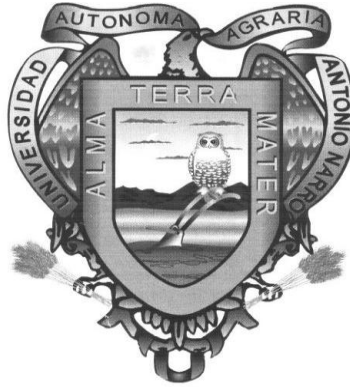


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**HETEROSIS EN LÍNEAS DE MAÍZ PROVENIENTES DEL CIMMYT.**

**POR**

**FLAVIO RIOS ORTIZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**SEPTIEMBRE DE 2012.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO "

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

HETEROSIS EN LÍNEAS DE MAÍZ PROVENIENTES DEL  
CIMMYT

TESIS PRESENTADA POR

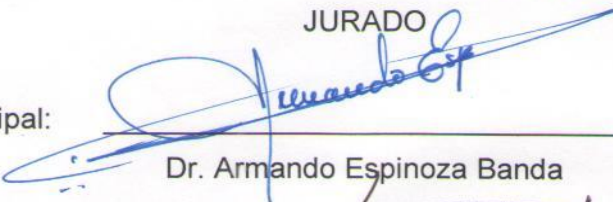
FLAVIO RIOS ORTIZ

Elaborada bajo la supervisión del Comité de Asesoría y aprobada  
como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

JURADO

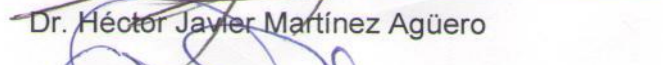
Asesor principal:

  
Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:

  
Dr. Alfredo Ogaz

Asesor:

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Asesor:

  
Dr. José Luis Riente Manriquez

  
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila

Septiembre de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
HETEROSIS EN LÍNEAS DE MAÍZ PROVENIENTES DEL  
CIMMYT

TESIS PRESENTADA POR  
FLAVIO RIOS ORTIZ


Elaborada bajo la supervisión del Jurado Examinador y aprobada  
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA  
JURADO


Presidente:

  
Dr. Armando Espinoza Banda

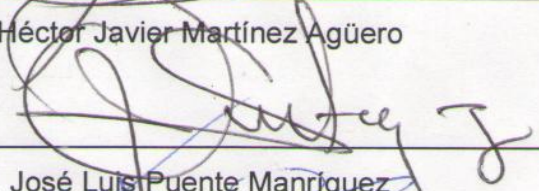
Vocal:

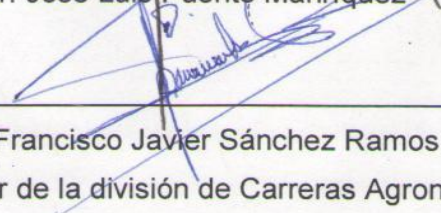
  
Dr. Alfredo Ogáz

Vocal:

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Vocal suplente:

  
Dr. José Luis Puente Manriquez

  
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos  
Coordinador de la división de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

Torreón Coahuila

Septiembre de 2012

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Armando Espinoza Banda le agradezco todo el apoyo brindado durante y después de la realización de mi tesis, por todos sus consejos, dedicación, sabiduría y su gran amistad y sobre todo por su paciencia otorgada durante la realización de este proyecto.

También agradezco las facilidades otorgadas a la UAAAN UL por haberme apoyado en la realización de este proyecto y por mi formación profesional en los 4 años y  $\frac{1}{2}$  de carrera. Y doy las gracias a todos mis profesores por los conocimientos enseñados y aprendidos para todos ellos mi respeto y admiración.

A mis asesores de este proyecto al Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Alfredo Ogaz, Dr. Héctor Javier Martínez Agüero y también al Dr. José Luis Puente Manríquez.

A mis compañeros y amigos al Osmar, a Elieber, Marisonia, Blanquita, Nurian, Agustín, Cristy, Diego, Carlos, Martín, Noemí, Isiquia, Fernando, Pedro, Darío, Dalia, José Miguel, Obet, y a todos mis amigos Alex, Roger y Horacio.

A todos ellos y demás amigos por brindarme su amistad en las buenas y las malas esperando que aquí no sea el final de nuestra amistad más bien sea el inicio y fortalecerla aun mas gracias por todo.

## **AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

Al Dr. Armando Espinoza Banda por haberme ayudado en la elaboración de esta tesis, por todos sus consejos y por su gran apoyo en este proyecto.

Por su completa disposición, paciencia, sabiduría y sobre todo por su gran amistad gracias y espero que le vaya bien en la vida a él y toda su familia gracias.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS MI PADRE**

Por darme la vida y darme fuerzas para poder terminar mi carrera y espero me siga dando fuerzas y su espíritu santo para poder seguir aprendiendo más acerca de su santo nombre y como se menciona en Mateo Capitulo 6 Versículo 33 seguir buscando primero el reino y la justicia de dios y todas las otras cosas serán añadidas.

### **A MIS PADRES**

Les pido que no me aplaudan a mí sino a mis padres ya que este logro es de ellos, pues ellos a pesar de todas las dificultades que afrontamos hicieron de nosotros unas personas de bien y nos dieron la herencia más grande que es esta carrera. Gracias los Amo.

Alberto Rios Aguilar y Romelia Ortiz Pérez, con mucho amor y cariño, por todo su apoyo y comprensión por que en cada ayuda dieron parte de su corazón. A ellos quien a pesar de todos los esfuerzos y dificultades dieron de sí lo mejor.

### **A MIS HERMANOS**

Alberto, Josué, Enoc especialmente mi hermano Daniel quien sacrifico sus estudios para que nosotros tuviéramos una carrera con mucho amor y cariño para todos ellos, también a mis hermanas Rebeca y Ana que también son una parte importante en mi vida por el cual incluyo a mis sobrinos que con sus risas inocentes nos llenan de alegría a toda la familia, por todo lo que hemos vivido juntos en las buenas y en la malas ya que no contamos con riquezas pero si con el don más precioso de Dios el Amor y la unidad que nos tenemos y esperemos seguir así hasta que Dios lo permita. Gracias mis hermanos.

### **A MI ESPOSA E HIJA**

Ana Laura y Aime Desireé por ser una razón más para seguir adelante en la vida y darme la dicha y felicidad de estar siempre juntos y compartir este gran logro las cuales me llenan de alegría y satisfacción los Amo.

# ÍNDICE

|                                               | <b>Página</b> |
|-----------------------------------------------|---------------|
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....                | VI            |
| <b>ÍNDICE DE CUADROS DE APÉNDICE</b> .....    | VII           |
| <b>RESUMEN</b> .....                          | VIII          |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                  | 1             |
| <b>II. OBJETIVOS</b> .....                    | 3             |
| 2.2. Metas.....                               | 3             |
| 2.3. Hipótesis.....                           | 3             |
| <b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....      | 4             |
| 3.1. Maíz.....                                | 4             |
| 3.1.1. Mejoramiento genético.....             | 4             |
| 3.1.2. Heterosis.....                         | 4             |
| 3.1.3. Bases genéticas.....                   | 4             |
| 3.1.4. Heterosis en las plantas.....          | 5             |
| 3.1.5. Cruzamiento.....                       | 5             |
| 3.2. Manifestación de la heterosis.....       | 6             |
| 3.2.1. Beneficios.....                        | 7             |
| 3.2.2. Interés en el mejoramiento.....        | 7             |
| 3.3. Teorías que la explican.....             | 7             |
| 3.3.1. Teoría de la dominancia.....           | 8             |
| 3.3.2. Teoría de la superdominancia.....      | 8             |
| 3.4. Bases genéticas.....                     | 9             |
| 3.4.1. Heterosis en cultivos alógamos.....    | 9             |
| <b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....         | 10            |
| 4.1. Localización de la comarca lagunera..... | 10            |
| 4.1.1. Condiciones ambientales.....           | 10            |
| 4.2. Localización del experimento.....        | 10            |
| 4.3. Material genético.....                   | 10            |
| 4.3.1. Líneas.....                            | 10            |
| 4.4. Evaluación de campo.....                 | 11            |
| 4.4.1. Siembra y tamaño de la parcela.....    | 11            |
| 4.4.2. Siembra.....                           | 11            |

