

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“POTENCIAL DE LÍNEAS AVANZADAS DE MAÍZ (Zea mays L).  
DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LA UAAAN”.**

**POR**

**GEREMÍAS ALTUNAR DÍAZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre de 2009.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

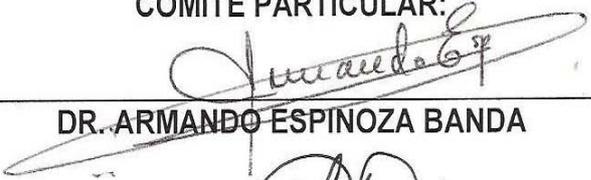
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. GEREMÍAS ALTUNAR DÍAZ ELABORADA BAJO LA  
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

ASESOR  
Principal:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

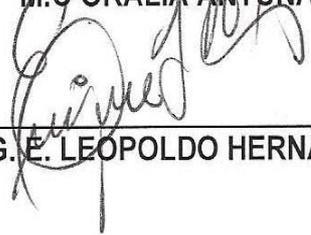
ASESOR:

  
DR. ARTURO PALOMO GIL

ASESOR:

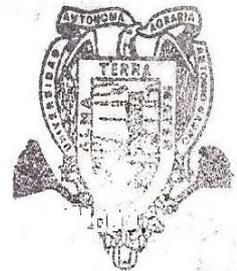
  
M.C ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:

  
ING. E. LEÓPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

  
MC. VÍCTOR MARTINEZ CUETO



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. GEREMÍAS ALTUNAR DÍAZ, QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

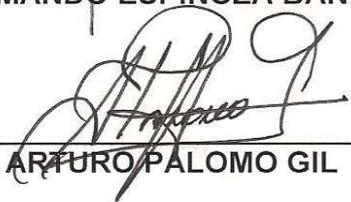
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ EXAMINADOR:**

**PRESIDENTE:** \_\_\_\_\_

  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

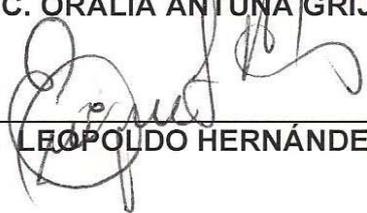
**VOCAL:** \_\_\_\_\_

  
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

**VOCAL:** \_\_\_\_\_

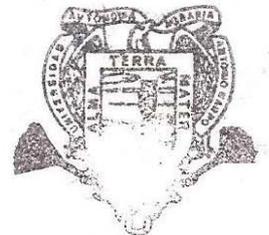
  
**M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**SUPLENTE:** \_\_\_\_\_

  
**ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS**

  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**



Torreón, Coahuila, México

Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas  
Diciembre del 2009.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo lo que me ha dado en esta vida y llegar hasta este momento de mi vida tan especial, compartirla con mi familia y mis amigos.

A mi **ALMA TERRA MATER** por abrirme las puertas de la Universidad y realizar mis estudios como universitario y por la oportunidad de conocer a grandes amigos.

Al Dr. Banda por aceptarme ser uno más de sus tesis y trabajar con él en sus investigaciones y enseñarme un poco de sus conocimientos para terminar satisfactoriamente mi carrera, igualmente para mis demás asesores al Dr. Palomo, M. C. Oralia y al Ing. Leopoldo.

A Rosalba por su apoyo y disposición en todos los momentos, también a Rubén por su ayuda a terminar mi investigación de campo satisfactoriamente.

A mis compañeros de generación: Hugo, Ulises Santiago, Toro, Raúl, Idalmar. A ustedes por estar ahí apoyándome en los momentos felices y difíciles de mi vida y contar con su gran amistad y apoyo incondicional muchas gracias

A la gente del Campo Esperanza por su gran apoyo incondicional que mostraron en el momento más difícil de mi vida, muchas gracias.

## DEDICATORIA

A mis Padres **José Altunar Bouchot, Matea Díaz Gómez**. Por haberme dado la vida y por todo su amor, comprensión y apoyo brindado durante mi vida. MUCHAS GRACIAS.

A mi hermano: Raúl (†)

ESTA TESIS SE LA DEDICO A LA PERSONAS QUE MAS QUIERO A USTEDES PADRES, HERMANOS, SOBRINOS Y TÍOS QUE HAN ESTADO AHÍ APOYANDOME EN TODO MOMENTO.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar y seleccionar líneas descendientes de 10 híbridos comerciales por sus características agronómicas y rendimiento. En la primavera 2007 se evaluaron 100 líneas descendientes de 10 híbridos comerciales agrupadas en 10 grupos. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consistió de un surco de 3 metros de longitud con una distancia entre planta de 0.20 m y 0.75 m entre surcos para formar una parcela útil de 1.6 m<sup>2</sup>, y una densidad de 73,500 plantas por hectárea. Se tomaron datos de Floración Masculina (FM), Floración Femenina (FF), Altura de Planta (AP), Altura de Mazorca (AM), Diámetro de Mazorca (DM), Longitud de Mazorca (LM), Número de Hileras (NH), Número de Granos (NG), y Rendimiento de Grano (RG). Se encontró que los grupos fueron significativamente diferentes para las 11 características evaluadas, tanto en características agronómicas como en rendimiento de grano. Las líneas dentro de cada grupo, difieren significativamente para FF, AP, AM, LM, NH y NG, mientras que para FM, DM, PM y RG, son significativamente iguales. El análisis de componentes principales, explicó el 76.6% de la varianza total de los datos. El gráfico con los dos primeros componentes separó un grupo de 13 líneas con atributos de mayor DM, NG, PM y RG.

