

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN LÍNEAS S<sub>1</sub> DE  
MAÍZ**

**POR**

**GABRIEL JUÁREZ MORALES**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAH. MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2008**

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN LÍNEAS S<sub>1</sub> DE  
MAÍZ**

TESIS DE EL C. **GABRIEL JUÁREZ MORALES**, ELABORADO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**ASESOR PRINCIPAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ  
TORRES**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

DICIEMBRE DE 2008

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**INTERACCIÓN GENOTIPO AMBIENTE EN LÍNEAS S<sub>1</sub>  
DE MAÍZ**

TESIS DE EL C. **GABRIEL JUÁREZ MORALES**, QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ARTURO PALOMO GIL**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA**

**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ  
TORRES**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A DIOS*

*Por darme la oportunidad de vivir y prepararme en una etapa mas de mi vida; por cuidarme día y noche en todos los momentos y por darme la fuerza necesaria para salir adelante ante toda situación que se me presento en tanto en mi carrera como en mi vida y por brindarme una familia maravillosa.*

### *A MI ALMA TERRA MATER*

*Que me cobijo con sabiduría y conocimiento durante mi estancia en esta institución, permitiendo la oportunidad de realizarme como profesionista y como persona.*

### *A MIS ASESORES*

*Dr. Armando Espinoza Banda. Dr. Arturo Palomo Gil, MC. Oralia Antuna Grijalva, Ing. Leopoldo e. Hernández Torres, por brindarme su confianza y contribuyeron en mi formación profesional y en culminación de este proyecto.*

### *A MIS MAESTROS.*

*Por transmitirme sus conocimientos y ayudar en la preparación académica, atendiendo con paciencia y dedicación a la resolución de mis dudas; por orientarme a realizar las cosas de buena manera para ser una persona de bien.*

### *A MIS AMIGOS*

*Ing. Ruben, Rafael, Milton, Ismael, Matuzalén, Juan, Fausto, Abdías, Hugo, Leonel, Marco Polo, Osviel, Cesar, Elmi, Jorge, José Luis, Julio Nelson, etc., por que una u otra forma convivimos dentro de la universidad, por brindarme su apoyo y amista en los momentos buenos y malos, y por aprender de cada uno de ellos en cada situación durante esta estancia. ! Graaciaas ;*

## DEDICATORIAS

*A mis padres:*

*ELFEGA MORALES SANDOVAL*

*Y*

*MARCIAL JUÁREZ GARCIA*

*Quienes con su apoyo incondicional, confianza, consejos, pero sobre todo por su amor, que hicieron la oportunidad de realizar mis estudios y terminar mi carrera sin importarles los esfuerzos y sacrificios que realizaron para poder concluir esta etapa de mi vida, GRACIAS.*

*A mis hermanos:*

*LETICIA JUÁREZ MORALES*

*ALEJANDRA JUÁREZ MORALES*

*MARCIAL JUÁREZ MORALES*

*Por brindarme su apoyo, consejos incondicionales y por un simple hecho por ser su hermano.*

*A mis nenas:*

*VANESSA Y DANIELA*

*Por haber llegado a iluminar mi vida por ser las nenas que me impulsan a seguir adelante y superarme.*

## INDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivos.....	3
Hipótesis .....	3
Metas .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Producción de tecnología mejorada de maíz en México.....	4
Selección recurrente .....	5
Líneas S <sub>1</sub> .....	5
Interacción genotipo ambiente .....	6
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	10
Ubicación geográfica del sitio experimental.....	10
<b>Material genético</b> .....	10
Formación del material genético .....	10
Evaluación de líneas S <sub>1</sub> .....	11
<b>Manejo agronómico</b> .....	11
Preparación del terreno .....	11
Riegos.....	11
Aclareo de plantas .....	11
Fertilización.....	11
Control de plagas.....	12
Control de maleza.....	12
<b>Variables evaluadas</b> .....	12
Floración masculina .....	12
Floración femenina .....	12
Altura de planta.....	12
Altura de mazorca.....	12
Diámetro de mazorca.....	12
Longitud de mazorca .....	13
Diámetro de olote.....	13
Numero de hilera .....	13
Numero de granos por hilera .....	13

	<b>Página</b>
Peso de mazorca .....	13
Rendimiento de grano.....	13
<b>Modelo estadístico</b> .....	13
Análisis de varianza .....	13
Análisis combinado .....	14
Estimación de parámetros genéticos .....	15
Correlaciones Simples entre Variables .....	16
<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b> .....	17
Efecto localidad.....	19
Efecto grupo.....	20
<b>CONCLUSIONES</b> .....	27
<b>RESUMEN</b> .....	28
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	29

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°</b>	<b>Página</b>
1. Origen de las líneas S <sub>1</sub> utilizadas. UAAANL – UJED. 2008 .....	10
2. Se presenta el número de riegos aplicados UAAAN-UL y UJED.....	11
3. Esperanza de Cuadrados Medios.....	15
4. Significancia de cuadrados medios de 11 variables agronómica.....	19
5. Valores medios de dos localidades de 11 variables agronómicas.....	20
6. Promedio de características agronómicas y rendimiento de 10 grupos de líneas S <sub>1</sub> evaluados en la Comarca Lagunera .....	22
7. Correlación de las variables evaluadas .....	23
8. Parámetros genéticos de 11 variables agronómicas .....	24
9. Valores medios de 20 líneas S <sub>1</sub> seleccionadas .....	26



## INTRODUCCIÓN

El maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción después del trigo, mientras el arroz ocupa el tercer lugar, es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para ganado o como fuente de un gran número de productos industriales, un ejemplo claro es la producción de etanol.

En México, es uno de los cultivos más importantes ya que este cereal es la dieta alimenticia diaria de los mexicanos. Lamentablemente, más del 35% de la superficie anual de maíz aproximadamente 8 millones de hectáreas, son sembradas bajo condiciones de mal temporal y en condiciones marginales de fertilidad, labores de cultivo así como la falta asistencia técnica a campesino.

La Comarca Lagunera esta situada en las zonas áridas y semiáridas de la parte norte centro de la Republica Mexicana, para el año 2007 se sembró una superficie de 46,650 ha, de las cuales 26,500 ha, fueron de maíz grano. Los rendimientos promedios para maíz grano bajo condiciones de riego asilan de 2.8-3.0 t ha<sup>-1</sup>, sin embargo las condiciones agro climáticas muestran que el maíz tiene un potencial de rendimiento de 10.7 a 11.4 t ha<sup>-1</sup> de grano, por lo que productores están en constante búsqueda de materiales genéticos potenciales y mas baratos, ya que el alto precio de las semillas aumentan los costos de producción y reducen la rentabilidad ya que se considera un cultivo de subsistencia alimentaría.

Los condiciones ecológicas de la comarca lagunera representan contrastes en cuanto a temperaturas (máximas y mínimas), precipitación y tipo de suelo por lo que es importante valorar el efecto que pueden tener estas condiciones con el potencial genético de líneas S<sub>1</sub> en producción, para una mejor selección de materiales prometedores para esta región.