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.3. Parcela experimental.....               | 11        |
| 4.4.4. Diseño experimental.....                | 11        |
| 4.4.5. Preparación del terreno.....            | 11        |
| 4.4.6. Riegos.....                             | 11        |
| 4.4.7. Fertilización.....                      | 12        |
| 4.4.8. Control de maleza.....                  | 12        |
| 4.4.9. Control de plagas.....                  | 12        |
| 4.4.10. Cosecha.....                           | 12        |
| 4.5. Variables evaluadas.....                  | 12        |
| 4.5.1. Diámetro de mazorca.....                | 12        |
| 4.5.2. Número de hileras por mazorca.....      | 13        |
| 4.5.3. Granos por hilera.....                  | 13        |
| 4.5.4. Longitud de mazorca.....                | 13        |
| 4.5.5. Peso hectolítrico.....                  | 13        |
| 4.5.6. Kilogramo por hectárea de grano.....    | 12        |
| 4.6. Estimación de heterosis.....              | 13        |
| <b>V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>        | <b>15</b> |
| 5.1. Estimación de heterosis en primavera..... | 15        |
| 5.1.1. Heterosis.....                          | 15        |
| 5.1.2. Diámetro de mazorca .....               | 15        |
| 5.1.3. Longitud de mazorca.....                | 15        |
| 5.1.4. Número de hileras por mazorca.....      | 15        |
| 5.1.5. Granos por hilera.....                  | 16        |
| 5.1.6. Peso hectolítrico.....                  | 16        |
| 5.1.7. Rendimiento de grano.....               | 16        |
| 5.2. Estimación de heterosis en verano.....    | 16        |
| 5.2.1. Heterosis.....                          | 16        |
| 5.2.2. Diámetro de mazorca .....               | 16        |
| 5.2.3. Longitud de mazorca.....                | 17        |
| 5.2.4. Número de hileras por mazorca.....      | 18        |
| 5.2.5. Granos por hilera.....                  | 18        |
| 5.2.6. Peso hectolítrico.....                  | 18        |
| 5.2.7. Rendimiento de grano.....               | 18        |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>       | <b>25</b> |
| <b>VI. LITERATURA CITADA.....</b> | <b>26</b> |



## INDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Página</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Cuadro 5.1.2</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.                                                   | 19            |
| <b>Cuadro 5.1.4</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para el promedio en el número de Hileras por Mazorca (HM) y el número de granos por hilera (GH) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011. | 20            |
| <b>Cuadro 5.1.6</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Peso Hectolitro (PH) y Rendimiento en Grano (RG) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.                                           | 21            |
| <b>Cuadro 5.2.2</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Verano. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.                                                      | 22            |
| <b>Cuadro 4.2.4</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para el promedio en el número de Hileras por Mazorca (HM) y el número de granos por hilera (GH) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Verano. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011     | 23            |
| <b>Cuadro 4.2.6</b> Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Peso Hectolitro (PH) y Rendimiento en Grano (RG) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.                                           | 24            |

## ÌNDICE DE APÈNDICE

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Página</b> |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Cuadro A1</b> | Con estas líneas se cruzaron de acuerdo al diseño-II de Griffing (1956) generándose $p(p-1)/2$ cruzas. Estas cruzas se evaluaron en campo en los ciclos Primavera-Verano del 2011.                                                                          | 10            |
| <b>Cuadro A2</b> | El porcentaje de heterosis se calculo para la variable rendimiento, de las 15 cruzas simples y 10 líneas. La heterosis se calculo con base en el progenitor medio (h) y con base en el progenitor superior (h'), por localidad y para el análisis combinado | 14            |

## RESUMEN

Los métodos de mejoramiento genético para la formación de híbridos tienen como objeto final capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados que participaran en la formación del híbrido (Ramírez et al., 2007). El trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Se efectuó en el 2011 en dos ciclos, Primavera y Verano incluyendo los híbridos utilizados como testigos. Las 15 cruzas, 6 líneas y 4 testigos se evaluaron en un diseño alfa Látilce con tres repeticiones. Para la determinación del comportamiento de las cruzas se evaluaron las siguientes variables agronómicas: Diámetro de Mazorca, Número de Hileras por Mazorca, Granos por Hilera, Longitud de Mazorca, Peso Hectolítro, Kilogramos por Hectáreas de Grano y Estimación de Heterosis.

**Palabras Clave:** Maíz, Heterosis, Combinación híbrida, Cruzas, Líneas.

## I. INTRODUCCION

Desde el punto de vista alimentario, económico, industrial, político y social, el maíz es por mucho el cultivo agrícola más importante de México. El maíz se presenta en miles de productos tales como (aceites, cartón, chocolates, almidón, biocombustibles, alimento animal); ocupa poco más de la mitad de la superficie sembrada en el país. Los principales países productores de este grano son Estados Unidos con el 40% de la producción total, China con el 19%, seguido con Brasil con el 6% y México que cuenta con el 3%. Actualmente ocupa poco más de la mitad de la superficie sembrada del país; representa casi una tercera parte del valor de la producción agrícola (Miramontes, 2006).

El uso de mejores tecnologías de producción y explotación de heterosis en el maíz, a dado un gran paso en el mejoramiento de sus características genéticas, de tal manera, hoy en día la tecnología tiene que justificarse ecológica y económicamente y además deben usarse con responsabilidad y respeto a la humanidad (De la Cruz *et al.*, 2003).

Heterosis es un fenómeno que se presenta en la mayoría de especies alógamas como el maíz (*Zea mays* L.), donde los híbridos superan a sus progenitores en uno o más caracteres entre los que sobresale el rendimiento de grano así como también en crecimiento. Por tanto, los métodos de mejoramiento genético para la formación de híbridos tienen como objeto final capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados que participaran en la formación de dicho híbrido (Ramírez *et al.*, 2007). Las acciones genéticas aditivas, de dominancia y sobre-dominancia y epistasias, así como las interacciones genético-ambientales, contribuyen a la existencia de la heterosis, que a su vez se basa en el cruzamiento de germoplasma con acervos genéticos o orígenes geográficos (De la Cruz *et al.*, 2003; Ramírez *et al.*, 2007)

Las heterosis (también llamado vigor híbrido) es un fenómeno de superioridad, característico de ciertas especies, que presenta la cruce entre dos individuos, habitualmente diferenciados genotípica y fenotípicamente entre sí. La aplicación de heterosis en maíz, uno de los principales recursos alimenticios del mundo, representa incrementos de miles de millones de dólares en la producción. Uno de los principales retos que encaran los mejoradores de maíz es la asignación de líneas a grupos heteróticos (Morales, 2002).

## **II OBJETIVOS:**

- Determinar el nivel de heterosis (Vigor híbrido) presente en un grupo de líneas
- Detectar mejor combinación híbrida

### **2.1 HIPOTESIS:**

- Los cruces de las líneas tienen diferente nivel de heterosis
- Los cruces de líneas no difieren en el nivel de heterosis.

### **2.2 METAS:**

- Identificar las cruces que presenten los mayores efectos heteróticos.

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 Maíz

El mejoramiento genético del maíz, es un proceso continuo para la formación de híbridos y variedades para uso comercial. Al mejorar un cultivo, es importante conocer el componente genético de los materiales usados como progenitores. En todo programa de mejoramiento genético (De La Cruz *et al.*, 2003).

##### 3.1.1 Mejoramiento genético

En la mayoría de las especies hortícolas el mejoramiento genético ha tendido a la obtención de variedades híbridas debido a que poseen muy buen potencial de rendimiento, características muy uniformes de planta y de calidad del producto, además de permitir a su obtentor un permanente control de ellas. Existe a nivel mundial una gran cantidad de híbridos Un híbrido es un cruzamiento entre dos genotipos claramente diferentes (Bascur, 2005). Se producen diferentes tipos de híbrido en todos los programas de mejoramiento, para combinar diferentes caracteres de los distintos genotipos. El híbrido debe mostrar un grado de heterosis razonablemente alto para que el cultivo y su producción sean estables y económicamente viables (Ceballos *et al.* 2002).

##### 3.1.2 Heterosis

Si se cruzan dos líneas puras de maíz la F1 es uniforme y muchas veces no sólo recupera el vigor perdido sino que lo supera. Este fenómeno recibe el nombre de **Vigor Híbrido** o **Heterosis** ya que numerosos autores atribuyen este efecto a la heterocigosis misma.

##### 3.1.3 Base genética

La heterosis es la base de los modernos programas de mejoramiento de maíz. A pesar de su importancia en la producción de maíz, sabemos sorprendentemente poco sobre la base genética de la heterosis. Shull (1952) acuñó el término heterosis y la definió como: "... la interpretación de mayor

vigor, tamaño, productividad, velocidad de desarrollo, resistencia a enfermedades y plagas de insectos, o para los rigores climáticos de cualquier tipo, que se manifiesta por organismos como mestizos en comparación con líneas puras correspondientes, los resultados específicos de desemejanza en las constituciones de los gametos unión de los padres (Duvick, 1999). El termino heterosis se debe a Shull (1914), que lo uso como una contracción de la expresión “Estimulo de la Heterocigosis”. Se utiliza como sinónimo de “vigor híbrido” por el efecto que se manifiesta en la generación F1 al presentarse un estímulo general en el híbrido. Esta manifestación consiste en un incremento en la producción, en la altura, en la resistencia a plagas, a sequia, a enfermedades, etc., o cualquier otra característica que presente mayor vigor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso (Ramos, 2008).

