

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**COMPARACIÓN DE TRES FUENTES DE GERMOPLASMA EN  
HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ PARA GRANO**

**POR**

**Jesús Ríos Díaz**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAH., MÉXICO**

**DICIEMBRE 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**COMPARACIÓN DE TRES FUENTES DE GERMOPLASMA EN  
HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ PARA GRANO**

**POR**

**Jesús Ríos Díaz**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAH., MÉXICO**

**DICIEMBRE 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. **JESÚS RÍOS DÍAZ**

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADA POR:

Asesor principal:

\_\_\_\_\_  
MC. Armando Espinoza Banda

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:

\_\_\_\_\_  
DR. Arturo Palomo Gil

Asesor:

\_\_\_\_\_  
MC. Oralia Antuna Grijalva

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

\_\_\_\_\_  
MC. Víctor Martínez Cueto

Torreón Coahuila.

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. **JESÚS RÍOS DÍAZ**

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ  
PARTICULAR DE ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADA POR:

Asesor principal:

\_\_\_\_\_  
MC. Armando Espinoza Banda

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:

\_\_\_\_\_  
DR. Arturo Palomo Gil

Asesor:

\_\_\_\_\_  
MC. Oralia Antuna Grijalva

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS.**

\_\_\_\_\_  
MC. Víctor Martínez Cueto

Torreón Coahuila.

Diciembre del 2007

## **Agradecimientos**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser una institución muy noble y prestigiosa, gracias por que en ti encontré la esperanza de salir adelante, al departamento de fitomejoramiento, por brindarme la oportunidad de superarme y darme la formación profesional y por el apoyo brindado durante mis estudios.

Muy en especial a mis asesores que me orientaron y ayudaron a terminar la etapa final de mi carrera.

DR. Armando Espinoza Banda

DR. Emiliano Gutiérrez del río

DR. Arturo Palomo Gil

MC. Oralia Antuna Grijalva

A todos mis maestros que día a día me instruyeron, lo cual me ha servido para enfrentar a la vida. Ha habido tantos de ustedes en mi vida que no podría darle las gracias a cada uno. Así, les escribo a todos juntos. Recuerdo a cada uno de ustedes que alguna vez me dio palabras alentadoras, desde la escuela de infancia hasta la universidad.

A mis padres, por darme el ser, por su cariño, confianza, comprensión, dedicación, desvelos, amor y esfuerzos desmedidos para que yo me realizara como profesión. Gracias los quiero mucho.

A mis hermanas y hermanos por su gran apoyo brindado y comprensión durante este tiempo. Muy en especial a Inés, Juliana y Carmelita Ríos Díaz sin su apoyo yo no sería lo que ora soy.

A todos mis amigos(as) por pasar grandes momentos buenos y malos en la escuela y darme la oportunidad de ser su amigo.

A mis compañeros de la generación con los que compartí experiencias durante mi carrera quienes siempre estarán conmigo Dios guíe su camino en donde quiera que estén.

## **Dedicatoria**

Con mucho amor y respeto para todas las personas que amo y quiero en esta vida.

### **A mis padres:**

**Sr. Pedro Ríos Rodríguez**

**Sr. Lucia Díaz Gómez**

A esas dos personas que quiero, que con sus palabras acertadas me han guiado por el buen camino. A ellos que con amor, ejemplo y grandes esfuerzos han hecho que yo logre mis metas. Mil gracias a ellos por darme la vida y esta carrera que sin su apoyo no hubiera logrado, también por la confianza que depositaron en mí por esto gracias, a DIOS le pido que e los bendiga y me los conserve por mucho tiempo.

A mis hermanos y hermanas por compartir tristezas y alegrías gracias por su apoyo y cariño a lo largo de mi existencia, son las personas que más quiero, su presencia en la vida es el regalo más grande que dios me ha hecho.

A la memoria de dos de mis hermanos que no tuve la dicha de conocer, donde se encuentren pido a Dios que los tenga con el.