El maíz en México, más que en otros países de América, tiene una extraordinaria diversidad genética, ha tenido un papel importante en el desarrollo de variedades modernas altamente productivas. La variabilidad genética es esencial para los programas de mejoramiento continuo de especies cultivadas, una fuente de potencial es el uso de germoplasma exótico o inadaptado.

Uno de los principales objetivos del mejoramiento genético, consiste en aumentar los rendimientos por unidad de superficie, sin embargo el mejorador se enfrenta en principio al problema de la diversidad ambiental y a la respuesta relativa diferencial que muestran las variedades a dichos ambientes.

La manifestación genotípica de las plantas dependen en gran parte del medio que las rodea, la presencia de interacciones entre estos dos factores en general hacen difícil el logro y la medida de los avances genéticos en la selección de líneas y la prueba de materiales.

La selección de líneas mas apropiado para un ambiente específico, puede efectuarse con relativa facilidad, pero a medida que los ambientes se diversifican, la variabilidad ambiental aumenta y en consecuencia las plantas pueden no mantenerse dentro de rangos de altos rendimiento, la cual dificulta demostrar la superioridad de un genotipo específico.

La evaluación de líneas  $S_1$  en maíz son conducidas con el propósito de obtener información acerca del rendimiento y otras características agronómicas con respecto a una región, pero estas no dan información adecuada sobre la adaptación en general.

Una estrategia de mejora que puede significar un ahorro en tiempo y recursos materiales y humanos, es seleccionar genotipos sobresalientes a partir de poblaciones altamente seleccionadas y adaptadas como aquellas que se pueden derivar de los híbridos comerciales. Este es el ámbito del presente trabajo.

## **Objetivos**

Derivar líneas  $S_1$  con base a 10 grupos germoplásmicos diferentes.

Evaluar y seleccionar líneas  $S_1$  de cada grupo por sus características agronómicas, rendimiento de grano y adaptación.

## **Hipótesis**

Los grupos germoplásmicos no interaccionan con el ambiente.

Los grupos germoplásmicos producen líneas genéticamente diferentes.

Las líneas  $S_1$  derivadas de cada grupo muestran un comportamiento similar en características agronómicas, rendimiento de grano y adaptación.

## **Meta**

La diversidad de grupos y líneas permitirá seleccionar al menos el 20% de material genético.

## REVISION DE LITERATURA

### **Producción de tecnología mejorada de maíz en México**

Los híbridos, pueden ser incorporados y combinados en programas de mejoramiento genético, para ampliar la base genética, la diversidad, y mejorar las características agronómicas (Pugh y Layrisse, 2005). Las cruces entre estos híbridos se comportan diferente a la autofecundación de híbridos comerciales; (De la Cruz *et al.*, 2003). Para usar híbridos en la formación de nuevas líneas, es conveniente realizar una previa identificación de los que han mostrado un mejor comportamiento agronómico (Carrera y Cervantes, 2002) y tomar las medidas necesarias para que el avance ocurra en ausencia de fuerzas modificadoras de la frecuencia genética, sobre todo en la obtención de semillas para generaciones subsecuentes (Pugh y Layrisse, 2005).

### **Selección recurrente**

El mejoramiento de poblaciones de maíz mediante selección recurrente ha sido efectivo para incrementar la frecuencia de alelos favorables de importancia económica. Estas poblaciones mejoradas se han utilizado comercialmente como variedades de polinización libre y en híbridos intervarietales, así como fuente de líneas endocriadas (Lonquist, 1949; Eberhart *et al.*, 1967; Hallauer, 1990).

El mejoramiento de poblaciones mediante selección recurrente puede ser inter o intrapoblacional. La selección intrapoblacional involucra el mejoramiento de una población, y los métodos más comunes para hacerlo son la selección masal y la familiar en cualquiera de sus variantes: medios hermanos paternos o maternos, hermanos completos y de autohermanos (líneas  $S_1$  ó  $S_2$ ) (Márquez, 1985; Hallauer y Miranda, 1988);

Por otro lado debe resaltarse que la selección recurrente explota en mayor grado la varianza aditiva, mejora la media poblacional, mantiene la

variabilidad genética, e incrementa la probabilidad de desarrollar híbridos y variedades mejoradas superiores (Chávez, 1995).

### **Líneas S<sub>1</sub>**

La selección recurrente de progenies S<sub>1</sub> 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 maíz, selección recurrente por medio de líneas S<sub>1</sub> y selección recurrente usando un probador, obteniendo ganancias de 16.3 por ciento, por medio de líneas S<sub>1</sub> y 6.3 por ciento por medio de cruzas de prueba.

La selección basada en progenies endocreadas S<sub>1</sub> y S<sub>2</sub>, es teóricamente efectiva para efectuar cambios en la frecuencia de genes con efectos aditivos, (Hallauer y Miranda, 1981). La selección recurrente de líneas S<sub>1</sub> es efectiva para eliminar alelos recesivos deletéreos que limitan el progreso en la selección, (Córdova *et al.*, 1986).

Hallauer y Miranda (1981), señalan que la selección entre progenies S<sub>1</sub> ha sido utilizada para mejorar varias características, mostrando siempre respuestas positivas y conduce por sí misma al mejoramiento de la mayoría de los caracteres.

El método de selección recurrente con líneas S<sub>1</sub>- S<sub>2</sub>, ha sido evidente en el progreso alcanzado en el mejoramiento para la resistencia al achaparramiento, ha sido evidente para eliminar o reducir la frecuencia de genes recesivos deletéreos presentes en las poblaciones sometidas a mejoramiento, incrementar la frecuencia de alelos favorables involucrados en la resistencia al achaparramiento, desarrollar cultivares con resistencia y buen potencial de rendimiento (Urbina, 1997).

## **Interacción genotipo ambiente**

Para evaluar el comportamiento del material genético, generado por los programas de mejoramiento, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación (Yang y Becker, 1991; Magari y Kang 1993).

Por otra parte, el conocimiento de la magnitud de la interacción entre el genotipo y el ambiente permite evaluar la estabilidad de los cultivares en una gama de ambientes donde se desean introducir. También permite evaluar los potenciales productivos y las posibles limitaciones de éstos en cada localidad (Contreras y Krarup, 2000).

La interacción de cultivares con los factores ambientales (sitios, año de plantación, tipo de suelo, nivel de tecnología usado, etc.) es de gran importancia para los agricultores y en los programas de mejoramiento de plantas. Los efectos que los cultivares y el ambiente ejercen sobre la interacción cultivar-ambiente son estadísticamente no aditivos. Esto indicaría que las diferencias en productividad entre cultivares dependerá del ambiente en el cual están siendo cultivados (Yue *et al*, 1997; Scapim *et al*. 2000; Contreras y Krarup, 2000).