#### **3.1.4 Heterosis en las plantas**

El vigor híbrido o heterosis, por lo general se refiere al aumento en el tamaño o la tasa de crecimiento de los hijos sobre los padres, por ejemplo, el vigor híbrido en las plantas de cultivo se puede observar como en el aumento en el rendimiento de grano, o la reducción del número de días a florecer. La Heterosis en las plantas ha sido utilizada en gran escala durante los últimos 75 años, tan cuidadosamente seleccionados y reproducidos cultivares híbridos. Grandes cultivos como el maíz se producen como híbridos en todo el mundo industrializado, sino que también se cultivan como híbridos en cantidades cada vez mayores en el mundo en desarrollo. La Heterosis se le atribuye un gran aumento en la producción por unidad de superficie, evitando así grandes cantidades de tierra para otros usos, tales como el medio ambiente que la naturaleza benigna conserva (Duvick, 1999).

#### **3.1.5 Cruzamiento**

La heterosis es el fenómeno en el que la F1, resultante del cruzamiento entre dos genotipos, es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento y vigor (Gutiérrez et al., 2002). Se habla de heterosis cuando la F1 es superior al vigor



en promedio de los progenitores se considera también como una manifestación de la heterosis cuando la F1 es superior al vigor del progenitor más vigoroso y tiene por lo consiguiente mayor importancia económica (Ramos, 2008).

El término heterosis (Shull 1952) hace referencia al vigor manifestado en generaciones heterocigotas, derivadas del cruzamiento entre individuos genotípicamente diferentes o contrastantes. En otras palabras, es la expresión génica del efecto de la hibridación o cruce entre individuos no emparentados (Bascur, 2005). En la generación F2, la manifestación del vigor disminuye y la variación es alta, la cual sugiere una segregación, tanta para los genes que determinan caracteres cuantitativos y cualitativos. La variación observada obedece a causas genéticas y causas del medio ambiente diferentes para cada uno de los individuos que integran la población F2 (Ramos, 2008). Cuando el cruzamiento se hace en poblaciones heterocigotas también se ha encontrado heterosis, aun cuando es menor grado y la F1 es tan variable como cualquier progenitor. En la generación F2 la variación es mayor y la heterosis disminuye. En ambos casos, aun cuando el vigor de la F2 es menor que el de F1, comúnmente dicho vigor es mayor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso (Ramos, 2008).

### **3.2 Manifestación de la heterosis.**

La manifestación de heterosis no sólo se traduce en rendimiento, sino también en mayor número de nudos, hojas y vainas, mayor velocidad de crecimiento, precocidad, resistencia a enfermedades e insectos, adaptación, etc. La exuberancia (tamaño y vigor) no necesariamente es una expresión de mayor adaptación (Duvick, 1999). Se dice que no todas las combinaciones producen heterosis. Por ello se define la Aptitud combinatoria de un padre como la expresión de la heterosis de los híbridos en que participa (Gutiérrez Del R *et al.*, 2002)

### **3.2.1 Beneficios**

Según Ramos, (2008), la manifestación de la heterosis se produce un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta a las variedades de diferentes maneras. En general se manifiesta por:

- 1.- Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
- 2.- Madurez más temprana.
- 3.- Mayor resistencia a plagas o enfermedades
- 4.- Plantas más altas
- 5.- Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
- 6.- Incremento de algunas características internas de la planta.
- 7.- Mayor eficacia metabólica (mayor actividad y más rápida).
- 8.- Mayor eficacia biológica, mayor actividad reproductiva y mayor capacidad para sobrevivir (Ramos, 2008).

### **3.2.2 Interés en el mejoramiento**

La heterosis resulta, por debajo de un umbral, proporcional en líneas generales a la distancia génica (Tenkouano *et al.*, 1997). Este comportamiento, así como el interés creciente en utilizar la caracterización genotípica en la protección de la propiedad intelectual, determinan la relevancia del conocimiento de las características genotípicas de las distintas líneas comerciales. En otras palabras la selección asistida por marcadores moleculares promete una ganancia génica más rápida que las actuales prácticas de mejoramiento (Lipkin *et al.*, 1998).

### **3.3 Teorías que la explican**

Varios grupos de investigación han propuesto la dominancia, la sobredominancia y la epistasia como principales bases genéticas de la heterosis y avances recientes en biología molecular han ayudado a validar estos descubrimientos en varias especies cultivadas. En la actualidad, el enfoque está moviéndose rápidamente hacia el estudio de la heterosis a nivel

genómico para identificar las regiones genómicas que induzcan el efecto heterótico (Parvez, 2006).

### 3.3.1 Teoría de la dominancia:

Esta teoría supone que la depresión por consanguinidad y la heterosis son fenómenos mendelianos de interacción entre genes dominantes que aumentan el vigor y recesivos genes recesivos que los disminuyen. Jones demostró que la depresión por consanguinidad se debe a factores deletéreos que en poblaciones alógamas permanecen en encubiertos y que por consanguinidad aparecen produciendo la consabida reducción de vigor. (Unavarra, 2002)

La teoría de dominancia es la más aceptada explicación del fenómeno de heterosis. Dos parentales portadores de diferentes alelos dominantes al ser cruzados producen una F1 más vigorosa que cada parental individualmente (Lamkey *et al.*, 1998).

### 3.3.2 Teoría de la superdominancia

Algunos mejoradores son de la idea de que los heterocigóticos son mejores que los homocigóticos porque tienen 2 alelos diferentes para realizar funciones diferentes y que se adaptan mejor a las condiciones ambientales. Este concepto se haya reflejado en la **Teoría de la Superdominancia** ya que en cebada se vio que factores que son letales en homocigosis aumentan el vigor en heterocigosis. Así, por ejemplo se observó que la cebada aumentaba la longitud del tallo y de la espiga, producía mayor número de hijos, etc. El aumento del vigor se vio que incluso era mayor en plantas con dos factores letales “albina 7 y xanthia 3” que en homocigosis produce deficiencias clorofílicas. Otro ejemplo de la teoría de la Superdominancia: En ***Plectritis congesta*** se ha observado heterosis monogénica para el locus Ww, siendo el alelo “W” el que controla “fruto alado” y “ww” controla “fruto sin alas”. En esta planta los heterocigotos “Ww” muestran mayor peso, mayor tallo y mayor grado de ramificación que los “WW” y los “ww” (Ramos, 2008).

### 3.4 Bases genéticas

La heterosis se expresa cuando los parentales de un híbrido tienen diferentes alelos en un locus y hay un cierto grado de dominancia entre ellos.

Hipótesis: Dominancia-Sobredominancia.

Suponemos que el alelo "A" tiene un valor de 10 unidades

El alelo B=12 y el alelo b=6

El alelo C=8 y el alelo c=4

La diferencia entre más dos hipótesis se muestra con el siguiente cruzamiento

AAbbCC x AABBcc

Sustituyendo por estos valores cada alelo, el promedio de los alelos AA=10; BB=12; bb=6; CC=8; cc=4. Por tanto el valor (rendimiento) de AAbbCC=10+6+8=24 y el valor de AABBcc=10+12+4=26

(P<sub>1</sub>) AAbbCC x AABBcc (P<sub>2</sub>)

(F1) AA Bb Cc

Si no hay dominancia.....(F1) 10 9 6 => F1= 25 unidades( No heterosis)

Dominancia Parcial

Bb=10; Cc=7.....(F1) 10 10 7 => F1=27 unidades (Si heterosis)

Dominancia total

BB=Bb=12; CC=Cc=8.....(F1) 10 12 8 => F1=30 unidades (Si heterosis)

Sobredominancia

Bb>BB y bb = 13

Cc>CC y cc = 9. ....(F1) 10 13 9 => F1=32 unidades (Si heterosis)

#### 3.4.1 La heterosis en cultivos alógamos.

El uso comercial de los híbridos está restringido a aquellos cultivos en los que la heterosis es suficiente para justificar el costo extra requerido para producir semilla híbrida. Este fenómeno puede ser explicado tanto por la Teoría de la Superdominancia como por la Teoría de la Dominancia.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera, se localiza en la parte central de la porción norte del país, y forma parte de los estados de Coahuila y Durango.

