948
11	231.250	131.250	9.815	10.793	29.197	126.518	5.930
13	228.750	112.500	12.953	16.208	17.268	113.657	5.925
24	236.250	123.750	18.980	10.590	32.215	119.837	5.923

Continuación.....A.8

8	233.750	130.000	27.282	15.853	31.153	116.036	5.880
15	208.750	97.500	9.973	18.588	26.293	127.238	5.848
27	236.2500	123.750	35.478	19.180	29.140	108.806	5.810
31	228.750	112.500	18.250	10.487	19.778	98.149	5.745
50	228.750	127.500	11.985	8.958	32.455	108.847	5.723
39	236.250	126.250	27.865	11.872	14.078	100.420	5.708
19	225.000	113.750	15.198	17.928	22.870	113.401	5.570
20	241.250	135.000	16.510	10.330	22.848	101.023	5.535
41	236.250	130.000	19.633	14.628	23.283	110.124	5.525
21	235.000	113.750	24.358	17.695	22.088	98.883	5.480
17	210.000	120.000	11.593	13.028	20.995	109.328	5.403
32	236.250	123.750	34.823	9.255	29.368	119.596	5.395
52	233.750	133.750	9.403	14.045	29.163	104.469	5.395
3	215.000	130.000	25.673	11.065	30.335	98.109	5.335
29	236.250	121.250	17.733	9.100	23.390	93.180	5.250
16	207.500	115.000	17.342	9.410	26.397	92.775	5.248
25	242.500	121.250	29.725	15.320	24.385	108.931	5.208
33	225.000	117.500	23.750	12.933	32.905	113.614	5.125
51	220.000	120.000	9.520	15.268	24.840	91.241	4.985
37	235.000	117.500	23.450	16.535	30.310	106.792	4.880
53	246.250	138.750	17.610	20.795	38.583	108.889	4.800
23	231.250	106.250	17.160	6.168	25.263	109.077	4.593
36	236.250	132.500	4.050	6.928	40.747	88.849	4.495
47	231.250	122.500	17.995	7.830	14.595	93.490	4.465
30	207.500	112.500	16.080	9.865	24.133	90.250	4.433
9	223.750	127.500	13.700	14.995	47.647	115.305	4.255
38	215.000	123.750	25.918	17.580	35.520	94.206	4.120
34	233.750	133.750	6.203	9.630	22.205	96.845	4.100

Continuación.....A.8

DMS							
0.05	24.416	20.302	11.867	9.430	15.865	1.250	1.291
0.01	32.239	26.807	15.670	12.489	15.670	2.179	1.705

Cuadro A.9 Concentración de medias de la interacción de las localidades con las características agronómicas transformadas.

Loc.	Trat.	Alt. de plnt. cm.	Alt. de maz. cm	Mala cob.	Maz. Pod.	Fus. Maz.	Maz. x 100 Plta.	Rend. Ton/ha.
1	1	222.500	120.000	20.360	11.240	54.035	119.837	4.575
2	1	245.000	147.500	19.935	9.585	30.450	162.996	7.780
1	2	205.000	122.500	12.930	7.340	49.460	109.684	4.655
2	2	225.000	122.500	28.750	14.275	33.925	136.820	7.855
1	3	207.500	122.500	19.720	7.645	39.220	98.506	4.080
2	3	222.500	137.500	31.625	14.485	21.450	97.713	6.590
1	4	205.000	105.000	31.925	20.310	59.160	119.159	5.260
2	4	222.500	122.500	24.240	11.340	30.100	126.675	7.825
1	5	197.500	97.500	7.495	13.105	55.565	120.451	4.510
2	5	260.000	152.500	22.170	11.620	26.005	149.524	8.255
1	6	210.000	115.000	24.120	8.805	65.345	106.193	4.950
2	6	247.500	150.000	23.425	4.050	30.845	128.891	8.445
1	7	217.500	125.000	17.875	17.525	43.120	126.653	4.545
2	7	257.500	142.500	29.780	20.610	24.835	142.468	8.285
1	8	217.500	120.000	26.655	10.705	28.260	100.641	4.300
2	8	250.000	140.000	27.910	21.000	34.045	132.526	7.460
1	9	212.500	110.000	9.805	14.095	58.665	101.647	2.995
2	9	235.000	145.000	17.595	15.895	36.630	129.846	5.515
1	10	220.000	132.500	15.470	7.720	52.205	121.066	5.350
2	10	237.500	142.500	12.590	23.420	35.195	114.062	7.130
1	11	210.000	115.000	11.620	7.720	33.300	109.935	4.200
2	11	252.500	147.500	8.010	13.865	25.095	144.288	7.660
1	12	205.000	117.500	7.495	10.540	32.755	113.529	4.525
2	12	227.500	130.000	14.235	10.185	30.070	132.572	8.430
1	13	202.500	97.500	10.905	12.640	20.355	96.983	3.875
2	13	255.000	127.500	15.000	19.775	14.180	131.630	7.975
1	14	205.000	102.500	21.335	7.940	30.630	86.564	4.345
2	14	245.000	137.500	9.350	4.050	29.165	113.146	7.550
1	15	185.000	80.000	7.720	19.540	29.695	113.892	4.475
2	15	232.500	115.000	12.225	17.635	22.890	141.348	7.220