La estabilidad fenotípica del rendimiento ha tenido varias interpretaciones. Becker (1981) propuso dos conceptos: el biológico, cuyo ideal es el genotipo de mínima variación a través de ambientes, mostrando un rendimiento constante en cualquier condición de producción (varianza estadística mínima), y el agronómico, que representa una mínima interacción genotipo ambiente, lo cual está asociado a la presencia de obtener un incremento del rendimiento en respuesta a mejoras ambientales.

Palomo (1976) menciona que cuando un grupo de variedades es evaluado en un único ambiente, las diferencias observadas entre las variedades se confunden con las diferencias debidas a los efectos de la interacción genotipo-ambiente. De aquí que al efectuar recomendaciones respecto a la mejor variedad para una determinada región, sea necesario el evaluar las variedades en una muestra adecuada de los ambientes que probablemente sean encontrados en distintas localidades y ciclos agrícolas.

Viorel (1977) menciona en su trabajo relativo a la interacción, se debe considerar la interacción genotipo-ambiente con objeto de obtener formas que manifiesten no solamente la mas alta productividad para una determinada zona, sino también el comportamiento más constante en la producción. El material de mejora se debe probar en varios años y localidades, seleccionándose las formas más adaptados.

El comportamiento desigual de genotipos en diferentes ambientes (interacción genotipo x ambiente,  $G \times A$ ) en ensayos de rendimientos es un reto para los fitomejoradores. La interacción  $G \times A$  ha mostrado que reduce el progreso en la selección y complica la identificación de cultivares superiores en ensayos regionales (Kang y Miller, 1984; Eskridge, 1990).

Existen dos posibilidades para el desarrollo de variedades con baja interacción genotipo por ambiente: subdividir las áreas en regiones relativamente homogéneas donde los genotipos requieran adaptación específica, o bien generar materiales de gran estabilidad con comportamiento adecuado en una amplia gama de ambientes (Tai, 1971; Cervantes 1992).

La estabilidad del material que se encuentra en las últimas etapas de un programa de mejoramiento es un requisito básico para su liberación final. El conocimiento de los parámetros de estabilidad es una herramienta

útil para distinguir diferencias genéticas ó ambientales entre variedades, híbridos, clones, etc., debido a que solo el valor de la media del carácter como único dato, resulta insuficiente para definir el comportamiento del material en estudio (Basford y Cooper, 1998; Kang, 1998).

Márquez (1988) menciona que el problema de la interacción genotipo ambiente en México reviste una mayor importancia que en otros países, por sus condiciones naturales y por sus características socioeconómicas. Es conocida la diversidad ecológica de la republica, sin necesidad de recorrer grandes distancias en ocasiones para cambiar repentinamente de un ambiente a otro.

Cuando se ha llegado a la conclusión de la universalidad del fenómeno de la interacción genotipo ambiente, basada en una profusión de resultados experimentales de muy variadas fuentes y contenidos, no se puede seguir ignorando dicho componente y continuar definiendo al genotipo de un individuo como la resultante de su patrimonio genético y del medio ambiente en que se desarrolla; hace falta prestar atención también ala forma en que el segundo actúa sobre el primero o sea el efecto adicional de la interacción (Marquez, 1992).

Livera (1992) menciona que la expresión fenotípica depende de los efectos genéticos ambientales y su interacción; por lo tanto, es importante estudiar el efecto de los factores ambientales en las respuestas de las plantas. Considerando que el crecimiento, desarrollo y producción de una planta depende de procesos fisiológicos y estos a su vez dependen de interacciones complejas entre el estado de la planta, estado de la atmósfera circundante y la propia naturaleza de los mecanismos o procesos fisiológicos y físicos, solo a través del mejor entendimiento de las respuestas fonológicas y fisiológicas de los cultivos al ambiente físico, y de las interacciones genotipo ambiente, se podrá contribuir a mejorar la eficiencia del proceso productivo de las plantas y su mejoramiento genético.



Márquez (1992) define a la interacción genotipo ambiente como “el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete a diferentes medios ambientes.”

Vencovsky y Barriga (1992) indican que la magnitud de la interacción GxA es estimada mediante el análisis de varianza conjunto de grupos de experimentos, repetidos en diferentes localidades y años. El estudio de la variabilidad fenotípica y genética de poblaciones naturales es de gran importancia para definir los materiales que serán utilizados en programas más específicos de mejoramiento vegetal (García *et al.*, 2002).

Los fitomejoradores frecuentemente enfrentan un problema de gran magnitud cuando seleccionan en presencia del fenómeno de interacción genotipo ambiente (GxA). Para evitar esta interferencia se han diseñado modelos de estabilidad que contribuyen a disminuir el riesgo involucrado en la selección al realizar estimaciones empíricas imperfectas (Córdova, 1989).

Por otra parte y a pesar de la diversidad de modelos estadísticos comúnmente empleados para el análisis de la interacción Genotipo x Ambiente, todos tienen en común el hecho que presumen la aditividad de los efectos que la componen. Todos los modelos son también lineales en sus parámetros, lo que significa que las diferencias genéticas y ambientales contribuyen independientemente, unas de otras, para la variación fenotípica. Sin embargo, los autores también señalan que es necesario considerar la interacción de los genotipos en los diferentes ambientes, el modo como tal interacción puede ocurrir y el como puede ser detectada, medida y evaluada (Vencovsky y Barriga, 1992).

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el año 2008, en la región agrícola de la Comarca Lagunera, como parte del programa genético de maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.

### Ubicación geográfica del sitio experimental

El trabajo se realizó en 2 localidades, en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón Coahuila, en la Comarca Lagunera, la cual se localiza en la parte oeste del sur del Estado de Coahuila, México en las coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a 1120 m.s.n.m.; la segunda localidad se llevó a cabo dentro del campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango localizada en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio–Tlahuilo, ubicada en ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango. Dentro de las coordenadas 25° 36' 51" latitud norte y 130° 21' 04" longitud oeste.

### Material genético

**Formación del material genético.** En primavera del 2007 en un lote experimental de la UAAAN-UL se sembraron 10 híbridos comerciales y en floración se autopolinizaron al azar 15 plantas las cuales al final del ciclo se cosecharon y desgranaron por separado. Se escogieron las mejores 10 mazorcas de cada híbrido que formaron los grupos de evaluación, Cuadro 1.

**Cuadro 1. Origen de las líneas S<sub>1</sub> utilizadas. UAAANL – UJED. 2008**

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

**Evaluación de líneas S<sub>1</sub>.** En primavera del 2008 se evaluaron 100 líneas S<sub>1</sub> de maíz derivadas de 10 grupos divergentes de germoplasma híbrido. La siembra se realizó a tierra venida (UAAAN-UL) y en seco (UJED) en marzo 18 y 27 respectivamente. El diseño experimental fue en Bloques al azar con dos repeticiones en 2 localidades. La parcela experimental consistió de un surco de 3 m de largo y 0.75m entre hilera y a 0.20m entre planta para una densidad de 66, 666 plantas por hectárea.