#### 4.2.1 Condiciones ambientales

El clima de la región, corresponde a BW hw” (e’), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semiárido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22 °C; con régimen de lluvias en verano, precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales. Los vientos predominantes circulan en dirección sur con velocidad de 27 a 44 Km/h (Chaires y Palermo, 2004).

### 4.2 Localización del experimento

El trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México.

### 4.3. Material genético

#### 4.3.1. Líneas.

Cuadro A1. Origen de las líneas.

| Línea      | Origen                                                                                   | Línea     | Origen                  |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|
| CML-505-41 | [92SEW2-77/[DMRESR-W]EarlySel-<br>#I-2-4-B/CML386]-B-11-3-B-2-#-BB                       | AN-77-185 | P60xAN6-77-185-#-12-5-1 |
| CML-508-43 | [89[G27/TEWTSRPool]#-278-2-<br>XB/[COMPE2/P43SR//COMPE2]F#-<br>20-1-1]-B-32-2-B-4-#-2-BB | AN-78-186 | P64xAN2-78-186-#-18-4-1 |
| CML-509-44 | [92SEW1-2/[DMRESR-W]EarlySel-<br>#L-2-1-B/CML386]-B-22-1-B-4-#-1-<br>BB                  | AN-82-190 | P68xAN7-82-190-#-20-2-1 |

Con estas líneas se cruzaron de acuerdo al diseño-II de Griffing (1956) generándose  $p(p-1)/2$  cruza. Estas cruza se evaluaron en campo en los ciclos Primavera-Verano del 2011.

#### **4.4. Evaluación de campo.**

##### **4.4.1. Siembra y Tamaño de la Parcela**

**4.4.2. Siembra.** Se efectuó en el 2011 en dos ciclos, Primavera y Verano incluyendo los híbridos utilizados como testigos. Para el ciclo primavera la siembra se realizo el día 8 de abril, y 4 junio para el ciclo de verano. Se realizó en seco a una profundidad de 3 cm, de forma manual depositando tres semillas por mata. A los 15 días después de la siembra se realizó un raleo dejando una planta útil por mata.

**4.4.3. Parcela experimental.** Cada tratamiento estuvo conformado por dos surcos de 3m de longitud con separación de 0.19m entre plantas, 0.75m entre surcos, para una densidad de población de 24 plantas distribuidas en una superficie de 2.25 m<sup>2</sup> (3m x 0.75m) para una densidad de población de 53 mil plantas/ha.

**4.4.4. Diseño experimental.** Las 15 cruza, 6 líneas y 4 testigos se evaluaron en un diseño alfa Látice con tres repeticiones.

##### **4.4.5. Preparación del Terreno.**

Consistió en un barbecho, seguido un rastreo sencillo, con la finalidad de generar en el suelo las condiciones físicas óptimas de flujo de agua y aire, para el buen desarrollo del sistema radicular de las plantas.

##### **4.4.6. Riegos**

Se usó un sistema de riego presurizado por cintilla. Se aplicaron 22 riegos en total, los primeros 15 que fueron desde la siembra hasta el inicio de la floración cada 3 días con 7 horas de riego, el resto se aplicó 3 horas cada 4 días.

#### **4.4.7. Fertilización**

La dosis de fertilización utilizada fue (180-100-00), el cual se aplicó en dos fracciones: la primera se realizó cuando el cultivo estaba en la etapa de crecimiento, y la segunda en la etapa de la floración, con el objetivo de favorecer el crecimiento, desarrollo de planta y llenado de grano, con urea 46% en dosis de 50 kg/Ha disuelta en el agua de riego (fertirrigación).

#### **4.4.8. Control de Maleza**

Esta actividad se realizó a lo largo del ciclo del cultivo, inicialmente con el herbicida (Primagram Gold) en pre-emergencia a 4lt/ha a los 8 días después de la siembra, sucesivamente se efectuó manual y mecánicamente con azadón.

#### **4.4.9. Control de Plagas**

Para las plagas de el follaje específicamente gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se controló con Clorpyrifos en dosis de 1.0 L/ha y al final del ciclo presencia de araña roja (*Tetranychus spp*) controlada con Dimetoato en dosis de 1.0 L/ha.

#### **4.4.10. Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual tomando en cuenta las características que determinan la madurez como son: totomoxtle seco, al golpearlo con los nudillos de los dedos los granos están duros, y los granos se desprenden con facilidad del olote.

### **4.5. Variables Evaluadas.**

Para la determinación del comportamiento de las cruzas se evaluaron las siguientes variables agronómicas:

#### **4.5.1 Diámetro de mazorca**

Con un vernier digitalizado se tomaron 3 mazorcas de cada parcela y repetición para medir el diámetro ecuatorial expresado en cm.

#### **4.5.2 Número de hileras por mazorca**

Del total de mazorcas recolectadas por los dos sucos que componen una parcela se tomaron solo 3 para contar el número de hileras.

#### **4.5.3 Granos por hilera**

Es el total de número de granos que se encuentran contenidos dentro de una hilera en 3 mazorcas por tratamiento.

#### **4.5.4 Longitud de mazorca**

Con una regla graduada de 3 mazorcas tomadas al azar de cada parcela determinamos la longitud de la mazorca midiendo de la base hasta la punta de la mazorca. Las medidas son expresadas en cm.

#### **4.5.5 Peso hectolítrico**

Con la báscula hectolítrica previamente programada en unidades Kg/Hl se pesó 1kg de maíz de cada tratamiento, con un contenido promedio de humedad de 12%.

#### **4.5.6 Kilogramos por hectáreas de grano**

Los kilogramos por hectárea de grano se consideró el peso total de grano de todas las mazorcas cosechadas por parcela útil, expresada en Kg/ha y uniformizado al 12% de humedad, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Kg/ha} = (\text{PeCa} \times \text{Kd}) \times (100 - \text{Hc}) / 85 \times (10000 / \text{AU}) \quad (2)$$

Donde;

PeCa = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en kg/ha.

Kd = Constante de desgrane para ajustar el rendimiento de grano igual a 0.8.

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o de cosecha.

85 = humedad deseada al 15 %.

#### **4.6 Estimación de heterosis**

El porcentaje de heterosis se calculó para la variable rendimiento, de las 15 cruzas simples y 10 líneas. La heterosis se calculó con base en el progenitor medio (h) y con base en el progenitor superior (h'), por localidad y para el análisis combinado, utilizando la siguiente expresión en el cuadro siguiente:



Cuadro A2:

$$h = \frac{F1 - PM}{PM} \times 100$$

$$h' = \frac{F1 - PS}{PS} \times 100$$

Donde:

F1 = rendimiento de la cruza

PM = progenitor medio =  $(P_i + P_j)/2$

PS = progenitor superior

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Estimación de heterosis en primavera

#### 5.1.1 Heterosis

En el cuadro 5.1.2 se presentan los efectos de heterosis en base al promedio de progenitores ( $h$ ) y el mejor progenitor ( $h'$ ), para las seis características agronómicas seleccionadas en relación a que son determinantes para el rendimiento de grano, en relación a la evaluación durante el ambiente de primavera se obtuvieron los siguientes resultados.

#### 5.1.2 Diámetro de mazorca

En **DM** el mayor efecto de heterosis promedio se observó en dos de las quince cruzas evaluadas 25 x 27 y 23 x 25 con valores de 22.9 y 17.5 % respectivamente lo mismo se presentó respecto a la heterosis en base al progenitor ( $h'$ ) donde los mayores valores se observaron en las mismas cruzas con valores de 15.1 y 20.3 por ciento. P25 participa como hembra y macho en cada una de las cruzas con mayor heterosis y en las estimaciones más altas de ACE para la variable RG.

#### 5.1.3 Longitud de mazorca

Para la variable de **LM** se obtuvieron valores significativos en porcentaje de heterosis para seis cruzas de las quince evaluadas en las cuales destacan las cruzas 24 x 28, 23 x 27, 24 x 25, 25 x 28, 23 x 24, y 24 x 27 con valores que van desde 11.8 % a 19.6; en cuanto a heterosis en base al progenitor máximo se presentan porcentajes de 14.5 a 21.8 respectivamente, donde sobresale la participación del P2 en las cruzas con mayor porcentaje de heterosis.

#### 5.1.4 Número de hileras por mazorca

Para la variable de **H/M** como nos muestra en el cuadro 5.1.4 las cruzas con un significativo porcentaje de heterosis son 23 x 25 con 16.4 y 24 x 27 con

6.9 por ciento, para la heterosis en relación al máximo progenitor los valores fueron de 13.2 y 40 por ciento, de nuevo resalta los progenitores machos 23 y 24.