A Rosalinda por su cariño y comprensión ya que fue un estímulo moral en la culminación de mi carrera y de este trabajo. Gracias por su amor, ánimo y consejos. Por estar en las buenas y malos momentos y siempre estar conmigo.

A mis cuñadas por brindarme su cariño y amistad incondicional con quienes he convivido y pasado momentos muy agradables.

A mis sobrinos y sobrinas por ser una bendición de Dios y la dicha de ser tío que me impulsaron a concluir mis estudios.

**A TODOS USTEDES POR  
ESTO Y MUCHO MAS DE  
TODO CORAZÓN GRACIAS.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice.....	paginas
Índice de cuadros .....	IX
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo .....	3
1.2. Hipótesis .....	3
1.3. Meta.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Importancia del cultivo del maíz.....	4
2.2. Producción de maíz en el mundo .....	4
2.3. Producción y problemática del maíz en México.....	5
2.4. El maíz después de la firma del TLCAN en México.....	6
2.5. Producción de maíz en la Comarca Lagunera, México .....	7
2.6. Producción y tecnología de semilla mejoradas de maíz....	7
2.7. Líneas puras.....	8
2.8. Hibridación.....	8
2.9. Clasificación de híbridos .....	9
2.10. Híbridos dobles.....	11
2.11. Formación de híbridos .....	14
2.12. Aptitud combinatoria .....	15
2.13. Aptitud combinatoria general .....	15
2.14. Patrones heteróticos.....	16
2.15. Producción de híbridos de maíz .....	18
2.16. Rendimiento .....	19
III. MATERIALES Y METODOS .....	21
3.1. Ubicación geográfica .....	21
3.2. Material genético .....	21
3.3. Diseño experimental .....	23
3.4. Siembra .....	23
3.5. Manejo agronómico .....	23
3.5.1. Aclareo .....	23
3.5.2. Fertilización .....	24
3.5.3. Riegos .....	24
3.5.4. Control de plagas.....	25
3.5.5. Control de maleza.....	25
3.5.6. Cosecha .....	25
3.6. Variables Evaluar.....	25
3.6.1. Altura de planta (AP) .....	25
3.6.2. Altura de mazorca (AMZ).....	26
3.6.3. Peso de mazorca (MZP).....	26
3.6.4. Peso de forraje verde (PF) .....	26
3.6.5. Peso de olote (PO) .....	27
3.6.6. Rendimiento de grano (REN) .....	27

3.6.7. Diámetro de mazorca (DMZ) .....	27
3.6.8. Diámetro de olote (DO).....	28
3.6.9. Longitud de mazorca (LMZ).....	28
3.6.10. Número de hileras por mazorca (NHMZ).....	28
3.6.11. Número de granos por hilera (NGH).....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1. Análisis de varianza.....	29
4.2. Comparación de medias.....	30
4.3. Aptitud combinatoria general .....	37
4.4. Correlación .....	40
4.4.1. Variables morfológicas .....	40
4.4.2. Rendimiento de grano y mazorca .....	41
4.4.3. Variables de mazorca .....	41
V. CONCLUSIONES .....	43
VI. RESUMEN .....	44
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	45

## INDICE DE CUADROS

Cuadros	pagina
3.1. Descripción del material genético utilizado como progenitores.....	22
3.2. Calendario de riego.....	24
4.1. Significancia de cuadrados medios de 11 variedades evaluadas en 17 híbridos dobles evaluados en la UAAAN-UL (2005).....	29
4.2. Valores medios de 11 variables evaluadas en 17 híbridos doble y un testigo.....	36
4.3. Aptitud combinatoria general (ACG) de 17 híbridos dobles.....	39
4.4 Coeficientes de correlación de once variables.....	42