**Palabras clave:** líneas s<sub>1</sub>, híbridos comerciales, hermanos Completos.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>III</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Importancia del cultivo del maíz .....	1
1.2. Producción de maíz en el mundo .....	1
1.3. Producción de maíz a nivel nacional .....	2
1.4. Producción de maíz a nivel regional .....	2
1.5. Objetivo .....	3
1.6. Hipótesis .....	3
1.7 Metas .....	3
<b>II .REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Líneas pura .....	4
2.2. Selección recurrente .....	4
2.3. Selección recurrente entre progenies autofecundadas .....	6
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
3.1. Localización geográfica.....	9
3.2. Diseño y parcela experimental .....	9
3.3. Material genético .....	9
3.4. Manejo agronómico.....	10
3.4.1. Preparación de terreno.....	10
3.4.2 Siembra.....	10
3.4.3. Aclareo de plantas .....	10
3.4.4 Fertilizacion .....	10
3.4.5. Riegos .....	10
3.4.6. Control de plagas .....	11

3.4.7 Control de maleza .....	11
3.4.8. Cosecha .....	11
3.5. Características evaluadas .....	11
3.5.1. Dias Floración masculina(DFM) .....	11
3.5.2. Dias Floración femenina(FF).....	12
3.5.3. Altura de planta(AP) .....	12
3.5.4. Altura de mazorca(AM) .....	12
3.5.5. Longitud de mazorca(ILMZ) .....	12
3.5.6. Diámetro de mazorca(DMZ).....	12
3.5.7. Rendimiento de mazorca(RMZ) .....	12
3.5.8. Numero de hileras(NHMZ) .....	13
3.5.9 .Granos por hilera(NHMZ).....	13
3.5.10 .Rendimiento de grano(RG) .....	13
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
4.2. Floración masculina (FM).....	15
4.3. Floración femenina (FF) .....	15
4.4. Altura de planta (AP) .....	15
4.5. Altura de mazorca (AM) .....	15
4.6. Diámetro de mazorca (AM) .....	16
4.7. Número de hileras (NH) .....	16
4.8. Longitud de mazorca (LM) .....	16
4.9 Número de grano (NG) .....	16
4.10. Peso de mazorca (PM) .....	17
4.11. Rendimiento de grano (PM) .....	17
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>VI. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	página
3.1. Descripción de los diez grupos de líneas $s_1$ de maíz derivadas de híbridos comerciales.....	9
4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de 11 Características evaluadas.....	14
4.2. Valores medios, mínimo, máximo y diferencia mínima significativa en 11 variables de 10 grupos de líneas $s_1$ evaluadas en la uaaan-ul primavera, 2009.....	17
4.3. Coeficientes de correlación de 11 variables en 10 grupos de líneas $s_1$ , evaluadas en la uaaan-ul 2009.....	18

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Importancia del cultivo del maíz.**

El maíz es el cereal que más produce en el mundo, seguido del trigo y el arroz. Es parte de muchos productos alimenticios y en muchas regiones del mundo forma parte muy importante en la dieta alimenticia de sus poblaciones y es una de las más importantes fuentes de alimento para el ganado. En adición a esto, el maíz está involucrado en muchos usos industriales, desde la producción de polímeros almidón, combustibles y lubricantes (Andow *et al.*; 2004).

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, ya que suministra elementos nutritivos importantes a seres humanos, animales y es materia prima básica de la industria de la transformación (FAO, 1993).

### **1.2. Producción de maíz en el mundo**

Estados Unidos es el principal productor con 299.9 millones de toneladas, le sigue China con 128.0 millones de toneladas, la Unión Europea con 53.1 millones de toneladas, Brasil con 39.5 millones de toneladas representando el 42.5%, 18.1%, 7.5% y 5.6% de la producción mundial respectivamente; México para este año con 22.0 millones de toneladas representa el 3.1%. En los Estados Unidos es el principal cultivo seguido de la soya; la superficie sembrada en el 2005 fue de 81,759 miles de acres, con una producción de 147.9 bushels por acre y una producción total de 11, 112,072 miles de bushels. (NASS, 2006).

### **1.3. Producción de maíz a nivel nacional**

La producción nacional de maíz para el año 2007 fue de 5, 992,276 Ton., de riego y 896,807 toneladas, de temporal, siendo los estados de Sinaloa, Jalisco, Sonora, México, Chiapas, Michoacán, Guerrero, Tamaulipas y Guanajuato los que reportan las más alta producción, con un rendimiento promedio de 8.113 ton/ha de riego y 1.764 ton ha<sup>-1</sup> de temporal, (SIAP, 2007).