#### **5.1.5 Granos por hilera**

Se obtuvieron cinco porcentajes positivos para la variable de **G/H** los cuales son 15, 16.3, 19, 20.8 y 22 por ciento que corresponden a las cruzas 23 x 27, 23 x 28, 24 x 28, 25 x 28 y 27 x 28 por ciento; respecto al progenitor máximo la heterosis se presento de la siguiente forma el más bajo de 4 % para la crusa de 24 x 28, 11.9 para 27 x 28, 12.8 para 23 x 28, 14.6 en la crusa 25 x 28, y la crusa 23 x 27 con 15.9.

#### **5.1.6 Peso Hectolítrico**

Sin embargo; para la variable de **PH** como lo vemos en el cuadro 5.1.6 únicamente una de las quince cruzas dio respuesta positiva significativa para porcentaje de heterosis con 12.3, respecto al progenitor máximo muestra 13 por ciento de heterosis.

#### **5.1.7 Rendimiento de grano**

En la variable de **RG** localizada en el mismo cuadro se tuvieron porcentajes muy importantes de heterosis, de quince cruzas evaluadas once cruzas mostraron resultados positivos de heterosis al igual que respecto al progenitor máximo, para lo cual quedan en el siguiente orden; la crusa 23 x 24 y 24 x 26 con 76.6 % de heterosis, 24 x 27 con 68.4, 23 x 28 con 58.6, 23 x 27 con valor de 57.3, 23 x 26 con 55.7, estas son seis de las cruzas con mayor porcentaje de heterosis, con valor positivo y significativo de heterosis también se encuentran las cruzas 26 x 28 con 48.1, 25 x 28 con porcentaje de 45.7, 24 x 25 con 44.2, 41.9 % para la crusa de 23 x 25, de esta manera y con menor porcentaje mas no de menos importancia se muestran las cruzas de 25 x 26 con 33.2 y 25 x 27 con 26.8 respectivamente.

## **5.2 Estimación de heterosis en verano**

### **5.2.1 Heterosis**

Para el ambiente de verano se presentan los siguientes efectos de Heterosis en base al progenitor medio ( $h$ ) y al mejor progenitor ( $h'$ ) para Diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM) y en relación a que son determinantes para el rendimiento de grano, en relación a la evaluación se obtuvieron los siguientes resultados evaluadas en 15 cruzas directas.

### **5.2.2 Diámetro de mazorca**

En el cuadro 5.2.2 para la variable **DM** el mayor efecto de heterosis promedio se vio reflejada en nada mas dos de las quince cruzas evaluadas 23 x 27 con valor de 9.5 y 23 x 25 con 6.1 % respectivamente en cambio para la heterosis en base al progenitor ( $h'$ ) donde f mayor valor se vio reflejada en dos cruzas 25 x 26 con valores de 5.5 y 23 x 27 con valor de 3.8 por ciento.

### **5.2.3 Longitud de mazorca**

Para la variable de **LM** que se encuentra en el mismo cuadro se obtuvieron los siguientes valores en porcentaje de heterosis para seis cruzas de las quince evaluadas en las cuales destacan las cruzas 23 x 27, 23 x 24, 23 x 28, 23 x 26, 25 x 28, y 23 x 25 con valores que van desde 11.7 % a 14.2; en cuanto a heterosis en base al progenitor máximo se presentan porcentajes de 5.2 a 9.6 respectivamente, donde sobresale la participación del P2 en las cruzas con mayor porcentaje de heterosis.

### **5.2.4 Número de hileras por mazorca**

Se obtuvo nada mas un resultado de la variable **H/M** como nos muestra en el cuadro 5.2.4 la craza con un significativo porcentaje de heterosis es 23 x 25 con 11.7, para la heterosis en relación al máximo progenitor el valor fue de 13.2.

### 5.2.5 Granos por hilera

Para la variable de **G/H** los valores con mayor porcentaje de nivel de heterosis los más destacados fueron las cruzas siguientes 23 x 24 y 23 x 28 que nos dieron un valor de 17.6 y 16.9 por ciento; respecto al progenitor máximo la heterosis se presentaron estos valores 14.1 y 11.1 que corresponden a las cruzas antes mencionadas.

### 5.2.6 Peso Hectolítrico

En cuadro 5.2.6 nos muestra la variable de **PH** únicamente una de las quince cruzas nos dio una respuesta baja de porcentaje de heterosis que fue la cruz 23 x 26 con un porcentaje de 3.4, respecto al progenitor máximo muestra 2.7 por ciento de heterosis.

### 5.2.7 Rendimiento de grano

En la variable de **RG** localizada en el cuadro 5.2.6 se tuvieron estos porcentajes de heterosis, de quince cruzas evaluadas cinco cruzas mostraron resultados positivos de heterosis al igual que respecto al progenitor máximo, para lo cual quedan en el siguiente orden; la cruz 25 x 27 con 90.7 % de heterosis, 23 x 27 con 80, 23 x 24 con 49.5, 23 x 25 con valor de 49.1, 23 x 28 con 44.1, estas son las cinco cruzas con mayor porcentaje de heterosis, con valor positivo y significativo de heterosis. Respecto al progenitor máximo se encuentran 5 cruzas con un significativo nivel de heterosis 26 x 27 con 123, 23 x 27 con porcentaje de 97.1, 25 x 27 con 93.7, 91.0 % para la cruz 24 x 25, y por ultimo 24 x 27 con un 64.6 por ciento.

**Cuadro 5.1.2.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|           | F1                     | Pi                     | Pj                     | (P i +P<br>j)<br>2 | h           | h'          |             |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|
|           | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) |                    | %           | %           |             |
| <b>DM</b> | <b>23x24</b>           | <b>49.15</b>           | <b>43.72</b>           | <b>47.75</b>       | <b>45.7</b> | <b>7.5</b>  | <b>2.9</b>  |
|           | 23x25                  | 52.44                  | 43.72                  | 45.58              | 44.7        | 17.5        | 15.1        |
|           | 23x26                  | 47.72                  | 43.72                  | 49.07              | 46.4        | 2.9         | -2.8        |
|           | 23x27                  | 48.8                   | 43.72                  | 47.58              | 45.7        | 6.9         | 2.6         |
|           | 23x28                  | 49.51                  | 43.72                  | 50.8               | 47.3        | 4.8         | -2.5        |
|           | 24x25                  | 49.02                  | 47.75                  | 45.58              | 46.7        | 5.1         | 2.8         |
|           | 24x26                  | 48.29                  | 47.75                  | 49.07              | 48.4        | -0.3        | -1.6        |
|           | 24x27                  | 48.91                  | 47.75                  | 47.58              | 47.7        | 2.6         | 2.4         |
|           | 24x28                  | 48.24                  | 47.75                  | 50.8               | 49.3        | -2.1        | -5.0        |
|           | 25x26                  | 48.21                  | 45.58                  | 49.07              | 47.3        | 1.9         | -1.8        |
|           | 25x27                  | 57.23                  | 45.58                  | 47.58              | 46.6        | 22.9        | 20.3        |
|           | 25x28                  | 47.87                  | 45.58                  | 50.8               | 48.2        | -0.7        | -5.8        |
|           | 26x27                  | 46.96                  | 49.07                  | 47.58              | 48.3        | -2.8        | -4.3        |
|           | 26x28                  | 48.63                  | 49.07                  | 50.8               | 49.9        | -2.6        | -0.9        |
|           | 27x28                  | 47.87                  | 47.58                  | 50.8               | 49.2        | -2.7        | 0.6         |
| <b>LM</b> | <b>23x24</b>           | <b>19.5</b>            | <b>16.94</b>           | <b>17.4</b>        | <b>17.2</b> | <b>13.6</b> | <b>15.1</b> |
|           | 23x25                  | 18.72                  | 16.94                  | 17.15              | 17.0        | 9.8         | 10.5        |
|           | 23x26                  | 19.07                  | 16.94                  | 17.46              | 17.2        | 10.9        | 12.6        |
|           | 23x27                  | 20.26                  | 16.94                  | 18.23              | 17.6        | 15.2        | 19.6        |
|           | 23x28                  | 19.29                  | 16.94                  | 18.02              | 17.5        | 10.4        | 13.9        |
|           | 24x25                  | 19.82                  | 17.4                   | 17.15              | 17.3        | 14.7        | 13.9        |
|           | 24x26                  | 18.91                  | 17.4                   | 17.46              | 17.4        | 8.5         | 8.7         |
|           | 24x27                  | 19.92                  | 17.4                   | 18.23              | 17.8        | 11.8        | 14.5        |
|           | 24x28                  | 21.2                   | 17.4                   | 18.06              | 17.7        | 19.6        | 21.8        |
|           | 25x26                  | 18.96                  | 17.15                  | 17.46              | 17.3        | 9.6         | 10.6        |
|           | 25x27                  | 18.35                  | 17.15                  | 18.23              | 17.7        | 3.7         | 7.0         |
|           | 25x28                  | 20.03                  | 17.15                  | 18.06              | 17.6        | 13.8        | 16.8        |
|           | 26x27                  | 18.77                  | 18.23                  | 18.23              | 18.2        | 3.0         | 3.0         |
|           | 26x28                  | 20.16                  | 18.23                  | 54.06              | 36.1        | -44.2       | 10.6        |
|           | 27x28                  | 19.03                  | 18.23                  | 18.06              | 18.1        | 4.9         | 4.4         |