### **Manejo agronómico**

**Preparación del terreno.** Se llevo acabo en el mes de febrero del 2008, consistió en barbecho, rastreo, escrepa y riego de presiembra, para una siembra en húmedo en el campo experimental la UAAAN-UL. Para la localidad de UJED, se llevo acabo en el mes de marzo del 2008, consistió en barbecho, rastreo he instalación del sistema de riego por cintilla, sembrándose en seco.

**Riegos.** Se observa en el Cuadro 2, presentando en el cuadro para ambas localidades.

**Cuadro 2. Se presenta el número de riegos aplicados UAAAN-UL y UJED**

<b>Riegos</b>	<b>Aplicaciones (dds)</b>	<b>Etapas de desarrollo del cultivo</b>
Primero	20-25	Encañe: inicio de crecimiento.
Segundo	45-50	Inicio de crecimiento
Tercero	65-70	Inicio de floración masculina y femenina
Cuarto	80-85	Llenado de grano

**Aclareo de plantas.** Se realizo a los 20 días después de la siembra dejando una planta a una distancia de 20 centímetros entre planta.

**Fertilización.** Se aplicando una formula de 200-100-00, dividida en dos etapas para ambas localidades la primera consistió en el 70% y la segunda el 30% restante de la recomendación, aplicando 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.

**Control de plagas.** Se realizo según la presencia y/o la infestación de plagas, presentándose el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y araña roja (*Tetranychus sp.*), aplicando Cipermetrina 100g de I.A./ha y Clorpirifos etil 720g de I.A./ha, para la segunda plaga se aplico Abamectina 9g de I.A./ha.

**Control de maleza.** Se realizo dos limpiezas con azadón, una a los 15 días y otra a los 30 días para aporcar y mantener el cultivo libre de maleza, se realizo una aplicación de Hierbamina 1.5 (L/ha) a los 45 días.

#### **Variables evaluadas**

**Floración masculina (FM).** Se estimó en días a partir de la siembra y el momento que el 75 por ciento de las plantas de la parcelas presentaron exposición de las anteras en la espiga.

**Floración femenina (FF).** Se estimó en días después de la siembra y hasta que el 75 por ciento de las plantas de la parcela experimental presentaron exposición de los estigmas.

**Altura de planta (AP).** Se cuantifico en centímetros a los 85 días después de la siembra en tres plantas con competencia completa para ambas localidades.

**Altura de mazorca (AM).** Se cuantifico en centímetros a los 85 días después de la siembra se tomaron tres plantas con competencia completa por parcela para ambas localidades.

**Diámetro de mazorca (DM).** Se estimó en cinco mazorcas midiendo en la parte media de la mazorca con un vernier graduado, determinando el

diámetro en cm. El procedimiento se realizó por tratamiento, repetición y localidad.

**Longitud de mazorca (LM).** Se estimó en cinco mazorcas midiendo el largo total en centímetros con una regla de 30 cm.

**Diámetro de olote (DO).** Se determinó de 5 mazorcas desgranadas, midiendo en la parte media del olote con un vernier determinando el grosor en cm.

**Numero de hileras (NH).** Se cuantificó de las mazorcas cosechadas, contabilizando las hileras de cada mazorca y se estimó la media de hileras por mazorcas.

**Numero de granos por hilera (NG).** Se estimó contabilizando los granos de cada una de las hileras de cada una de las 5 mazorcas y se obtuvo el promedio.

**Peso de mazorca (PM).** Se estimó en cinco mazorcas, se pesaron en gramos y se transformó en  $t\ ha^{-1}$ .

**Peso de grano (PG).** La mazorca cosechada de las 5 plantas útiles, se desgranaron, se pesaron en gramos y se transformó en  $t\ ha^{-1}$ .

### **Modelo estadístico**

#### **Análisis de varianza.**

La información obtenida, se analizó estadísticamente en base al modelo de bloques al azar:

$$Y_{ijkl} = \mu + Li + Gj + Eij$$

donde:  $Y_{ij}$ : es la observación del  $i$ -ésimo tratamiento en la  $j$ -ésima repetición,  $\mu$ : media general,  $Li$ : efecto de la  $i$ -ésimo tratamiento,  $Gj$ : efecto

de la  $j$ -ésima repetición y  $E_{ij}$ : error experimental asociado a la observación  $Y_{ij}$ .

La prueba de significancia entre tratamientos se determino mediante la prueba de Tukey, esta prueba es efectiva al comparar n tratamiento estándar con los otros tratamientos.

### **Análisis combinado**

Para detectar el efecto de la interacción **Genotipo-Ambiente** se implementó el análisis combinado bajo el modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + Li + Gj + Bk/Li + H//Gj + L^*H/ + L^*H//Gj + Gj^*Bk/Li + E_{ijkl}$$

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

$j = 1,2,\dots, g$  (grupos)

$k = 1,2,\dots, b$  (repetición)

$l = 1,2,\dots, h$  (líneas)

donde:  $Y_{ijkl}$ : es la observación del  $i$ -ésimo localidad en la  $j$ -ésima grupo en la  $k$ -ésima repetición en la  $h$ -ésima línea,  $\mu$ : media general,  $Li$ : efecto de la  $i$ -ésimo localidad,  $Gj$ : efecto de la  $j$ -ésima grupos,  $Bk/Li$ : efecto de la  $k$ -ésima repeticiones entre la  $i$ -ésima localidad,  $H//Gj$ : efecto de la  $l$ -ésima líneas entre la  $j$ -ésima grupos,  $L^*H/$ : efecto de la  $i$ -ésimo localidad por  $l$ -ésima líneas,  $L^*H//Gj$ : efecto de la  $i$ -ésimo localidad por  $l$ -ésima líneas entre  $j$ -ésima grupos,  $Gj^*Bk/Li$ : efecto de la  $j$ -esima grupos por  $k$ -ésima repeticiones entre  $i$ -ésima localidad y  $E_{ijkl}$ : error experimental asociado a la observación  $Y_{ijkl}$ .

Las esperanzas de cuadrado medio se presentan en el Cuadro 3.

### Cuadro 3. Esperanza de Cuadrados Medios

FV	Grados libertad	CM	Esperanza cuadrados medios
L	(l-1)	CM8	$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l + b\sigma^2l*h/g + bh\sigma^2l*g + gh\sigma^2b/l + gbh\sigma^2l$
G	(g-1)	CM7	$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l + b\sigma^2l*h/g + bh\sigma^2l*g + bl\sigma^2h/g + lbh\sigma^2g$
B(L)	b(l-1)	CM6	$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l + gh\sigma^2b/l$
H(G)	h(g-1)	CM5	$\sigma^2e + b\sigma^2l*h/g + bl\sigma^2h/g$
L*G	(l-1)(g-1)	CM4	$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l + b\sigma^2l*h/g + bh\sigma^2l*g$
L*H/G	((l-1)(h-1))g	CM3	$\sigma^2e + b\sigma^2l*h/g$
G*B/L	((g-1)(b-1))l	CM2	$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l$
Error exp.		CM1	$\sigma^2e$
Total	(lgbh-1)		

FV=Fuente de Variación; CM=Cuadrados Medios; L= Localidad; G=Grupo; H=Línea; B=Repetición.