### **1.4. Producción de maíz a nivel regional**

En la Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembra anualmente 15,000 has de maíz de grano y 24,000 has de maíz forrajero (SAGARPA, 2005), en su mayoría con híbridos comerciales de maíz para grano. El rendimiento de grano promedio para esta región es de 3.3 t ha<sup>-1</sup>, aun cuando el rendimiento potencial a nivel experimental es de 13 t ha<sup>-1</sup> (Reta *et al.*, 1998) por lo que se debe de buscar soluciones que ayuden a incrementar los rendimientos, sin que esto origine un incremento en los costos de cultivo.

En la Región Lagunera, el consumo de este cereal es importante para el consumo humano como para la alimentación del ganado ya que esta región es una de las cuencas lecheras más importantes del país.

En el ciclo 2007, dentro del programa de mejoramiento de maíz y en convenio con las empresas se evaluaron un grupo de híbridos comerciales, de los cuales se generaron por autofecundación 100 líneas S<sub>1</sub> las cuales se evaluaron. La idea básica es utilizar éstos materiales para generar líneas y formar híbridos que se puedan comercializar libremente. Durante los ciclos primavera-verano del 2004 se derivaron y seleccionaron 100 líneas S<sub>1</sub> y las cuales se pretenden evaluar durante el ciclo 2008. Estos materiales constituyen el vivero del programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL.

### **1.5. Objetivo**

Caracterizar por su producción y características agronómicas las líneas evaluadas.

### **1.6. Hipótesis**

**Ho:** Las líneas presentan similar potencial de rendimiento de grano y características agronómicas.

**Ha:** Las líneas difieren en su potencial de rendimiento y características agronómicas.

### **1.7. Metas**

- Seleccionar al menos el 10% de las líneas S<sub>1</sub>.
- Detectar las líneas prometedoras que presenten las características agronómicas deseadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Líneas puras

Chávez (1995) menciona que una línea autofecundada es aquella que es pura, originalmente por autopolinizaciones sucesivas y selección hasta obtener plantas aparentemente homocigotos esto requiere de cinco a siete generaciones sucesivas, se puede diferenciar fácilmente. Cuando esto sucede se dice que la línea es altamente homocigoto o sea que todas las plantas de esta línea tiene la misma constitución genética en lo referente a las unidades de herencia.

Jugenheimer (1985) menciona que el método clásico para desarrollar líneas puras endocriadas comprende generalmente la selección de las plantas durante el tiempo de autofecundación sobre la base de la apariencia física de un surco de plantas sembradas con semilla de la misma mazorca. Para formar líneas autofecundadas, es necesario partir de la población previamente seleccionadas sobre la base de su amplia variabilidad genética.

### 2.2 Selección recurrente

El mejoramiento de plantas se define como el arte y la ciencia que permite explotar la herencia de las plantas (Poehlman, 1983), dicho mejoramiento se practica desde que el hombre aprendió a seleccionar las mejores plantas, por lo cual la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento.

Eastmont y Robert (1992) mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad.

El objetivo de la selección recurrente es incrementar gradualmente la frecuencia de alelos favorables de caracteres de herencia cuantitativa y

mantener una alta variabilidad genética, para asegurar el mejoramiento progresivo de las poblaciones (Hallauer, 1992; Russell *et al.*, 1992).

La selección recurrente han sido diseñados para mejorar las poblaciones base para su uso directo o como fuente de líneas endogámicas, buscando el incrementar el comportamiento promedio de la población base, la frecuencia de genes favorables, así como el mantenimiento de una adecuada variabilidad genética que permita continuar con la selección; todo esto con la posibilidad de derivar líneas con aptitud combinatoria.

Cruz (1988) menciona que la selección recurrente se define como la selección sistemática de los individuos deseables de una población, seguida por una recombinación para formar una nueva población. Las distinciones entre los métodos de selección recurrente principalmente a diferencias de la unidad de selección, la unidad de recombinación y el control parental. También dice que la efectividad de la selección recurrente depende de la variabilidad genética, de las frecuencias génicas de la población original y de la heredabilidad de las características bajo selección.

Jinahyon y Russell (1969) mencionaron que la selección recurrente entre líneas  $S_1$  y  $S_2$  se ha venido utilizando para mejorar varias características y en base a progenies endocriadas conduce a la evaluación de muchas características agronómicas de importancia, este método ha sido efectivo para cambiar las frecuencias génicas con efectos aditivos.

De selección recurrente ya que el procedimiento de selección es repetido consecutivamente hasta que se llega a los niveles de mejoramiento esperados. El objetivo primario del mejoramiento de las poblaciones por medio de la selección recurrente es el de mejorar las poblaciones de maíz en forma gradual y continua descartando las fracciones mas pobres en cada ciclo; las plantas en la fracción superior se cruzan entre ellas para producir una nueva generación para el ciclo siguiente de selección.

### 2.3 Selección recurrente entre progenies autofecundadas

La selección recurrente entre progenies autofecundadas está entre los métodos de selección recurrente interpoblacional. Esta se considera como una de las más efectivas ya que aprovecha los efectos aditivos. La selección recurrente de progenies  $S_1$  ha sido principalmente utilizado para mejorar características agronómicas de herencia cuantitativa, obteniéndose resultados favorables en la mayoría de los casos. Burton *et al.*, (1971), compararon dos métodos de selección para mejorar la población (BSK) de maíz, selección recurrente por medio de líneas  $S_1$  y 6.3% por medio de cruas de prueba.