**Cuadro 5.1.4.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para el promedio en el número de Hileras por Mazorca (HM) y el número de granos por hilera (GH) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|           |              | F1                     | Pi                     | Pj                     | (P i +P<br>j)<br>2 | h           | h'          |
|-----------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------|
|           |              | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) |                    | %           | %           |
| <b>HM</b> | <b>23x24</b> | <b>14.66</b>           | <b>14.66</b>           | <b>15.2</b>            | <b>14.9</b>        | <b>-1.8</b> | <b>-3.6</b> |
|           | 23x25        | 16.6                   | 14.66                  | 13.86                  | 14.3               | 16.4        | 13.2        |
|           | 23x26        | 14.8                   | 14.66                  | 14.13                  | 14.4               | 2.8         | 1.0         |
|           | 23x27        | 15                     | 14.66                  | 14                     | 14.3               | 4.7         | 2.3         |
|           | 23x28        | 15.4                   | 14.66                  | 15.06                  | 14.9               | 3.6         | 2.3         |
|           | 24x25        | 15.2                   | 15.2                   | 13.86                  | 14.5               | 4.6         | 0.0         |
|           | 24x26        | 14.8                   | 15.2                   | 14.13                  | 14.7               | 0.9         | -40.0       |
|           | 24x27        | 15.6                   | 15.2                   | 14                     | 14.6               | 6.9         | 40.0        |
|           | 24x28        | 14                     | 15.2                   | 15.06                  | 15.1               | -7.5        | -120.0      |
|           | 25x26        | 14.8                   | 13.86                  | 14.13                  | 14.0               | 5.8         | 4.7         |
|           | 25x27        | 14.13                  | 13.86                  | 14                     | 13.9               | 1.4         | 0.9         |
|           | 25x28        | 14.4                   | 13.86                  | 15.06                  | 14.5               | -0.4        | -4.4        |
|           | 26x27        | 13.6                   | 14.13                  | 14                     | 14.1               | -3.3        | -3.8        |
|           | 26x28        | 15.2                   | 14.13                  | 15.06                  | 14.6               | 4.2         | 0.9         |
|           | 27x28        | 13.73                  | 14                     | 15.06                  | 14.5               | -5.5        | -8.8        |
| <b>GH</b> | <b>23x24</b> | <b>43.53</b>           | <b>39.8</b>            | <b>41.73</b>           | <b>40.8</b>        | <b>6.8</b>  | <b>4.3</b>  |
|           | 23x25        | 41.6                   | 39.8                   | 36.4                   | 38.1               | 9.2         | 4.5         |
|           | 23x26        | 39.46                  | 39.8                   | 40.93                  | 40.4               | -2.2        | -3.6        |
|           | 23x27        | 46.13                  | 39.8                   | 39.53                  | 39.7               | 16.3        | 16.7        |
|           | 23x28        | 44.93                  | 39.8                   | 33.73                  | 36.8               | 22.2        | 33.2        |
|           | 24x25        | 37.9                   | 41.73                  | 36.4                   | 39.1               | -3.0        | 4.1         |
|           | 24x26        | 41.86                  | 41.73                  | 40.93                  | 41.3               | 1.3         | 2.3         |
|           | 24x27        | 42.53                  | 41.73                  | 39.53                  | 40.6               | 4.7         | 7.6         |
|           | 24x28        | 43.4                   | 41.73                  | 33.73                  | 37.7               | 15          | 28.7        |
|           | 25x26        | 37.86                  | 36.4                   | 40.93                  | 38.7               | -2.1        | -7.5        |
|           | 25x27        | 38.93                  | 36.4                   | 39.53                  | 38.0               | 2.5         | -1.5        |
|           | 25x28        | 41.73                  | 36.4                   | 33.73                  | 35.1               | 19.0        | 23.7        |
|           | 26x27        | 42.2                   | 40.93                  | 39.53                  | 40.2               | 4.9         | 6.8         |
|           | 26x28        | 39.86                  | 40.93                  | 33.73                  | 37.3               | 6.8         | 18.2        |
|           | 27x28        | 44.26                  | 39.53                  | 33.73                  | 36.6               | 20.8        | 31.2        |

**Cuadro 5.1.6.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Peso Hectolitro (PH) y Rendimiento en Grano (RG) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Primavera. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|           | F1                     | Pi                     | Pj                     | (P i +P<br>j)<br>2 | h             | h'          |             |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------|
|           | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) |                    | %             | %           |             |
| <b>PH</b> | <b>23x24</b>           | <b>94.49</b>           | <b>83.6</b>            | <b>84.57</b>       | <b>84.1</b>   | <b>12.4</b> | <b>11.7</b> |
|           | 23x25                  | 83.32                  | 83.6                   | 83.53              | 83.6          | -0.3        | -0.3        |
|           | 23x26                  | 85.24                  | 83.6                   | 84.03              | 83.8          | 1.7         | 1.4         |
|           | 23x27                  | 82.83                  | 83.6                   | 83.93              | 83.8          | -1.1        | -1.3        |
|           | 23x28                  | 65.5                   | 83.6                   | 83.39              | 83.5          | -21.6       | -1705.6     |
|           | 24x25                  | 83.92                  | 84.57                  | 83.53              | 84.1          | -0.2        | 0.5         |
|           | 24x26                  | 82.48                  | 84.57                  | 84.03              | 84.3          | -2.2        | -1.8        |
|           | 24x27                  | 84.34                  | 84.57                  | 83.93              | 84.3          | 0.1         | 0.5         |
|           | 24x28                  | 84.5                   | 84.57                  | 83.39              | 84.0          | 0.6         | 1.3         |
|           | 25x26                  | 84.55                  | 83.53                  | 84.03              | 83.8          | 0.9         | 0.6         |
|           | 25x27                  | 83.43                  | 83.53                  | 83.93              | 83.7          | -0.4        | -0.6        |
|           | 25x28                  | 84.49                  | 83.53                  | 83.39              | 83.5          | 1.2         | 1.3         |
|           | 26x27                  | 83.98                  | 84.03                  | 83.93              | 84.0          | 0.0         | 0.1         |
|           | 26x28                  | 84.21                  | 84.03                  | 83.39              | 83.7          | 0.6         | 1.0         |
|           | 27x28                  | 83.22                  | 83.93                  | 82.85              | 83.4          | -0.2        | 0.4         |
| <b>RG</b> | <b>23x24</b>           | <b>11287</b>           | <b>6056</b>            | <b>6721</b>        | <b>6388.5</b> | <b>76.6</b> | <b>67.9</b> |
|           | 23x25                  | 9957                   | 6056                   | 7976               | 7016.0        | 41.9        | 24.8        |
|           | 23x26                  | 9377                   | 6056                   | 5989               | 6022.5        | 55.7        | 54.8        |
|           | 23x27                  | 10067                  | 6056                   | 6742               | 6399.0        | 57.3        | 49.3        |
|           | 23x28                  | 10047                  | 6056                   | 6614               | 6335.0        | 58.6        | 51.9        |
|           | 24x25                  | 10598                  | 6721                   | 7976               | 7348.5        | 44.2        | 32.9        |
|           | 24x26                  | 11228                  | 6721                   | 5989               | 6355.0        | 76.7        | 67.1        |
|           | 24x27                  | 11340                  | 6721                   | 6742               | 6731.5        | 68.4        | 68.2        |
|           | 24x28                  | 6681                   | 6721                   | 6614               | 6667.5        | 0.2         | -0.6        |
|           | 25x26                  | 9303                   | 7976                   | 5989               | 6982.5        | 33.2        | 16.6        |
|           | 25x27                  | 9335                   | 7976                   | 6742               | 7359.0        | 26.8        | 17.0        |
|           | 25x28                  | 10631                  | 7976                   | 6614               | 7295.0        | 45.7        | 33.3        |
|           | 26x27                  | 6418                   | 5989                   | 6742               | 6365.5        | 0.8         | -4.8        |
|           | 26x28                  | 9334                   | 5989                   | 6614               | 6301.5        | 48.1        | 41.1        |
|           | 27x28                  | 6089                   | 6742                   | 6614               | 6678.0        | -8.8        | -9.7        |