#### Estimación de parámetros genéticos:

$h\sigma^2l$  = varianza ambiente

$$\sigma^2e + h\sigma^2g*b/l + b\sigma^2l*h/g + bh\sigma^2l*g + gh\sigma^2b/l + gbh\sigma^2l$$

$$h\sigma^2l = \frac{CM8 - CM4 - CM6 - CM2}{gbh}$$

$\sigma^2_{h/g}$  = varianza genética

$$\sigma^2e + b\sigma^2l*h/g + bl\sigma^2h/g = CM5$$

$$\sigma^2_{h/g} = \frac{CM5 - CM3}{rl}$$

$\sigma^2l*h/g$  = varianza interacción genótipo ambiente

$$\sigma^2e + b\sigma^2l*h/g = CM3$$

$$\sigma^2l*h/g = \frac{CM3 - CM1}{r}$$

$\sigma^2f$  = varianza fenotípica

$$\sigma^2f = \sigma^2_{h/g} + h\sigma^2l + \sigma^2_{l*h/g} + \sigma^2e$$

$h^2$  = heredabilidad

$$h^2 = \frac{\sigma^2_a}{\sigma^2_f}$$

## Correlación Simple entre Variables

Para las Correlación simple se utilizó la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2} \sqrt{\Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

Se recurrió a las tablas estadísticas de Pearson para definir la significancia de estas correlaciones solo al nivel de probabilidad,  $p \leq 0.05$ .



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4, se presenta el análisis de varianza (ANOVA), para las 11 variables agronómicas.

Para localidad (L), se observó diferencias altamente significativas para las variables FM, FF, AP, AM, DM, LM, NH, NG, PM, RG y, diferencias no significativas para diámetro de olote (DO).

Los resultados anteriores implican que las localidades fueron diferentes y por lo tanto importantes para selección de los materiales, mostrando que existen diferencias ambientales, no así para DO donde no se observó un efecto ambiental.

El análisis de varianza para Grupos (G), las variables agronómicas y rendimiento, muestran diferencias altamente significativas. Lo anterior reafirma la hipótesis de que existen diferencias genéticas entre grupos, ya que cada grupo proviene de germoplasma diferente lo que facilita una mejor clasificación de grupos.

Para líneas dentro de grupo H(G), se observan diferencias altamente significativas en todas las variables (FM, FF, AP, AM, DM, LM, DO, NH, NG, PM, RG). Lo anterior implica un comportamiento de líneas muy diferentes dentro de su grupo, lo cual se explica en base a la teoría de la segregación lo que permitirá una selección más efectiva.

Para la interacción **localidad x grupo** (L\*G), se detectaron diferencias altamente significativas para las variables FF, AP, AM, DM, LM, DO, NH, NG, PM, RG, y significativo para floración masculina (FM). De acuerdo a lo anterior, se infiere que los grupos se comportan diferencialmente en las dos localidades lo cual es de esperarse en virtud de que provienen de germoplasma y procesos de selección diferentes. Lo que indica la interacción de cultivares con los factores ambientales (localidades,

año de plantación, tipo de suelo, nivel de tecnología usado, etc.) es de gran importancia para programas de mejoramiento de plantas. Los efectos que los cultivares y el ambiente ejercen sobre la interacción cultivar-ambiente son estadísticamente no aditivos. (Yue *et al*, 1997; Scapim *et al*. 2000; Contreras y Krarup, 2000).

Lo anterior se ratifica por magnitud de los cuadrados medios, donde se observa que la interacción Localidad x Grupo, solo para rendimiento ocho veces la varianza de la interacción Localidad x Línea. Para el resto de las variables se observan relaciones de más de tres veces. Esto explica biológicamente el efecto mayor de interacción en Grupos.

En cambio para la interacción **localidad x línea** dentro de grupo (L\*H(G)), solo se presentó diferencia altamente significativa para longitud de mazorca (LM) y no significativas para el resto de las variables, lo que significa que las 10 líneas que conforman el grupo responden significativamente de la misma manera al efecto ambiental. Implica así mismo que las líneas dentro de su grupo responden diferencialmente en longitud de mazorca (LM).

Respecto al coeficiente de variación, presenta valores normales para 10 variables, con excepción de rendimiento de grano (RG) con un coeficiente de 21.2, según (Falcomer, 1978)

**Cuadro 4. Significancia de cuadrados medios de 11 variables agronómicas**

FV	L	G	B(L)	H(G)	L*G	L*H(G)	G*B(L)	ERROR	CV	X
GL	1	9	2	91	9	90	18	179		
FM	27506.2**	217.53**	106.8**	29.41**	40.51*	19.4	18.61	17.2	4.8	85.3
FF	28224**	266.82**	128.3**	19.66**	46.48**	13.2	33.56**	10.1	3.5	89.4
AP	133466**	6110.8**	1887.8**	535.9**	1911.8**	291.9	825.23**	235.	7.7	197.2
AM	247361.9**	2202.4**	468.3**	189.**	452.8**	78.7	360.87**	84.6	11.9	77.3
DM	1.06**	1.66**	0.344**	0.17**	0.67**	0.08	0.1718**	0.06	6.1	4.2
LM	219.92**	32.17**	16.91**	6.34**	11.41**	4.59**	4.96*	2.84	10.4	16.1
DO	0.28	0.99**	0.03	0.14**	0.22**	0.1	0.16	0.08	10.9	2.7
NH	102.41**	9.48**	1.22	4.29**	6.87**	2.1	3.53**	1.7	9.1	14.3
NG	511.66**	260.96**	131.5**	39.29**	162.71**	21.1	56.73**	18.0	14.8	28.5
PM	88.07**	61.79**	8.0	6.75**	30.16**	3.6	11.98**	3.0	18.8	9.2
RG	72.5**	43.31**	2.21	5.31**	24.19**	2.63	9.72**	2.6	21.2	7.6

\*, \*\*, ns Significativo al 0-05, 0.01 de probabilidad y no significativo; FV=Fuente de variación; 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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.

### Efecto de localidad

Como ya se observó en el ANOVA, las localidades tienen un efecto en la expresión las variables, esto se aprecia en el Cuadro 5, donde la localidad UAAAN indujo un mayor numero de días a floración masculina (FM), floración femenina (FF) y mayor longitud de mazorca (LM), en tanto la localidad UJED se caracterizó por una mayor altura de planta (AP), de mazorca (AM) y numero de hileras (NH); en cambio fueron estadísticamente iguales en diámetro de mazorca (DM), de olote (DO), numero de granos (NG), peso de mazorca (PM), y rendimiento de grano (RG).

Aún y cuando en ambas localidades estadísticamente fueron iguales para RG, se advierte una tendencia de mayor rendimiento en la UAAAN, quizás por efecto de la LM.