La selección de las progenies autofecundadas no se usó inicialmente para mejorar las características de las poblaciones de maíz porque los efectos de la autofecundación son inmediatamente evidentes, tales como la reducción del vigor y de la productividad, una menor altura, una demora de la floración (Hallauer y Miranda, 1988).

Hallauer y Miranda (1981) señalan que la selección entre progenies  $S_1$  ha sido utilizada para mejorar varias características, mostrando siempre respuestas positivas y conduce por si misma al mejoramiento de la mayoría de los caracteres.

Genter (1971) menciona dos métodos para mejorar poblaciones, relacionándolo con la productividad de las líneas puras y la presión de endogamia. Para llevar a cabo este estudio se basó en el rendimiento de las líneas  $S_1$  de variedades de maíz originales y sintéticas avanzadas. Con este estudio menciona que la presión endogamia se mostró menor en las líneas  $S_1$  derivadas de las variedades sintéticas avanzadas que para las líneas provenientes de las variedades originales.

Hallauer y Eberhart (1979) entre otros, consideran muy importante utilizar este método para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera sucesiva.

El mejoramiento poblacional permite generar variedades mejoradas de polinización libre, las cuales son convenientes para los agricultores que no cuentan con los recursos para adquirir semilla híbrida (Hallauer y Miranda, 1981).

Rodríguez y Hallauer (1988) mencionan que si los métodos de mejoramiento son efectivos para el (los) carácter (es) bajo selección, entonces la probabilidad de seleccionar líneas superiores en las poblaciones mejoradas serán mayor que en las poblaciones originales no mejoradas. Esta efectividad es determinada a través de la evaluación de diferentes ciclos de selección, con lo cual se estima la respuesta relativa a la selección, y dichos estimados pueden ser usados para comparar el avance genético directo y la respuesta correlacionada con diferentes métodos de selección y/o diferentes poblaciones.

La autofecundación fue usada para propagar genotipos de plantas incluidas en las pruebas de cruzamientos para proporcionar materiales para cruzar plantas seleccionadas (Hallauer, 1992).

Darrah (1986) informó de una ganancia de rendimiento de 0,9% por ciclo en Kitale Composite A después de cinco ciclos de selección de una progenie autofecundada; no hubo, sin embargo, ganancias en los cruzamientos de la población.

Devey y Russell (1983) resumieron los efectos de siete ciclos de selección para calidad del tallo en la variedad Lancaster y concluyeron que la progenie  $S_1$  de la selección fue efectiva para mejorar la calidad del tallo pero que produjo cambios correlacionados indeseables de madurez tardía y menor rendimiento de grano.

Iglesias y Hallauer (1991) y Lamkey (1992) informaron de apenas un ligero mejoramiento del rendimiento con la selección de la  $S_1$  y  $S_2$ . Por otro lado, Stojisin y Kenner-berg (1994) informaron de buenas ganancias de selecciones de progenies autofecundadas.

Eberhart *et al.* (1995) señalaron que la selección de la progenie autofecundada no fue efectiva para características tales como el rendimiento, la prolificidad, la no esterilidad y la resistencia del tallo y la raíz al vuelco.

Márquez (1985) menciona que la selección recurrente en poblaciones endogámicas, utilizando líneas S1, S2..., St, se recomienda cuando se quiere eliminar de la población a genes indeseables de naturaleza recesiva. Además, con el uso de líneas de mayor nivel de endogamia se tiene la ventaja del aumento en la varianza genética aditiva y por tanto de la respuesta a la selección.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización geográfica

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila., localizada entre los paralelos 24° 30' y 27' LN y los meridianos 102° y 104° 40' LO y una altitud de 1150 m; el clima es seco; tiene temperatura de 21 °C y una precipitación pluvial media anual de 200 mm.

#### 3.2. Diseño y parcela experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consistió de un surco de 3 metros de longitud con una distancia entre planta de 0.20 m y 0.75 m entre surcos y una densidad de 66,666 plantas por hectárea.

#### 3.3. Material genético

El material genético utilizado involucro 100 líneas S<sub>1</sub> derivadas de 10 híbridos comerciales (Cuadro 3.1), en la cual se evaluaron en el campo experimental de la UAAAN-UL.

**Cuadro 3.1. Descripción de los diez grupos de líneas S<sub>1</sub> de maíz derivadas de híbridos comerciales..**

Origen (Híbrido)	Grupos	Origen (Híbrido)	Grupos
Genex 766	1	Matador	6
Pioneer 30G40	2	Hércules	7
Milenio	3	TG-8990W	8
HT-9290W	4	Vulcano	9
AS-948	5	Arayan	10

### **3.4. Manejo Agronómico**

#### **3.4.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se llevo acabo el 15 de marzo del 2008, consistió en un barbecho, rastra doble.

#### **3.4.2. Siembra**

La siembra se llevo acabo el 22 de marzo del 2008 sembrando en húmedo, depositándose la semilla a 5 cm de profundidad, la siembra se realizo en forma manual, para lo cual se utilizo maquinaria con botes semilleros.

#### **3.4.3. Aclareo de plantas**

El aclareo de plantas se realizo a los 20 días después de la siembra dejando una planta a una distancia de 20 centímetros entre planta y una separación entre surcos de 75 centímetros para una densidad de 66,666 plantas por hectárea.