**Cuadro 5.2.2.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Verano. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|           |              | F1                     | Pi                     | Pj                     | (P i +P<br>j)<br>2 | h           | h'          |
|-----------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|-------------|-------------|
|           |              | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) |                    | %           | %           |
| <b>DM</b> | <b>23x24</b> | <b>46.1</b>            | <b>40.7</b>            | <b>47.1</b>            | <b>43.9</b>        | <b>5.2</b>  | <b>-2.0</b> |
|           | 23x25        | 46.1                   | 40.7                   | 46.3                   | 43.5               | 6.1         | -0.4        |
|           | 23x26        | 43.3                   | 40.7                   | 43.7                   | 42.2               | 2.7         | -0.8        |
|           | 23x27        | 47.1                   | 40.7                   | 45.3                   | 43.0               | 9.5         | 3.8         |
|           | 23x28        | 46.1                   | 40.7                   | 49.8                   | 45.2               | 2.0         | -7.4        |
|           | 24x25        | 45.5                   | 47.1                   | 46.3                   | 46.7               | -2.6        | -1.9        |
|           | 24x26        | 44.7                   | 47.1                   | 43.7                   | 45.4               | -1.4        | 2.5         |
|           | 24x27        | 46.1                   | 47.1                   | 45.3                   | 46.2               | -0.2        | 1.7         |
|           | 24x28        | 44.5                   | 47.1                   | 49.8                   | 48.4               | -8.1        | -10.6       |
|           | 25x26        | 46.1                   | 46.3                   | 43.7                   | 45.0               | 2.4         | 5.5         |
|           | 25x27        | 43.4                   | 46.3                   | 45.3                   | 45.8               | -5.3        | -4.3        |
|           | 25x28        | 45.3                   | 46.3                   | 49.8                   | 48.1               | -5.7        | -9.0        |
|           | 26x27        | 46.2                   | 43.7                   | 45.3                   | 44.5               | 3.8         | 1.9         |
|           | 26x28        | 46.0                   | 43.7                   | 49.8                   | 46.7               | -1.6        | -7.6        |
|           | 27x28        | 45.8                   | 45.3                   | 49.8                   | 47.6               | -3.7        | -8.0        |
| <b>LM</b> | <b>23x24</b> | <b>17.6</b>            | <b>14.2</b>            | <b>16.9</b>            | <b>15.6</b>        | <b>13.1</b> | <b>3.9</b>  |
|           | 23x25        | 16.9                   | 14.2                   | 16.5                   | 15.4               | 10.2        | 2.4         |
|           | 23x26        | 17.1                   | 14.2                   | 16.4                   | 15.3               | 11.7        | 4.1         |
|           | 23x27        | 17.7                   | 14.2                   | 16.8                   | 15.5               | 14.2        | 5.2         |
|           | 23x28        | 18.0                   | 14.2                   | 17.8                   | 16.0               | 12.7        | 1.3         |
|           | 24x25        | 15.4                   | 16.9                   | 16.5                   | 16.7               | -7.9        | -6.7        |
|           | 24x26        | 16.2                   | 16.9                   | 16.4                   | 16.7               | -3.1        | -1.5        |
|           | 24x27        | 17.4                   | 16.9                   | 16.8                   | 16.9               | 2.7         | 3.0         |
|           | 24x28        | 15.8                   | 16.9                   | 17.2                   | 17.1               | -7.1        | -7.7        |
|           | 25x26        | 15.5                   | 16.5                   | 16.4                   | 16.5               | -5.6        | -5.3        |
|           | 25x27        | 16.1                   | 16.5                   | 16.8                   | 16.7               | -3.5        | -4.4        |
|           | 25x28        | 18.8                   | 16.5                   | 17.2                   | 16.8               | 11.7        | 9.6         |
|           | 26x27        | 17.1                   | 16.4                   | 16.8                   | 16.6               | 2.6         | 1.2         |
|           | 26x28        | 16.6                   | 16.4                   | 17.2                   | 16.8               | -1.1        | -3.3        |
|           | 27x28        | 14.5                   | 16.8                   | 17.2                   | 17.0               | -14.6       | -15.4       |

**Cuadro 5.2.4.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para el promedio de hileras por mazorca (HM) y Granos por Hilera (GH) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Verano. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|            | F1                     | Pi                     | Pj                     | (P i +P j)  | h           | h'          |             |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|            | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | (kg ha <sup>-1</sup> ) | <u>2</u>    | %           | %           |             |
| <b>H/M</b> | <b>23x24</b>           | <b>14.4</b>            | <b>14.5</b>            | <b>15.1</b> | <b>14.8</b> | -2.7        | -4.4        |
|            | 23x25                  | 16.0                   | 14.5                   | 14.1        | <b>14.3</b> | 11.7        | 13.2        |
|            | 23x26                  | 14.5                   | 14.5                   | 14.5        | <b>14.5</b> | 0.0         | 0.0         |
|            | 23x27                  | 14.4                   | 14.5                   | 13.9        | <b>14.2</b> | 1.4         | 3.9         |
|            | 23x28                  | 14.8                   | 14.5                   | 14.4        | <b>14.5</b> | 2.3         | 2.8         |
|            | 24x25                  | 14.8                   | 15.1                   | 14.1        | <b>14.6</b> | 1.4         | 4.7         |
|            | 24x26                  | 13.8                   | 15.1                   | 14.5        | <b>14.8</b> | -6.7        | -5.0        |
|            | 24x27                  | 14.9                   | 15.1                   | 13.9        | <b>14.5</b> | 3.0         | 7.5         |
|            | 24x28                  | 13.5                   | 15.1                   | 14.4        | <b>14.7</b> | -8.6        | -6.5        |
|            | 25x26                  | 14.3                   | 14.1                   | 14.5        | <b>14.3</b> | -0.5        | -1.9        |
|            | 25x27                  | 12.8                   | 14.1                   | 13.9        | <b>14.0</b> | -8.5        | -7.6        |
|            | 25x28                  | 13.2                   | 14.1                   | 14.4        | <b>14.3</b> | -7.5        | -8.3        |
|            | 26x27                  | 13.3                   | 14.5                   | 13.9        | <b>14.2</b> | -6.1        | -3.8        |
|            | 26x28                  | 14.0                   | 14.5                   | 14.4        | <b>14.5</b> | -3.2        | -2.8        |
|            | 27x28                  | 13.6                   | 13.9                   | 14.4        | <b>14.1</b> | -3.8        | -5.6        |
| <b>G/H</b> | <b>23x24</b>           | <b>42.7</b>            | <b>35.2</b>            | <b>37.5</b> | <b>36.3</b> | <b>17.6</b> | <b>14.1</b> |
|            | 23x25                  | 38.5                   | 35.2                   | 36.4        | <b>35.8</b> | 7.6         | 5.9         |
|            | 23x26                  | 38.2                   | 35.2                   | 35.7        | <b>35.5</b> | 7.7         | 6.9         |
|            | 23x27                  | 40.5                   | 35.2                   | 37.5        | <b>36.4</b> | 11.5        | 8.0         |
|            | 23x28                  | 43.4                   | 35.2                   | 39.1        | <b>37.1</b> | 16.9        | 11.1        |
|            | 24x25                  | 32.7                   | 37.5                   | 36.4        | <b>36.9</b> | -11.4       | -10.1       |
|            | 24x26                  | 33.2                   | 37.5                   | 35.7        | <b>36.6</b> | -9.3        | -7.1        |
|            | 24x27                  | 37.9                   | 37.5                   | 37.5        | <b>37.5</b> | 1.2         | 1.1         |
|            | 24x28                  | 31.9                   | 37.5                   | 39.1        | <b>38.3</b> | -16.7       | -18.4       |
|            | 25x26                  | 34.4                   | 36.4                   | 35.7        | <b>36.1</b> | -4.6        | -3.7        |
|            | 25x27                  | 34.5                   | 36.4                   | 37.5        | <b>37.0</b> | -6.8        | -8.2        |
|            | 25x28                  | 39.9                   | 36.4                   | 39.1        | <b>37.7</b> | 5.8         | 2.2         |
|            | 26x27                  | 38.5                   | 35.7                   | 37.5        | <b>36.6</b> | 5.0         | 2.5         |
|            | 26x28                  | 40.2                   | 35.7                   | 39.1        | <b>37.4</b> | 7.5         | 2.9         |
|            | 27x28                  | 34.1                   | 37.5                   | 39.1        | <b>38.3</b> | -10.9       | -12.6       |