**Cuadro 5. Valores medios de dos localidades de 11 variables agronómicas**

Localidad	FM	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
UAAAN	93.6a	97.8a	178.9b	52.4b	4.3a	16.8a	2.6a	13.8b	29.6a	9.7a	8.1a
UJED	77.0b	81.0b	215.4a	102.1a	4.2a	15.3b	2.7a	14.8a	27.3a	8.8a	7.3a
TUKEY	1.43	1.54	9.89	4.81	0.18	0.76	0.1	0.59	2.88	1.24	1.11

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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.

### Efecto grupo

En el Cuadro 6 se presenta los valores medios de 11 variables en 10 grupos de líneas S<sub>1</sub>.

Floración masculina, el Grupo-7 procedentes del híbrido Hércules, fue el que registran el mayor numero con 88.97 días a la aparición de las espigas siendo el mas tardío. El grupo con menor días a floración es del Grupo-8 (T6-8990W), con 81.9 días. La media de floración masculina fue de 85.34 después de siembra, con un intervalo de 7.07 días.

Para floración femenina, el más tardío con 93.9 días corresponde al Grupo-6 (Matador), y las más precoz con 86.05 días provienen del Grupo-8 (T6-8990W). El rango de separación es de 7.95 días entre las más tardía y la más precoz.

Respecto altura de planta se observo un intervalo de 47.53cm, donde la mayor altura corresponde al Grupo-4 (HT-9290W) con 215.07cm.

En contraste el Grupo-8 (T6-8990W) registra menor altura con 168.54cm, siendo esta inferior estadísticamente a la altura promedio de 197.22cm.

El Grupo-4 (HT-9290W) registra la mayor altura de mazorca con 85.09cm. La línea de menor altura proviene del Grupo-8 (T6-8990W) con 62.00cm. La altura media de mazorca fue de 77.30cm., con un rango de 23.09cm.

Respecto a las variables relativas a mazorca, se observa que el Grupo-7 que corresponde al híbrido comercial Hércules presentó significativamente el mayor DM, LM y NH, con 4.6 cm, 16.97 cm y 15.21 hileras respectivamente. Así mismo, el Grupo-8 representado por el híbrido T6-8990W, presentó el menor DM y LM, en tanto que el Grupo-5 (AS-948) lo fué para NH.

Para numero de granos es importante resaltar el rango de 7.56 granos entre el mayor y el menor, la importancia que esta variable tiene en el rendimiento y, donde el mayor numero de granos corresponde al Grupo-1 (Genex766) con 31.69. En contraste el Grupo-8 (T6-8990W) registra menor número de granos con 24.13, siendo esta inferior estadísticamente a la media de grupos con 28.51.

El Grupo-10 (Arayan) fue el que mayor potencial de producción presentó, ya que en ambas variables, peso de mazorca (PM) y rendimiento de grano (RG) con 10.8 t ha<sup>-1</sup> y 9.1 t ha<sup>-1</sup> respecto a cada variable. Resaltan para RM los Grupos-4 y 1, en tanto para RG los Grupos-6, 4, 1 y 7, con rendimientos significativamente igual en ambas variables.

Los rendimientos menores corresponden al Grupo-8 (T6-8990W) con 6.96 t ha<sup>-1</sup> y 5.62 t ha<sup>-1</sup>, para peso de mazorca y rendimiento de grano.

Resalta el amplio rango que existe para rendimiento de grano entre grupos (4.52 tha<sup>-1</sup>). Los resultados indican que el Grupo-10 no fue el mas tardío y de mayor altura pero si de mayor magnitud para las variables relativas a mazorca, LM, NG, caracterizándose por mazorcas con mayor DM y menor DO.

Se observa también que los grupos 10 (Arayan), 4 (HT-9290W), 1 (Genex766) y 7 (Hércules), están por arriba de la media general de peso de mazorca (PM) y rendimiento de grano (RG) con 9.29 t ha<sup>-1</sup> y 7.87 t ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 6. Promedio de características agronómicas y rendimiento de 10 grupos de líneas S<sub>1</sub> evaluados en la Comarca Lagunera**

GPO	FM	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
10	84.6	87.82	199.0	74.5	4.4	16.9	2.5	13.5	31.1	10.8	9.1
6	88.7	93.9	196.7	79.2	4.0	15.9	2.5	14.2	27.1	8.1	8.8
4	84.4	88.6	215.0	85.0	4.3	16.6	2.7	14.4	31.5	10.6	8.7
1	82.6	86.9	197.3	80.2	4.5	15.7	2.9	14.2	31.6	10.6	8.7
7	88.9	92.2	198.8	82.7	4.6	16.9	2.9	15.2	29.4	9.8	7.9
2	84.1	87.1	208.9	81.1	4.2	15.6	2.6	15	29.0	9.1	7.6
3	86.1	90.6	198.8	80.1	4.2	16.3	2.7	14.6	27.4	9.4	7.5
9	85.2	90.2	188.4	66.6	4.2	16.7	2.7	13.9	25.5	8.8	7.2
5	86.6	91.3	200.3	81.2	4.1	16.0	2.5	14.2	28.1	8.4	7.2
8	81.9	86.0	168.54	62	3.9	13.9	2.5	13.9	24.1	6.9	5.6
TUKEY	3.21	3.44	22.11	10.7	2.2	1.7	0.2	1.3	6.4	2.7	2.4

GPO=Grupo; 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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.

En el Cuadro 7 se presentan los valores del coeficiente de correlación observados entre las 11 variables en estudio, de las cuales se encontraron 17 valores correlacionados significativos y altamente significativos, resaltando nueve valores altos. Altura de planta y mazorca mostraron un coeficiente de 0.95, el cual es un resultado lógico, a mayor altura de la planta la altura de la mazorca se incrementara de manera similar.

Otros valores de correlación importantes son diámetro de mazorca con diámetro de olote, numero de granos y peso de mazorca con un

coeficiente de 0.78, 0.76 y 0.88; también se muestra que número de granos influye en PM y RG, obteniendo coeficientes de 0.91 y 0.80.

De igual manera se muestra que rendimiento de grano se encuentra alta y positivamente correlacionado con peso de mazorca (0.79) y longitud de mazorca (0.8) y, significativamente ( $p < 0.05$ ) con altura de planta (0.71) y de mazorca (0.63), lo que indica que estas variables agronómicas influyen en la producción.

**Cuadro 7. Correlación de las variables evaluadas**

	FM	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
FM	1.0	0.9**	0.2	0.4	0.1	0.5	0.02	0.4	-0.02	-0.01	0.2
FF		1.0	0.1	0.3	-0.03	0.4	-0.04	0.2	-0.1	-0.1	0.2
AP			1.0	0.8**	0.4	0.6*	0.2	0.4	0.7*	0.6*	0.7*
AM				1.0	0.4	0.5	0.3	0.5	0.7*	0.5	0.6*
DM					1.0	0.6*	0.7**	0.2	0.7**	0.8**	0.6
LM						1.0	0.3	0.1	0.5	0.7*	0.6**
DO							1.0	0.4	0.4	0.5	0.2
NH								1.0	0.1	0.07	-0.0
NG									1.0	0.9**	0.8**
PM										1.0	0.7**
RG											1.0

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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.