#### **3.4.4. Fertilización**

Se dividió en dos etapas, en la primera etapa se aplico el 70 por ciento y en la segunda el 30 por ciento, se aplico en forma directa al suelo al momento de la siembra, utilizando la formula 11-52-00 MAP y sulfato de amonio 20.5-00-00, la segunda aplicación se llevo a cabo 40 días después de la siembra, aplicando una formula de 200-100-00.

### **3.4.5. Riegos**

Los riegos se realizaron por medio de un sistema de riego por gravedad utilizando multicompuertas. Aplicando el riego en las etapas críticas y de mayor demanda del cultivo.

### **3.4.6. Control de plagas**

Para el control de plagas se realizaron aplicaciones de cipermetrina 100g de I.A. /ha y clorpirifos etil 720g de I.A./ha para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y para araña roja (*Tetranychus sp.*), se aplicó abamectina 9g de I.A./ha.

### **3.4.7. Control de maleza**

Para el control de maleza se llevó a cabo de la siguiente manera: la aplicación de hierbamina 1.5 (l ha<sup>-1</sup>) a los 45 dds, también se controló por medio manual utilizando azadones para el control de zacate Johnson (*Sorghum halápense*), correhuela (*Convolvulus arvenses*), zacate chino y zacate pegarropa las que se presentaron en el cultivo y una escarda a los 45 dds con la finalidad de aporcar y eliminar las malas hierbas que se encontraron dentro de los surcos.

### **3.4.8. Cosecha**

La cosecha se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL el día 19 de Agosto de forma manual, se cosecharon las plantas que se encontraban en competencia completa dentro de la parcela útil, desechando a las dos plantas orilleras.

### **3.5. Características evaluadas**

Para una adecuada evaluación de las líneas incluidas en este trabajo, las características evaluadas durante el ciclo del cultivo fueron las que a continuación se indican:

#### **3.5.1. Días a la floración masculina (FM)**

Se determinó con el total de días transcurridos, desde la siembra hasta que el 75 % de las plantas por parcela que se encontraban liberando polen.

#### **3.5.2. Días a la floración femenina (FF)**

Dato tomado contabilizando los días transcurridos desde la siembra hasta que las plantas presentaban el 75 % de los jilotes con estigmas aptos para ser fecundados.

#### **3.5.3. Altura de planta (AP)**

Es la altura desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta, para esto se midieron 3 plantas al azar dentro de la parcela útil, y se expresó en metros.

#### **3.5.4. Altura de mazorca (AMz)**

Altura comprendida desde la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior de la planta de las cuales se tomaron las mismas 3 plantas al azar de las cuales se tomó la altura de planta en metros.

### **3.5.5. Longitud de la mazorca (LMz)**

Se tomo el diámetro de las mazorcas en la cual se expresó en cm, de las 5 plantas recolectadas desde la base hasta la punta de la misma.

### **3.5.6. Diámetro de la mazorca (DMz)**

Este dato se obtuvo midiendo en cm, el diámetro ecuatorial de la mazorca, utilizando el vernier.

### **3.5.7. Rendimiento de mazorca (RMz)**

Se cosecho la parcela útil después se procedió a pesar en gramos, el total de mazorcas para estimar el rendimiento de mazorcas.

### **3.5.8. Número de hileras (NHMz)**

Se obtuvo contabilizando el número de hileras de las mazorcas recolectadas.

### **3.5.9. Granos por hilera (NGH)**

Para obtener este dato se contaron el número de granos que estaban contenidos dentro de una hilera.

### **3.5.10. Rendimiento de grano (RG)**

Se considera el peso neto de grano, para esto se peso el grano expresándose en gramos, de todas las mazorcas colectadas en la parcela útil, cuando esta tenía un 13% de humedad.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1, se presenta la significancia de cuadrados medios de 11 variables en 100 Líneas S<sub>1</sub>. Para grupos (G) se observan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para todas las variables.

En la fuente de variación Línea (G) se encontró diferencia significativa ( $p < 0.01$ ) para la mayoría de las variables para FM, DM, LM, NH, NG y PM, mientras que para FF, AP, y RG fueron significativos al ( $p < 0.05$ ) a excepción de relación AM y DO en las cuales no se presentó significancia alguna.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de 11 características evaluadas.**

F.V.	Gpo	Rep	Gpo*Rep	Línea (Gpo)	Error	CV(%)	MEDIA
G.L.	9	1	9	91	89		
FM	103.3**	186.2**	7.3	21.1**	8.6	3.1	93.6
FF	110.7**	250.9**	22.7*	16.1*	10.5	3.3	97.8
AP	5314.3**	664.6	394.6	419.7*	258.5	9.0	178.9
AM	1700.7**	58	351.9**	107.0	81.7	17.2	52.4
DM	1.2**	0.34*	0.1	0.1**	0.1	5.6	4.3
LM	33.3**	24.5**	2.6	4.1**	2.4	9.3	16.8
DO	0.8**	0.00005	0.1	0.2	0.1	13.6	2.7
NH	10.3**	1.4	2.8*	2.8**	1.2	8.1	13.8
NG	261.0**	222.2**	19.8	37.3**	22.7	16.1	29.6
PM	53.4**	8.3	3.7	6.2**	3.1	18.1	9.8
RG	38.5**	0.28	5.0	5.0*	3.2	22.0	8.1

\*, \*\* Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; LM = Longitud de mazorca; DO = Diámetro de olote; NH = Numero de hilera; NG = Numero de grano; PM = Peso de mazorca y RG = Rendimiento de grano.