## I. INTRODUCCIÓN

Estados Unidos es el primer productor de maíz en el mundo, con alrededor de 330 millones de toneladas en 2006. De ese monto, unas 50 millones de toneladas se guardaron en las reservas de granos de ese país. El resto fue comercializado de la siguiente manera: 155 millones de toneladas de maíz se destinaron a la engorda de ganado y aves; 55 millones fueron exportadas; 26 millones de toneladas de maíz se procesaron para consumo humano directo (la mitad a través de alta fructosa de maíz). Finalmente, se destinaron ese año unas 50 millones de toneladas para la producción de bio-etanol. (La Jornada 2007)

Para nuestro país, hay que tomar en cuenta dos efectos. El primero es sobre la balanza comercial (y, en especial, sobre la balanza comercial del sector agropecuario). El segundo es sobre los precios domésticos y en especial, sobre las cadenas de producción, tanto de tortilla como de productos pecuarios. (La Jornada 2007)

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, ya que suministra elementos nutritivos importante a los seres humanos, animales y materia prima básica de la industria de la transformación (FAO, 1993). Este cultivo en México tiene una importancia de tipo ancestral y social, ya que es un cultivo de origen Mexicano.

El maíz es el grano de mayor importancia para México, considerando que uno de sus derivados es la tortilla, el alimento más importante en nuestro país. Ha sido señalado que en las áreas rurales este alimento aporta del 39 al 50 por ciento de las proteínas y del 60 a 70 por ciento de las calorías (Villegas, 1972).

En muchas regiones de México, los agricultores que cultivan maíz contribuyen a la conservación y generalización de la diversidad genética. Así por un lado en la practica mantienen las variedades locales tradicionales al pasarlas de generación en generación, y por otro, al seleccionar deliberadamente las semillas mas favorables por sus diversas características, a través de las variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento, llegan a formar nuevos tipos, variedades o razas a través del tiempo, (Hernández, 1972).

Allard (1985), menciona que aunque la primera producción comercial de un híbrido doble tuvo lugar en 1921, transcurrió un considerable periodo de tiempo antes de que el maíz híbrido llegase a ser un factor importante en la agricultura. En 1933, menos del uno por ciento de la superficie sembrada de maíz lo era de maíces híbridos y para 1994 las variedades híbridas ocupaban más del ochenta por ciento de la superficie.

En la Comarca Lagunera se siembran anualmente un promedio de 44,558 hectáreas, 28,533 hectáreas de maíz para forraje y 16,025 hectáreas para grano. De estas el 80 por ciento se siembran con híbridos de compañías trasnacionales,

por lo que es importante generar híbridos nacionales que compitan en producción y calidad, por lo que el programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL, esta haciendo esfuerzos para generar híbridos alternativos para la región.

### **1.1. Objetivo**

Evaluar tres grupos de híbridos dobles experimentales y seleccionarlos con base a aptitud combinatoria general, rendimiento de grano y comportamiento agronómico.

### **1.2. Hipótesis**

Ho: los híbridos dobles de maíz presentan igual rendimiento de grano y comportamiento agronómico.

Ha: los híbridos dobles de maíz presentan diferente rendimiento de grano y comportamiento agronómico.

### **1.3. Meta**

Seleccionar el híbrido doble con el mayor rendimiento de grano y características agronómicas deseables.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del cultivo del maíz

El maíz es el cereal que mas se produce en el mundo, seguido del trigo y el arroz. Es parte de muchos productos alimenticios y en muchas regiones del mundo forma parte muy importante en la dieta alimenticia de sus poblaciones y es una de las más importantes fuentes de alimento para el ganado. En adición a esto, el maíz esta involucrado en muchos usos industriales, desde la producción de polímeros almidón, combustibles y lubricantes. Con la introducción de los maíces transgénicos, se está utilizando como fuente de hormonas, vacunas y componentes para diagnósticos médicos (Andow *et al.*, 2004).