**Cuadro 5.2.6.** Heterosis en base al progenitor medio (h) y al mejor progenitor (h') para Peso Hectolitro (PH) y Rendimiento en Grano (RG) y evaluadas en 15 cruzas directas en el ciclo Verano. UAAAN, Torreón Coahuila. México 2011.

|           |              | F1<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Pi<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | Pj<br>(kg ha <sup>-1</sup> ) | $\frac{(P_i + P_j)}{2}$ | h<br>%      | h'<br>%     |
|-----------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|
| <b>PH</b> | <b>23x24</b> | <b>83.8</b>                  | <b>80.8</b>                  | <b>83.0</b>                  | <b>81.9</b>             | <b>2.3</b>  | <b>1.0</b>  |
|           | 23x25        | 80.6                         | 80.8                         | 82.5                         | 81.6                    | -1.2        | -2.3        |
|           | 23x26        | 84.1                         | 80.8                         | 81.9                         | 81.3                    | 3.4         | 2.7         |
|           | 23x27        | 81.1                         | 80.8                         | 82.2                         | 81.5                    | -0.5        | -1.3        |
|           | 23x28        | 81.0                         | 80.8                         | 83.8                         | 82.3                    | -1.6        | -3.3        |
|           | 24x25        | 83.3                         | 83.0                         | 82.5                         | 82.7                    | 0.7         | 1.0         |
|           | 24x26        | 81.8                         | 83.0                         | 81.9                         | 82.4                    | -0.7        | -0.1        |
|           | 24x27        | 83.2                         | 83.0                         | 82.2                         | 82.6                    | 0.7         | 1.2         |
|           | 24x28        | 83.4                         | 83.0                         | 83.8                         | 83.4                    | 0.0         | -0.5        |
|           | 25x26        | 83.4                         | 82.5                         | 81.9                         | 82.2                    | 1.5         | 1.8         |
|           | 25x27        | 82.7                         | 82.5                         | 82.2                         | 82.3                    | 0.5         | 0.6         |
|           | 25x28        | 82.8                         | 82.5                         | 83.8                         | 83.1                    | -0.4        | -1.2        |
|           | 26x27        | 82.3                         | 81.9                         | 82.2                         | 82.0                    | 0.4         | 0.1         |
|           | 26x28        | 82.4                         | 81.9                         | 83.8                         | 82.8                    | -0.5        | -1.7        |
|           | 27x28        | 81.8                         | 82.2                         | 83.8                         | 83.0                    | -1.4        | -2.4        |
| <b>RG</b> | <b>23x24</b> | <b>5139.0</b>                | <b>2379.7</b>                | <b>4495.9</b>                | <b>3437.8</b>           | <b>49.5</b> | <b>14.3</b> |
|           | 23x25        | 3310.5                       | 2379.7                       | 2062.2                       | 2221.0                  | 49.1        | 60.5        |
|           | 23x26        | 1983.5                       | 2379.7                       | 4484.4                       | 3432.1                  | -42.2       | -55.8       |
|           | 23x27        | 3940.3                       | 2379.7                       | 1998.7                       | 2189.2                  | 80.0        | 97.1        |
|           | 23x28        | 4487.1                       | 2379.7                       | 3848.3                       | 3114.0                  | 44.1        | 16.6        |
|           | 24x25        | 3938.9                       | 4495.9                       | 2062.2                       | 3279.0                  | 20.1        | 91.0        |
|           | 24x26        | 4487.6                       | 4495.9                       | 4884.4                       | 4690.2                  | -4.3        | -8.1        |
|           | 24x27        | 3290.2                       | 4495.9                       | 1998.7                       | 3247.3                  | 1.3         | 64.6        |
|           | 24x28        | 2598.1                       | 4495.9                       | 3848.7                       | 4172.3                  | -37.7       | -32.5       |
|           | 25x26        | 3274.9                       | 2062.2                       | 4884.4                       | 3473.3                  | -5.7        | -33.0       |
|           | 25x27        | 3871.7                       | 2062.2                       | 1998.7                       | 2030.5                  | 90.7        | 93.7        |
|           | 25x28        | 3898.4                       | 2062.2                       | 3848.3                       | 2955.2                  | 31.9        | 1.3         |
|           | 26x27        | 4457.1                       | 4884.4                       | 1998.7                       | 3441.6                  | 29.5        | 123.0       |
|           | 26x28        | 3899.7                       | 4884.4                       | 3884.3                       | 4384.3                  | -11.1       | 0.4         |
|           | 27x28        | 1983.5                       | 1998.7                       | 3884.3                       | 2941.5                  | -32.6       | -48.9       |

## **VI CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos nos indicaron que los híbridos fueron estadísticamente diferentes en las características evaluadas. Se presentan los efectos de heterosis en base al promedio de progenitores (h) y el mejor progenitor (h'), para las seis características agronómicas seleccionadas en relación a que son determinantes para el rendimiento de grano, en relación a la evaluación durante el ambiente de primavera se obtuvieron resultados muy aceptables. Para los dos ambientes de primavera y verano los efectos de heterosis son muy determinantes para rendimiento de grano ya que los resultados obtenidos son significativamente favorables pero fueron mucho mejores los resultados obtenidos en cuanto a nivel de heterosis en las cruas evaluadas del ciclo de primavera.

## VII LITERATURA CITADA

- Bascur, B. G. 2005. Evaluación de la capacidad combinatoria de líneas auto fecundadas. INIA, (R) La platina. Depto. Horticultura y Cultivos. Santiago Chile. Casilla 439/3.
- Ceballos, H., A. L. Chávez, T. Sánchez, J. M. Bedoya, J. Echeverri and J. Tohme 2002. Genetic potential to improve carotene content of cassava and strategies for its deployment. *The Journal of Nutrition* 132 (9S): 2988S
- De La Cruz, L. E. Gutiérrez Del R, E. Espinoza B, A. Palomo G, A. Rodríguez H, S. 2003. Aptitud combinatoria Heterosis de líneas de maíz en la comarca lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 26. (004). Pp. 279-284.
- Duvick, D. N. 1999. Heterosis: Feeding people and protecting natural resources. In: *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. American Society of Agronomy. Mexico. Pp. 19-29.
- Endogamia y consanguinidad. Heterosis. Disponible en: <http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/endogamia/endogamia.pdf> . Consultado el 10 de Mayo del 2011.
- Gutiérrez Del R, E. Espinoza B, A. Palomo G, A. Rodríguez H, S. De La Cruz, L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol.25. (003). Pp.271-277
- Lamkey, K, R. Jode, E. W. 1998. *Heterosis: Theory and Estimation* Agricultural Research Service. USDA. Dept. of Agronomy. Iowa State Univ.

- Lipkin, E. Mosig, M.O. Darvasi, A. Ezra, E. Salom, A. Frideman, A. And Soller, M. 1998. Quantitative trait locus mapping in dairy cattle by means of selective milk DNA pooling using dinucleotide microsatellite markers: analysis of milk protein percentage. *Genetics*. 149: 1557-1567.
- Miramontes, P. C. U. 2006. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. México, D.F. Pp. 9-15.
- Morales, Y, M.L. 2002. Caracterización genotípica de plantas de maíz (*Zea Mays L.*) utilizando secuencias microsatelites distribuidas uniformemente sobre el genoma. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Núm. 17. P. 7.
- Parvez, S. 2006. Avances Recientes en el Conocimiento de la Base Genética de la Heterosis en Arroz (*Oriza Sativa* spL.). Universidad De Oriente Press. Revista Científica UDO Agrícola Vol. 6, No. 1, Pp. 1-10.
- Ramírez, D. J.L. Chuela, B. M. Vidal, M. V. A. Ron, P.J. Caballero, H. F. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 30 (4): 453-461.
- Ramos, F. 2008. Genotécnia. Centro de ciencias agropecuarias. Departamento de fitotécnia. Universidad Autónoma De Aguascalientes. Pp. 214-137.
- Shull, G. H. 1914. Duplicate genes for capsule form in bursa bursa-pastoris. *Zeits. Abst. Vererb.*, XII.
- Shull, G. H. 1952. Beginnings of the heterosis concept. In: Gowen, J. W. (Ed). *Heterosis*, Pp.14-48. Iowa State College Press, New York.

Tenkouano, A. J.H Crouch. Ortiz. R. 1997. Genetic diversity, hybrid performance, and combining ability for yield in musa germplasm. Printed in the Netherlands. Kluwer Academic Publisher. Euphytica 102: Pp 281-288