En el Cuadro 8 se presentan la heredabilidad en sentido amplio  $H^2$ , que es uno de los factores más importantes para la Mejora Vegetal,

Las variables agronómicas con alta heredabilidad son; altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) con 63.2 y 80.7 % respectivamente, y

así como las variables relativas a mazorca se observaron para diámetro de mazorca (DM), número de hileras (NH), número de grano (NG), peso de mazorca (PM) y rendimientos de grano (RG), con valores de 73.23, 72.6, 63.3, 62.3 y 67.4 % correspondientes a las mismas.

Lo anterior implica que las variables con alta heredabilidad, tienen una componente genética aditiva más importante que otras componentes. Las variables de alta heredabilidad serán más fáciles de mejorar genéticamente por selección. En cambio, las variables con baja heredabilidad, otras componentes como la ambiental, tendrán más importancia, lo cual hará más difícil la mejora genética.

**Cuadro 8. Parámetros genéticos de 11 variables agronómicas**

Parámetros	FM	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
Var. Genotípica	2.4	1.5	61.0	27.6	0.022	0.4	0.01	0.5	4.5	0.7	0.6
Var. Ambiental	136	140	652.4	1234	0.001	0.9	0.001	0.4	1.3	0.3	0.2
Var. interacción GA	1.1	1.5	27.9	-2.9	0.009	0.8	0.007	0.2	1.5	0.3	0.05
Var. fenotípica	11.6	7.4	192.9	68.5	0.060	2.2	0.05	1.5	14.3	2.4	1.9
Var. Aditiva	4.9	3.1	122.0	55.3	0.044	0.8	0.02	1.1	9.0	1.5	1.3
Herabilidad %	42.6	42.8	<b>63.2</b>	<b>80.7</b>	<b>73.23</b>	38.1	35.2	<b>72.6</b>	<b>63.3</b>	<b>62.3</b>	<b>67.4</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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.



La selección del 20% de las mejores líneas  $S_1$  con base en el criterio de rendimiento de grano y características agronómicas se presentan en el Cuadro 9.

Se observa que el Grupo-10 (Arayan) es el más prometedor aportando 5 líneas con los numerales 98, 91, 92, 99 y 100, de las cuales 4 están por arriba del promedio  $9.65 \text{ t ha}^{-1}$  en rendimiento de grano, y presentan la mejor línea (98) con un máximo de  $10.93 \text{ t ha}^{-1}$ . El Grupo-4 (HT-9290W) se coloca en segundo lugar al aportar 4 líneas con los numerales 32, 38, 39 y 31, donde las 3 primeras están por arriba de la media general de rendimiento de grano.

Los Grupo-1 (Genex766) y Grupo-7 (Hércules) aportan cada uno 3 líneas con los numerales de 4, 2, 7 y 61, 66, 69 respectivamente. Mientras el Grupo-3 (Milenio) y grupo-9 (Vulcano) con 2 líneas cada una.

Se observa que el segundo mejor rendimiento de grano lo ocupa el tratamiento 50 del Grupo 5 (AS-948) con una media de  $10.37 \text{ t ha}^{-1}$ .

Los Grupo-2 (Pionner 30640), Grupo-6 (Matador) y Grupo-8 (TG-8990W), no aportaron líneas  $S_1$ .

Los resultados indican que las líneas  $S_1$  seleccionadas además de alto rendimiento, también se caracterizan por su longitud de mazorca, número de granos y peso de mazorca y altura de planta y mazorca promedio.

**Cuadro 9. Valores medios de 20 líneas S<sub>1</sub> seleccionadas**

Grupo	Tratamiento	FM	FF	AP	AM	DM	LM	DO	NH	NG	PM	RG
10	98	84	87	215.8	83.3	4.8	16.4	2.6	14.6	32.0	12.7	10.9
5	50	86	91	195.9	80.5	4.1	16.1	2.5	15.1	26.6	8.8	10.3
10	91	82	87	197.5	73.7	4.3	19.5	2.5	13.4	33.2	12.3	10.2
3	23	85	87	193.9	81.2	4.4	17.5	2.6	13.2	35.4	12.3	10.1
4	32	83	88	208.7	91.7	4.6	17.4	3.0	14.9	33.3	12.5	10.1
4	38	83	85	212.0	81.5	4.4	16.7	2.8	13.8	36.6	12.1	10.0
10	92	83	85	198.1	65.5	4.5	18.2	2.6	14.0	32.4	11.6	9.9
4	39	87	91	219.1	89.3	4.5	16.7	2.6	18.8	29.8	11.6	9.82
1	4	86	87	189.0	81.2	4.6	15.9	2.8	14.6	34.7	11.7	9.7
10	99	86	88	197.4	74.3	4.4	17.1	2.5	13.5	34.3	11.4	9.6
7	61	89	93	201.1	72.0	5.0	17.7	3.1	17.3	32.3	12.0	9.6
3	30	86	93	195.8	76.0	4.5	15.4	2.6	16.7	28.0	11.7	9.4
1	2	84	88	192.0	75.6	4.5	16.3	2.8	14.1	34.2	11.4	9.3
7	66	90	94	218.0	97.4	4.8	18.5	3.0	15.0	28.7	11.6	9.2
7	69	86	90	193.0	76.8	4.7	18.8	2.9	15.1	33.6	11.6	9.2
4	31	82	86	213.0	74.2	4.5	15.6	2.9	14.9	30.9	11.0	9.0
9	83	83	86	191.2	71.1	4.5	18.8	2.8	14.5	28.9	10.8	9.0
10	100	84	90	218.5	94.3	4.3	17.3	2.6	14.4	34.8	10.7	8.9
1	7	81	85	199.5	83.0	4.6	15.5	3.9	14.0	34.2	11.1	8.9
9	90	86	91	201.3	65.3	4.4	18.8	2.8	15.0	26.1	10.5	8.9
MEDIA		84.61	88.41	202.5	79.44	4.5	17.26	2.85	14.8	32.0	11.5	9.6

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 Hileras; NG=Numero de Grano por Hilera; PM=Peso de mazorca; RG=Rendimiento de Grano.

## CONCLUSIONES

Los resultados del análisis de varianza indicaron diferencias altamente significativas para localidades, interacción grupo x localidad tanto para variables agronómicas y rendimiento.

Por la magnitud de la varianza, la interacción Grupo x Localidad fue de mayor importancia que la interacción Línea x localidad.

Las localidades estadísticamente fueron diferentes en las variables agronómicas; FM, FM, AP, AM, y no así para DM, DO, NG, PM y RG.

En promedio, los grupos con mayor adaptación tanto por rendimiento de grano y características agronómicas fueron, Grupo-10 (Arayan), Grupo-6 (Matador), Grupo-4 (HT-9290W) y Grupo-1 (Genex766).

La selección del 20% de las líneas estuvo en función a la producción y características agronómicas.