El coeficiente de variación oscilo de 3.1 a 22.0 porciento lo cual de acuerdo a Falconer (1978) está dentro del rango aceptable.

Los resultados indican que los grupos (G) presentan marcadas diferencias fenotípicas entre ellos, como resultado de el origen genético diferente de donde provienen. Lo anterior presume que las líneas dentro de cada grupo también serán diferentes, como se expresaron en el Cuadro 4.1 para la mayoría de las variables.

En el Cuadro 4.2, se presentan los valores medios por grupo para las variables evaluadas:

**4.2. Floración masculina (FM).** El grupo siete (G7) presentó en mayor numero de días a floración con 98.8 días, estadísticamente diferente al resto y por lo tanto clasificada como la de ciclo mas tardío. La media fue de 93.6 días con un intervalo de 7.4 días. Los grupos ocho (G8) y dos (G2) fueron los mas precoces con 91.4 días respectivamente.

**4.3. Floración femenina (FF).** Los grupos siete (G7) y seis (G6) presentaron mayor numero en días a floración con 102.3 y 100.7 días respectivamente por lo cual fueron las de ciclo más tardío. Mientras que el grupo uno (G1) fue el más precoz con 95.0 días respectivamente.

**4.4. Altura de planta (AP).** Los grupos cuatro (G4), seis (G6), dos (G2), tres (G3), cinco (G5) y diez (G10) fueron los que mayor altura presentaron con respecto a los demás con; 193.2, 190.9, 188.7, 185.9, 185.2 y 182.2 centímetros respectivamente. La media fue de 178.9 centímetros con un intervalo de 56.8 cm. Mientras que el grupo ocho (G8) fue el de menor altura con 136.4 centímetros y significativamente diferente del resto.

**4.5. Altura de mazorca (AM).** En tanto que los grupos siete (G7), seis (G6), cuatro (G4), cinco (G5) y dos (G2) presentaron significativamente mayor altura respecto a los demás con: 63.0, 60.8, 58.5, 56.7 y 54.4 centímetros respectivamente. En cuanto al grupo ocho (G8) presento la menor altura con 33.0 centímetros.

**4.6. Diámetro de mazorca (DM).** El rango para esta variable fue de solo 0.8 cm y un valor medio de 4.3 cm, así los grupos que mayor diámetro presentaron fueron los grupos (G7), uno (G1), diez (G10), nueve (G9) y tres (G3) respectivamente con 4.6, 4.5, 4.4, 4.4 y 4.4 cm y diferentes al resto. En cuanto al grupo cuatro (G4) fue el que presento menor diámetro con 3.8 cm.

**4.7. Numero de hilera (NH).** La media de esta variable fue de 13.8 y con rango de 12.5 a 15.0, donde el máximo de hileras se presentó en los grupos siete (G7), dos (G2), uno (G1), tres (G3) y seis (G6) con 15.0, 14.4, 14.1, 14.1 y 14.1 hileras por mazorca. Mientras que los grupos que menor hileras presentaron son, el ocho (G8), diez (G10), nueve (G9) y cuatro (G4) con 12.5, 13.1, 13.4 y 13.5 hileras respectivamente, todos por debajo de la media.

**4.8. Longitud de mazorca (LM).** Esta variable osciló de 13.6 a 18.4 cm, dentro de este rango resaltan **los** grupos con mayor longitud como son: nueve (G9), siete (G7), diez (G10), tres (G3) y seis (G6) con 18.4, 17.7, 17.5, 17.2 y 17.2 cm. Mientras que el grupo ocho (G8) fue el que menor diámetro con 13.6 cm de los demás.

**4.9. Numero de grano (NG).** Conforme a esta variable los grupos que mayor numero de granos presentaron fueron los siguientes; diez (G10), uno (G1), cuatro (G4), seis (G6), tres (G3) y siete (G7) con 33.7, 33.1, 31.5, 30.8, 30.1 y 30.0 granos por mazorca. Conforme al grupo que menor grano obtuvo fue el ocho (G8) con 20.7 granos y diferente estadísticamente con respecto a los demás.

**4.10. Peso de mazorca (PM).** La producción media de mazorca de los grupos fue de 9.8 t ha<sup>-1</sup> con un intervalo de 5.6 a 11.3 t ha<sup>-1</sup>. Los grupos que mayor RM presentaron fueron: el diez (G10), uno (G1), tres (G3), nueve (G9), cuatro (G4), siete (G7) y seis (6) con 11.3, 11.3, 10.4, 10.3, 10.3, 10.1 y 9.8 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Mientras que el grupo que menor peso obtuvo fue el ocho (G8) con 5.6 t ha<sup>-1</sup>.