Continuación.....Cuadro A.9

1	16	197.500	97.500	16.780	14.770	32.440	78.163	3.225
2	16	217.500	132.500	17.905	4.050	20.355	108.618	7.270
1	17	170.000	90.000	7.340	10.705	24.860	102.962	3.805
2	17	250.000	150.000	15.845	15.350	17.130	115.885	7.000
1	18	207.500	106.000	8.995	16.655	35.295	100.000	4.380
2	18	255.000	160.000	18.560	10.805	15.930	108.493	8.505
1	19	217.500	100.000	26.345	14.580	28.340	84.199	3.770
2	19	232.500	127.500	4.050	21.275	17.400	146.943	7.370
1	20	215.000	110.000	22.115	16.610	30.195	96.472	3.765
2	20	267.500	160.000	10.905	4.050	15.500	105.678	7.305
1	21	207.500	105.000	20.725	17.105	25.710	89.851	3.485
2	21	262.500	122.500	27.990	18.285	18.465	108.347	7.475
1	22	237.500	122.500	12.620	11.195	37.420	118.092	5.515
2	22	250.000	125.000	15.655	14.615	16.865	111.429	8.850
1	23	222.500	92.500	22.205	8.285	31.970	100.000	3.270
2	23	240.000	120.000	12.115	4.050	18.555	118.527	5.915
1	24	220.000	107.500	11.980	11.830	35.515	131.423	5.415
2	24	252.500	140.000	25.980	9.350	28.915	108.764	6.430
1	25	217.500	110.000	29.685	8.010	23.880	103.816	3.980
2	25	267.500	132.500	29.765	22.630	24.890	114.191	6.435
1	26	205.000	95.000	20.700	13.105	24.575	103.023	4.900
2	26	255.000	140.000	28.750	4.050	15.055	104.653	7.355
1	27	220.000	100.000	34.285	16.790	30.695	100.000	4.125
2	27	252.500	147.500	36.670	21.570	27.585	118.005	7.495
1	28	242.500	112.500	26.195	26.760	33.960	108.743	4.550
2	28	290.000	155.000	16.875	18.485	21.300	130.188	9.195
1	29	217.500	95.000	16.585	10.860	27.930	74.996	2.805
2	29	255.000	147.500	18.880	7.340	18.850	113.859	7.695
1	30	177.500	92.500	18.465	4.050	21.465	81.848	3.075
2	30	237.500	132.500	13.695	15.680	26.800	99.062	5.790
1	31	210.000	95.000	8.995	8.995	15.870	94.673	4.630

Continuación.....A.9

2	31	247.500	130.000	27.505	11.980	23.685	101.687	6.860
1	32	217.500	107.500	20.340	14.460	31.305	98.684	4.025
2	32	255.000	140.000	49.305	4.050	27.430	142.516	6.765
1	33	200.000	100.000	18.775	10.655	41.795	86.676	2.695
2	33	250.000	135.000	28.725	15.210	24.015	144.216	7.555
1	34	195.000	102.500	8.355	8.355	30.910	89.624	3.055
2	34	272.500	165.000	4.050	10.905	13.500	104.367	5.145
1	35	205.000	100.000	18.785	14.275	29.365	100.000	4.380
2	35	260.000	140.000	23.395	9.585	22.090	126.248	8.195
1	36	230.000	127.500	4.050	9.805	56.435	89.719	3.570
2	36	242.500	137.500	4.050	4.050	25.060	87.984	5.420
1	37	217.500	110.000	23.835	20.350	34.775	106.008	3.840
2	37	252.500	125.000	23.065	12.720	25.845	107.558	5.920
1	38	195.000	115.000	32.235	20.340	50.350	76.300	2.315
2	38	235.000	132.500	19.600	14.820	20.690	113.934	5.925
1	39	215.000	102.500	23.055	14.275	12.930	91.547	3.790
2	39	257.500	150.000	32.675	9.470	15.225	109.684	7.625
1	40	222.500	112.500	16.390	13.890	23.225	95.453	4.630
2	40	247.500	137.500	13.135	4.050	19.945	104.162	7.905
1	41	200.000	102.500	21.395	10.185	24.975	95.063	3.560
2	41	272.500	157.500	17.870	19.070	21.590	126.315	7.490
1	42	255.000	140.000	15.440	7.570	32.990	105.493	4.780
2	42	282.500	175.000	18.610	17.345	24.620	151.241	9.620
1	43	232.500	117.500	17.155	4.050	15.055	103.693	4.505
2	43	270.000	152.500	19.255	14.465	18.910	158.231	8.745
1	44	205.000	130.000	20.180	7.260	9.175	85.322	4.875
2	44	277.500	157.500	29.640	17.405	28.685	98.704	7.295
1	45	207.500	100.000	19.360	15.055	27.945	145.661	4.455
2	45	265.000	140.000	22.665	16.105	9.235	99.940	7.605
1	46	207.500	110.000	11.480	8.680	29.735	112.275	4.625
2	46	257.500	137.500	14.785	11.035	21.300	133.356	8.915