La mayor frecuencia de líneas selectas correspondió al Grup-10.

Las variables con alta heredabilidad son AP, AM, DM, NH, NG, PM, y RG con 63.2, 80.7, 73.27, 72.6, 63.3, 62.3 y 67.4 % respectivamente para cada variable, implicando una mejor manipulación genética.

El Grupo-1 (Genex 766) numerador 7 fue la mas precoz línea mas precoz con 81 días.

Los grupos que interactúan mejor con el ambiente son el Grupo-10 (Arayan) y Grupo-4 (HT-9290W).

## RESUMEN

Con el propósito de estudiar la adaptación y selección por rendimiento de grano y características agronómicas, en primavera del 2008 se evaluaron 100 líneas S<sub>1</sub> provenientes de híbridos comerciales que representaron a 10 grupos germoplásmicos diferentes, (Genes 766, Pioneer 30G40, Milenio, HT-9290W, AS-948, Matador, Hércules, TG-8990W, Vulcano, Arayan). La evaluación se realizó en dos localidades de la Comarca Lagunera; el diseño fue en bloques al azar con dos repeticiones por localidad; la parcela experimental fue de un surco de 3 m de largo, 0.75 m entre hileras y 20 cm entre planta. Se tomaron datos Días a floración masculina (FM), Días a floración femenina (FF), Altura de Planta (AP), Altura de mazorca (AM), diámetro de mazorca (DM), longitud de mazorca (LM), diámetro de olote (DO), Número de hileras por mazorca (NH), Número de granos por hilera (NG), peso de mazorca (PM), rendimiento de grano (RG). El análisis combinado indicó diferencias significativas para localidades, grupos e interacción genotipo x Ambiente. Grupo x Localidad presentó el mayor efecto de interacción por la magnitud de la varianza. El grupo-10 en promedio fue superior en rendimiento y características agronómicas. La heredabilidad del rendimiento fue del 62.4%. Rendimiento correlacionó positivamente con AP, AM, LM, NG y PM. La línea 98 fue la más sobresaliente de las seleccionadas.

**Palabras clave:** Interacción genotipo ambiente, maíz, líneas S<sub>1</sub>, selección recurrente, heredabilidad.

## LITERATURA CITADA

- Backer H. C. (1981) Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30:835-840
- Basford, K. E. y M. Cooper. 1998. Genotype x environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. *Aust. J. Agric. Res.* 49: 153-74.
- 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.
- Chávez, J. A. 1995. Mejoramiento de las plantas II. 2a Edición. Editorial Trillas. México, D. F. pp 21-103.
- Córdova, H. J. Lothrop y M. Gutiérrez. 1986. Mejoramiento integral para la cobertura y pudrición de la mazorca en los complejos germoplásmicos de CIMMYT. XXXII Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador, El Salvador.
- Córdova, H. S. 1989. Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centro América, Panamá y El Caribe, PCCMCA 1988. Presentado en la XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras.
- Contreras, S. y C. Krarup. 2000. Interacción genotipo por ambiente en cinco cultivares de espárrago (*Asparagus officinalis* L.). *Ciencia e Investigación Agraria* 27:133-139.
- Cervantes, S. T. 1992. La interacción genotipo-ambiente en la clasificación de regiones agrícolas. Memorias, Simposio Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal. Guadalajara, Jal., México. pp. 117-125.
- De la Cruz, L.L., Ron, P.J., Ramirez, D. J. L., Sanchez, G. J. de J., Morales, R. M. M., Chuela, B. M., Hurtado, de la P. S. A. y MENA, M. S. (2003) Heterosis y aptitud combinatoria entre híbridos comerciales y

germoplasma exótico de maíz en Jalisco, México. Rev. Fitotec. México. Vol. 26: 1-10

Eberhart, S. A., M. N. Harrison, and F. Ogada. 1967. A comprehensive breeding system. *Züchter* 37:169-174.

Eskridge, K. M. 1990. Selection of stable cultivars using a safety-first rule. *Crop Sci.* 30:369-374.

García, M. V., M.J. Arturi, y O.E. Ansín. 2002. Variabilidad fenotípica y genética en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Agric. Téc. (Chile)* 62:237-244.

Hallauer, A. R. and J. B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. Ames. 468 pp.

Hallauer, A. R., and J. B. Miranda Fo. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd ed. Iowa State Univ. Press. Ames, Io. 468 p.

Hallauer, A. R. 1990. Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* 36: 1-19.

Kang, M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Advance in Agronomy.* 62: 199-253.

Kang, M. S., y J. D. Miller. 1984. Genotype x environment interactions for cane and sugar yield and their implications in sugarcane breeding. *Crop Sci.* 24:435-440.

Lonnquist, J. H. 1949. The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. J.* 41: 153-156.

Magari, R. y M. Kang. 1993. Genotype selection via a new yield stability statistic in maize yield trials. *Euphytica* 70:105-111.

Márquez S., F. 1985. Genotecnia Vegetal. Tomo I. Métodos, Teoría y Resultados. AGT Ed. México, D. F. 356 p.

- Márquez S. f, 1988. Genotecnia Vegetal. Tomo II. Primera Edición. Editorial AGTESA. México, 563 P.
- Palomo, G. A. 1976. La interacción genético-ambiental en el cultivo del algodón en la Comarca Lagunera. Seminario Técnico. CIANE-INIA-SAG. Matamoros, Coah., México.
- Poehlman, J. M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. LIMUSA-WILEY, México, DF.
- Pugh, T. y Larysse, A. (2005) Utilización de generaciones avanzadas de híbridos de maíz de forraje en la comarca lagunera. In produccion de forrajes. INIFAP-CIAN-CAELALA. Versión en CD.
- Reyes C. P. (1984) Diseño de experimentos aplicados, editorial trillas, tercera impresión, Mexico, pp. 109-112.
- Scapim, C. A., V.R. Oliveira, A.L. Braccini, CD. Cruz, C.A.B. Andrade, and M.C.G. Vidigal. 2000. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. Genet. Mol. Bid. 23:387-393.
- Tai G. C. C. (1971) Genotypic stability análisis and ist application on potato regional trials. Crop Sci. 11:184-190.
- Urbina, A. R. 1997. Desarrollo de dos poblaciones tropicales de maíz con resistencia al complejo del achaparramiento. Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995, Vol. 5(1997), pp. 15-20.
- Vencovsky, R. y P. Barriga. 1992. Genética Biométrica no Fitomelhoramento de Plantas. Sociedade Brasileira de Genética. Riberáo Preto, Sao Paulo, Brasil. 486p.
- Viorel, V. A. 1970. El girasol. Trad. A. Guerrero G. Ediciones Mundi-presa. España p. 160.
- Yue, G. L., K.L. Roozeboom, W.T. Schapaugh, and G.H. Liang. 1997. Evaluation of soybean cultivars using parametric and nonparametric stability estimates. Plant Breed. 116: 271-275.
- Yang, R. y R. Baker. 1991. Genotype-environment interactions in two wheat crosses. Crop Sci. 31: 83-85