### 2.2. Producción de maíz en el mundo

Estados unidos es el principal productor con 299.9 millones de toneladas, le sigue china con 128.0 millones de toneladas, la unión europea con 53.1 millones de toneladas, Brasil con 39.5 millones de toneladas representando el 42.5 por ciento, 18.1 por ciento, 7.5 por ciento y el 5.6 por ciento de la producción mundial respectivamente; México para este año con 22.0 millones de toneladas representa el 3.1 por ciento. En los Estados Unidos es el principal cultivo seguido de la soya; la superficie sembrada en el 2005 fue de 81,759 miles de acres, con una producción de 147.9 búshels por acre y una producción total de 11,112, 072 miles de búshels con valor de 21,040,707 miles de dólares USA (NASS; 2006).

La FAO (2001) ubica al maíz en el primer lugar con 609 millones de toneladas, seguido por el arroz con 592 millones de toneladas y en tercer lugar el trigo con 582 millones de toneladas. El maíz es la base de la seguridad alimentaria de muchos países de Latinoamérica y África. En México solo se produce el 3% de la producción total mundial y los estados con mayor producción son: Chiapas, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz (SAGARPA, 2001).

### **2.3. Producción y problemática del maíz en México**

En México se produjeron 21,8401 miles toneladas en el 2004 con un rendimiento promedio de  $3.96 \text{ t ha}^{-1}$  con importaciones de EU de 5, 725 miles de toneladas (M de t) al cierre de 2003, de una cuota implantada por el TLC de 3360 t (SIAP, 20006).

El maíz es el grano de mayor importancia para México, considerando que uno de sus derivados es la tortilla, el alimento más importante en nuestro país. Ha sido señalado que en las áreas rurales este alimento aporta del 39 al 50 por ciento de las proteínas y del 60 a 70 por ciento de las calorías (Villegas, 1972).

En muchas regiones de México, los agricultores que cultivan maíz contribuyen a la conservación y generalización de la diversidad genética. Así por un lado en la práctica mantienen las variedades locales tradicionales al pasarlas de generación en generación, y por otro, al seleccionar deliberadamente las

semillas mas favorables por sus diversas características, a través de las variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento, llegan a formar nuevos tipos, variedades o razas a través del tiempo, (Hernández, 1972).

#### **2.4. El maíz después de la firma del TLCAN en México**

En 1994, la producción de maíz grano, fue 18.2 millones de toneladas y de 21.7 millones de toneladas para el 2004, lo que constituyo un aumento del 1.6 por ciento anual en el caso de la producción para consumo humano, el maíz forrajero creció de 4.3 millones de toneladas a 9.4 millones de toneladas en el mismo periodo, lo que estableció un 6.8 por ciento de crecimiento anual la producción se elevo un 1.2 por ciento anual en las áreas de temporal y 3.4 por ciento anual en las de riego (Serna, 2006).

En el periodo, los agricultores comerciales apoyados en tecnología, aportan el 34 por ciento de la oferta interna de maíz gracias a los altos rendimientos; el 44 por ciento proviene de agricultores con menor tecnología, pero con cierto uso de semillas mejoradas, combinada con otras prácticas agrícolas, en las zonas con potencial de medio a alto principalmente de temporal (Serna, 2006).

## **2.5. Producción de maíz en la Comarca Lagunera, México**

En la Comarca lagunera se siembran 7,300 ha de maíz bajo riego con rendimientos promedio de 3.6 t ha<sup>-1</sup> y 23,800 ha de maíz forrajero con rendimientos de forraje fresco de 43.7 t ha<sup>-1</sup> con un punto de equilibrio de 8.17 t ha<sup>-1</sup> y 30.4 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, utilizando híbridos comerciales donde el costo de la semilla va del 17-20 por ciento de los costos de producción. En temporal con variedades de polinización libre, se reporta una superficie cosechada de 2,400 h con una producción de 0.743 t ha<sup>-1</sup> de grano (SAGARPA, 2006).