Continuación.....A.9

1	47	207.500	97.500	17.375	4.050	13.135	79.085	3.330
2	47	255.000	147.500	18.615	11.610	16.055	107.226	5.600
1	48	205.000	105.000	8.485	8.150	30.190	100.000	4.115
2	48	237.500	132.500	12.445	14.360	20.045	112.678	7.865
1	49	227.500	102.500	23.165	11.315	21.895	108.118	4.070
2	49	257.500	140.000	42.830	4.050	10.935	114.340	8.665
1	50	210.000	115.000	11.340	7.570	36.995	94.946	3.935
2	50	247.500	140.000	12.630	10.345	27.915	123.699	7.510
1	51	192.500	97.500	9.805	12.930	25.615	89.738	4.270
2	51	247.500	142.500	9.235	17.605	24.065	92.756	5.700
1	52	205.000	107.500	4.050	11.480	37.410	82.901	3.445
2	52	262.500	160.000	14.755	16.610	20.915	128.528	7.345
1	53	220.000	130.000	19.270	20.830	47.570	109.056	2.120
2	53	272.500	147.500	15.950	20.760	29.595	108.722	7.480
1	54	260.000	177.500	12.375	10.500	35.830	81.072	3.115
2	54	297.500	180.000	11.795	11.195	26.570	131.286	9.295





Cuadro A.10 Análisis de varianza combinado con probador para rendimiento.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	543.181	543.181	852.890	0.0001
REP./LOC.	2	8.563	4.281	6.720	0.0016
LÍNEAS	24	48.949	2.040	3.200	0.0001
PROBADOR	1	2.416	2.416	3.790	0.0543
LOC. X LIN.	24	13.041	0.543	0.850	0.6617
LOC. X PROB.	1	0.779	0.779	1.220	0.2715
LIN. X PROB.	24	65.587	2.733	4.290	0.0001
LOC. X LIN. X PROB.	24	23.754	0.990	1.550	0.0686
ERROR	98	62.413	0.637		
TOTAL	199	768.683			

C.V. = 13.841%

Cuadro A.11 Análisis de varianza combinado con probador para acame de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	153.633	153.633	4.970	0.0280
REP./LOC.	2	232.680	116.340	3.770	0.0265
LÍNEAS	24	709.605	29.567	0.960	0.5275
PROBADOR	1	97.986	97.986	3.170	0.0780
LOC. X LIN.	24	756.530	31.522	1.020	0.4489
LOC. X PROB.	1	20.461	20.461	0.660	0.4177
LIN. X PROB.	24	918.252	38.261	1.240	0.2294
LOC. X LIN. X PROB.	24	712.462	29.686	0.960	0.5226
ERROR	98	3026.806	30.886		
TOTAL	199	6628.415			

C.V. = 62.954%

Cuadro A.12 Análisis de varianza combinado con probador para acame de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
LOCALIDAD	1	234.102	234.102	16.39	0.0001
REP./LOC.	2	60.992	30.496	2.130	0.1238
LÍNEA	24	386.228	16.093	1.130	0.3309
PROBADOR	1	2.650	2.650	0.190	0.6677
LOC. X LIN.	24	333.380	13.891	0.970	0.5085
LOC. X PROB.	1	19.556	19.556	1.370	0.2449
LIN. X PROB.	24	218.224	9.093	0.640	0.8973
LOC. X LIN. X PROB.	24	222.656	9.277	0.650	0.8868
ERROR	98	1400.119	14.287		
TOTAL	199	2877.907			

C.V. = 63.955%