**4.11. Rendimiento de grano (RG).** Esta es la variable de mayor importancia, pues refleja el potencial del material evaluado. Para esta variable los grupos que mayor rendimiento obtuvieron son el diez (10), uno (1), nueve (9), cuatro (4), tres (3) y seis (6) con 9.5, 9.2, 8.7, 8.5, 8.4 y 8.3 toneladas por hectárea. La media fue de 8.1 t ha<sup>-1</sup> con un intervalo de 5 t ha<sup>-1</sup>. Mientras tanto el grupo que menor rendimiento obtuvo fue el ocho con 4.5 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4.2. Valores medios, mínimo, máximo y diferencia mínima significativa en 11 variables de 10 grupos de líneas S<sub>1</sub> evaluadas en la UAAAN-UL primavera, 2008.**

Gpo	FM†	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
10	92.6	96.4	182.2	49.9	4.4	17.5	2.4	13.1	33.7	11.3	9.5
1	91.9	95.0	175.7	52.6	4.5	16.5	3.0	14.1	33.1	11.3	9.2
9	92.8	97.3	173.2	40.8	4.4	18.4	2.8	13.4	28.1	10.3	8.7
4	93.2	98.0	193.2	58.5	4.2	17.0	2.6	13.5	31.5	10.3	8.5
3	94.0	98.2	185.9	54.3	4.4	17.2	2.7	14.1	30.1	10.4	8.4
6	95.5	100.7	190.9	60.8	4.3	17.2	2.5	14.1	30.8	9.8	8.3
7	98.8	102.3	177.5	63.0	4.6	17.7	2.8	15.0	30.0	10.1	8.0
2	91.4	95.8	188.7	54.4	4.1	16.2	2.6	14.4	29.6	9.3	7.7
5	94.7	99.4	185.2	56.7	4.1	16.7	2.5	13.8	28.3	8.8	7.7
8	91.4	95.7	136.4	33.0	3.8	13.6	2.4	12.5	20.7	5.6	4.5
<b>Media</b>	<b>93.6</b>	<b>97.8</b>	<b>178.9</b>	<b>52.4</b>	<b>4.3</b>	<b>16.8</b>	<b>2.7</b>	<b>13.8</b>	<b>29.6</b>	<b>9.8</b>	<b>8.1</b>
<b>Mínimo</b>	<b>91.4</b>	<b>95.0</b>	<b>136.4</b>	<b>33.0</b>	<b>3.8</b>	<b>13.6</b>	<b>2.4</b>	<b>12.5</b>	<b>20.7</b>	<b>5.6</b>	<b>4.5</b>
<b>Máximo</b>	<b>98.8</b>	<b>102.3</b>	<b>193.2</b>	<b>60.8</b>	<b>4.6</b>	<b>18.4</b>	<b>3.0</b>	<b>15.0</b>	<b>33.7</b>	<b>11.3</b>	<b>9.5</b>
<b>DMS</b>	<b>2.8</b>	<b>2.5</b>	<b>12.8</b>	<b>6.4</b>	<b>0.2</b>	<b>1.2</b>	<b>0.2</b>	<b>1.1</b>	<b>3.8</b>	<b>1.5</b>	<b>1.4</b>

†FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; LM = Longitud de mazorca; DO = Diámetro de olote; NH = Numero de hilera; NG = Numero de grano; PM = Peso de mazorca y RG = Rendimiento de grano.

En el Cuadro 4.3, se presentan los coeficientes de correlación de 11 variables evaluadas y su significancia, donde se observan valores de correlación que son biológicamente obvias altas y significativas como las de DFM con DFF (0.89), AP con AM (0.70); asimismo, se observó que AP correlacionó positiva y significativamente con las variables de mazorca y RM y RG, donde la de mayor magnitud fue con LM (0.61), el resto fue menor.

Respecto a las variables relacionadas con la mazorca se observaron 18 correlaciones altamente significativas, una significativa y dos no-significativas. Cabe resaltar la de DM con NH, NG y RM con 0.61, 0.65 y 0.85 respectivamente; LM con NG (0.62) y RM (0.72) y, NG y RM (0.85).

Rendimiento de grano (RG), correlacionó significativamente ( $p < 0.01$ ) excepto con floración masculina y femenina, con el resto de las variables. Resaltan por su magnitud con DM (0.77), LM (0.66), NG (0.80) y RM (0.94).

**Cuadro 4.3. Coeficientes de correlación de 11 variables en 10 grupos de líneas S<sub>1</sub>, evaluadas en la UAAAN-UL, 2008.**

	DFM	DFF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	RM	RG
DFM		0.89**	0.09	0.32**	-0.02	0.08	-0.10	0.07	-0.06	-0.13	-0.14
DFF			0.10	0.33**	-0.08	0.07	-0.11	0.08	-0.13	-0.19	-0.17
AP				0.70**	0.39**	0.61**	0.05	0.37**	0.58**	0.58**	0.58**
AM					0.32**	0.35**	0.10	0.34**	0.42**	0.36**	0.34**
DM						0.58**	0.56**	0.61**	0.65**	0.85**	0.77**
LM							0.17	0.38**	0.62**	0.72**	0.66**
DO								0.36**	0.19*	0.37**	0.28**
NH									0.40**	0.51**	0.47**
NG										0.85**	0.80**
RM											0.94**
RG											

\*, \*\* Significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DM = Diámetro de mazorca; LM = Longitud de mazorca; DO = Diámetro de olote; NH = Numero de hilera; NG = Numero de grano; PM = Peso de mazorca y RG = Rendimiento de grano.