## **2.6. Producción y tecnología de semilla mejoradas de maíz en México**

El Instituto Nacional de Investigaciones forestales agrícolas y pecuarias (INIFAP) de México, incluyendo las Instituciones antecesoras, han liberado 221 híbridos y variedades en 62 años de mejoramiento genético en maíz. Estos materiales fueron de adaptación específica a diferentes condiciones ambientales. En mayor proporción, se trabajo con híbridos de cruza dobles y variedades mejoradas de polinización libre. A partir de la desaparición de PRONASE en 1991 creció la participación de empresas privadas de semilla, incluyendo el sector social, sin embargo, el uso de semillas certificadas en el país se estima actualmente en 26 por ciento a 33 por ciento (Espinosa et al., 2002).

## **2.7. Líneas puras**

Chavez (1995), menciona que una línea autofecunda es aquella que es pura, originalmente por autopolinizaciones sucesivas y selección hasta obtener plantas aparentemente homocigotas esto requiere de cinco a siete generaciones sucesivas, se puede diferenciar fácilmente. Cuando esto sucede se dice que la línea es altamente homocigota o sea que todas las plantas de esta línea tiene la misma constitución genética en lo referente a las unidades de herencia, estas unidades se transmiten en un 100 por ciento tanto a través de su polen como de sus óvulos.

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

## **2.8. Hibridación**

De la Loma (1954) señala que la hibridación es la producción de ejemplares que presentan nuevas combinaciones o agrupaciones de caracteres y generalmente mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético para aumentar la producción de maíz, ya que los

resultados reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en variedades.

López y Chávez (1995) mencionan que el maíz híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas involucrando el proceso de híbridos.

## **2.9. Clasificación de híbridos**

López y Chávez (1995) presenta la siguiente clasificación:

**Híbrido simple.** Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbrido F1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son mas uniforme y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

**Híbrido triple ó trilineal.** Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada. La cruce simple como hembra y una línea como macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos con una cruce triple que con una doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de una cruce simple.

**Híbrido doble.** El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una cruce entre dos cruces simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como una cruce simple, por lo que presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez mas que una doble.

Márquez (1988) define a la hibridación como un método genotécnico en las plantas, que es el aprovechamiento de la generación  $F_1$  proveniente del cruzamiento entre dos poblaciones  $P_1$  y  $P_2$  (poblaciones paternas). Las poblaciones  $P_1$  y  $P_2$  son dos poblaciones cual quiera de la misma especie y por lo tanto, pueden tener la estructura genotípica a los objetivos que se persigan en la utilización comercial de la generación  $F_1$ , o bien para su aprovechamiento como paso inicial o intermedio en la relación de algún otro método genético.

Reyes (1985) en sus escritos define como un híbrido animal o vegetal a aquel que es procreado por dos individuos de distinta especie o genero, y comenta que se debe entender como cruzamiento al apareamiento entre individuos de distinta variedad o raza, pero de la misma especie. El método consiste en el apareamiento controlado de individuos generalmente diferentes, y el estudio de la progenie, asociado la endogamia o consanguinidad durante el proceso.

## 2.10. Híbridos dobles

Shull (1909) fue el primero que utilizó el método de mejoramiento de maíz con líneas puras, basado en las líneas puras obtenidas por autofecundación prolongada y la utilización de híbridos  $F_1$  entre estas líneas puras para la producción de la cosecha comercial. Propuso utilizar híbridos simples para la siembra comercial, fabricando estos híbridos entre pares de líneas puras seleccionadas por su mejor aptitud combinatoria. Shull (1909) propuso la utilización extensiva de las variedades híbridas por varias razones:

Primero, no se disponía de líneas puras que fueran capaces de producir híbridos suficientemente superiores en calidad que las mejores variedades de polinización abierta para que les resultasen atractivas para los productores.

Segundo, la semilla híbrida era cara por que el progenitor femenino una línea pura poco productiva y la tercera parte o la mitad del campo estaba ocupado por el progenitor masculino lo que reducía más el rendimiento de semilla por hectárea.

Tercero, las semillas híbridas  $F_1$  eran pequeñas y con frecuencia denominadas, debido a lo cual se tuvieron dificultades con la máquinas sembradoras y también mala germinación.

Jones (1918) sugirió el híbrido doble lo que hizo posible la utilización económica de los maíces híbridos. Un híbrido doble es la  $F_1$  de dos híbridos simples. Así, A, B, C y D representan líneas puras. Uno de los híbridos simples

puede estar representado por  $A \times B$  y uno de los posibles híbridos dobles por  $(A \times B)(C \times D)$ .

Allard (1985) menciona que aunque la primera producción comercial de híbrido doble tuvo lugar en 1921, transcurrió un considerable periodo de tiempo antes de que el maíz híbrido llegase a ser un factor importante en la agricultura. En 1933, menos del uno por ciento de la superficie sembrada de maíz lo era de maíces híbridos y para 1994 las variedades híbridas ocupaban más del ochenta por ciento de la superficie.

Allard (1985) indica que se comprende que la obtención de híbridos dobles de maíz fue una de los acontecimientos más importantes en la historia de la agricultura.

Jugenheimer (1987) señala que el esfuerzo para desarrollar híbridos adaptados a estaciones de crecimiento de duración variable ha dado como resultado la expansión de la producción en muchas regiones.

Gardner (1982) indicó que las cruza dobles no mejoran el vigor híbrido mas allá del que confiere la crusa simple, su principal merito es el producir plantas uniformes y vigorosas para la producción de semillas, reduciendo así el costo de las semillas comerciales. También es posible mejorar la uniformidad de la cosecha en cuanto altura, rendimiento y características de la mazorca.

Cortez (1982) indica que los métodos secuenciales de obtención de las líneas endocriadas, cruzas de prueba (mestizo), predicción de cruzas dobles y evaluación de generaciones tempranas fueron efectuadas para la obtención de híbridos dobles.

Betancourt (1988) concluye que los híbridos que evaluó y que resultaron mejores por su estabilidad en rendimiento y características agronómicas son los híbridos dobles, razón por la cual su explotación comercial es ventajosa por la economía en la producción de semilla, también sugiere que estos híbridos experimentales se cultiven a un nivel semicomercial en trópico seco y bajo.

Olivares (1989) menciona que entre los híbridos experimentales, existió variedad para el carácter de rendimiento demás características agronómicas, que le permitieron seleccionar entre ellos el mejor híbrido doble. También menciona que las cruzas simples son de mayor aptitud combinatoria general.

Ortega (1990) menciona que la producción de semilla híbrida de las cruzas dobles es generalmente mayor que la crusa simple, debido que las cruzas dobles (híbrido doble) su semilla proviene de la crusa simple (híbrido simple) y no de las líneas como el caso de la crusa simple y por lo que es económicamente más fácil producir semilla de crusa doble,

## 2.11. Formación de híbridos

El fitomejoramiento es y seguirá siendo la mejor herramienta a nuestro alcance para mantener una elevada productividad. La producción y formación de híbridos conlleva un tiempo que oscila entre los ocho y once años. Se basa en explorar el fenómeno biológico denominado “heterosis”. La heterosis término acuñado por Shull en 1914, induce a la superioridad del híbrido con respecto a sus progenitores. La superioridad se discute en el ámbito de las teorías genéticas de dominancia y de sobre dominancia. Independientemente de cual de las dos predomine en el efecto, este conocimiento revolucionó la producción de semilla híbrida a escala mundial a través de diferentes técnicas. Dichas técnicas y/o procedimientos son útiles para conocer y aprovechar el vigor híbrido del maíz. La más conocida por los fitomejoradores es el uso de los cruzamientos dialélicos propuesta por Sprague Tatum (1942) y después por Griffing (1956).

Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción genética involucrado en el material de estudio. Se denominan “aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE)”, a los tipos de acción genética, que controlan las características de la planta, donde la aptitud combinatoria específica (ACE), indica la factibilidad de explorar el fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos.

## **2.12. Aptitud combinatoria**

En cualquier programa de mejoramiento, solo es posible obtener un rápido avance si se usan los genotipos de alta aptitud combinatoria. Comprendida la importancia que encierra conocer dicha aptitud de los genes, en una fase temprana, diversos investigadores se han preocupado por este problema y han propuesto algunos métodos para su determinación.