De lo anterior se deduce que el rendimiento de mazorca y grano en este grupo de material, dependen en mayor medida de las dimensiones del DM, LM y NG, por lo que se deben considerar en el proceso de selección.

## V. CONCLUSIONES

Para grupos (G), existió una gran variación fenotípica para todas las variables evaluadas.

Las líneas dentro de grupo, fueron alta y significativamente diferentes en cuanto a las variables FM, DM, LM, NH, NG y PM, y similares para AP y DO.

El grupo G7 presento el ciclo mas tardío tanto para FM y FF con 98.8 y 102.3 días respectivamente y, los grupos G8 y G1 los mas precoces con 91.4 y 95 días para FM y FF respectivamente.

Los grupos más sobresalientes en RG fueron el G10, G1 y G9 con 9.5, 9.2 y 8.7 t ha<sup>-1</sup>, cuyas líneas tienen su origen en los híbridos Arayan , Genex-766 y Vulcano respectivamente

Se observó correlación alta, positiva y significativa en AP, AM, DM, LM, DO, NH, NG y RM con AM y las variables de mazorca (DM, LM, NH y NG) con RM y RG.

## VI. LITERATURA CITADA

- Andow, D., Lamkey, K., Daniel. H., Nafziger, E., Gepts, P. and Stayer D. 2004. A growing concern protecting the food supply in an era of pharmaceutical and industrial crops. Unión of Concern Scientists. USA.
- Burton, J. W., L. H. Penny, A. R. Hallauer and S. A. Eberhart. 1971. Evaluation of synthetic populations Developer from maize populations (BSK) by two methods of recurrent selection. *Crop Sci.* 11: 361-367.
- Cruz M. J. M. (1988) Selección recurrente para tolerancia a sequía en el compuesto de maíz calera-74, Tesis de maestría UAAAN Buenavista Saltillo. Pg.65.
- Darrah, L. L. 1986. Evaluation of population improvement in the Kenya maize breeding methods study. In B. Gelaw, ed. *To Feed Ourselves: Proc. 1st Eastern, Central and Southern Africa Reg. Maize Workshop*, p. 160-176. Mexico, DF, CIMMYT.
- Devey, M. E. and Russell, W. A. 1983. Evaluation of recurrent selection for stalk quality in a maize cultivar and effects on other agronomic traits. *Iowa State J. Sci.*, 58: 207-219.
- Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. *Biotecnología y Agroecología: paradigmas opuestos*. *Agro-ciencia* 3:7-22
- Eberhart, S.A., Salhuana, W., Sevilla, R. & Taba, S. 1995. Principles for tropical maize breeding. *Maydica*, 40: 339-355.

Falconer, D. S. 1978. Introducción a la genética cuantitativa. Ed. CECOSA 28 Edición. 338 p.

Genter C. F. 1971. Yields of S1 lines from original and advanced syntetic varieties of maize. Crop. Sci. 11(6): 821-824.

Hallauer, A. R. 1992. Recurrent selection in maize Plant Breeding Reviews. 9:115-179.

Hallauer, A. R. and S. A. Eberhart. 1979. Reciprocal full-sib selection. Crop Sci. 10:315-316.

Hallauer, A. R. and Miranda, J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding, 2nd ed. Ames, IA, USA, Iowa State University Press.

Hallauer A. R, J. B. Miranda 1981. Quantitative Genetics in maize Breeding, Iowa state University press. AUE. Page. 468.

Iglesias, C. A. and Hallauer, A. R. 1991. Response to S2 recurrent selection in exotic and semiexotic populations of maize (*Zea mays* L.). J. Iowa Acad. Sci., 98(1): 4-13.

Jinahyon, S. and W. A. Rusell. 1969. Recurrent selection for stalk-rot resistance in a open pollianated variety of maize. Iowa State. J. Sci. 43:229-237.

Jugenheimer W. R. 1985. Maíz variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa. México. Pg. 76.

Lamkey, K. R. 1992. Fifty years of recurrent selection in the Iowa Stiff Stalk Synthetic maize population. *Maydica*, 37: 19-38.

Márquez, S. F. 1985. AGT-Editores. México. 357p.

NASS, 2006. National Agricultural Statistics Service. [www.usda.nass.gov](http://www.usda.nass.gov) (21 de mayo del 2006).

Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. LIMUSA-WILEY, México, DF.

Reta S. DG., A Gaytán M, J. S. Carrillo A (1998). Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. *Cienc. Agropecu. FAUNAL*. 8:11-16.

Rodríguez, O. A. and A. R. Hallauer. 1988. Effects of recurrent selection in corn populations. *Crop. Sci.* 28:796-800.

Russell, W. S., D. J. Blackburn and K. R. Lamkey. 1992. Evaluation of a modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement. *Maydica*. 37:61-67.

Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación (SAGARPA) 2005. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)  
(10 de noviembre del 2009).

Stojsin, D. and Kannenberg, L. W. 1994. Genetic changes associated with different methods of recurrent selection in maize populations. I. Directly selected traits. *Crop Sci.*, 34: 1466-1472.