La ACG expresa el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y la ACE expresa el comportamiento de combinaciones híbridas específicas. Su determinación permite conocer la forma en que actúan los genes, si su acción es aditiva o no aditiva, además de la importancia que esto encierra para el mejoramiento (Sprage y Tatum, 1942).

## **2.13. Aptitud combinatoria general**

Sprague y Tatum (1942) definieron la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruza.

(Jungenheimer, 1985) dice que los probadores deben seleccionarse por su capacidad para combinar las líneas con otras. La aptitud combinatoria general (ACG) es el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras

líneas. Se puede usar probadores adecuados para determinar que las líneas pueden sustituirse en los híbridos actuales o usarse en nuevos híbridos prometedores

Cuando solo se persigue el mejoramiento de la aptitud combinatoria general, el procedimiento de selección es sencillo, puesto que las ACG de todas las líneas pueden medirse sin necesidad de hacer o probar todas las cruzas posibles entre ellas. Algo de selección aplicada a las líneas puede resultar útil antes de probar en cruzas. Cuando la selección para ACG se repite cíclicamente se dice que se realiza selección recurrente (Falconer, 1980).

#### **2.14. Patrones heteróticos**

Mickelson *et al.*, (1995) mencionan que los patrones heteróticos utilizados actualmente son: Tuxpeño y ETO en la región subtropical de México y América del Sur; Reid Yellow Dent y Lancaster Sure Crop en el clima templado de los Estados Unidos de Norteamérica, Salisbury White y Southern Cross en el Sur de África, y AED (Dentado Precoz Americano) y TEP-5 (Tepalcingo 5) en Egipto. Vasal *et al.*, (1992c) determinaron la heterosis y aptitud combinatoria entre materiales tropicales y subtropicales de CIMMYT y comprobaron una vez más el alto potencial que existe para incrementar el rendimiento cruzando materiales tropicales vs subtropicales.

Hallauer (1993) indica que el mejoramiento del maíz incluye dos componentes de igual importancia, 1) elección de germoplasma, y 2) desarrollo de líneas para su uso en híbridos. Para Córdova y Mickelson (1995), la elección apropiada del germoplasma constituye la mitad del éxito de un programa de hibridación, así como la elección de una fuente de germoplasma apropiada implica tener el conocimiento del patrón heterótico a que pertenece.

Los requisitos más importantes para una buena población como fuente para extraer líneas son un alto comportamiento promedio y varianza genética adecuada, de tal manera que las líneas que se recobren sean superiores a las poblaciones existentes (Lamkey *et al*, 1993).

Vasal *et al.*, (1992) formaron un patrón heterótico de maíz para ambientes subtropicales; aprovechando la heterosis que existe al cruzar materiales de grano cristalino vs dentado, a partir de 88 líneas derivadas de las poblaciones 32, 34 42 44, 47 y pool 31, Por medio de los efectos de ACE en rendimiento, se formaron dos grupos heteróticos (STHG-A Dentado y STHG-B Cristalino). Asimismo Vasal, Han y González, (1992) con 92 líneas tropicales derivadas de nueve poblaciones (21, 22, 25, 29, 32, 43, 73 y de los pools 23 y 24) desarrolladas en CIMMYT formaron dos grupos heteróticos THG-A (cristalino) y THG-B (dentado) que actualmente son utilizados en regiones tropicales.

## **2.15. Producción de híbridos de maíz**

Los diferentes trabajos realizados por muchos investigadores han resaltado la gran diversidad del maíz, la cual está directamente relacionada con la seguridad alimenticia, de acuerdo a la gran existencia de diferentes variedades de maíz cada una tiene diferentes características, teniendo como resultado una gran capacidad de adaptación (Greenpeace, 2000).

El mejoramiento genético del maíz es una labor intensiva, muy cara y que consume mucho trabajo, está limitado por un germoplasma reducido en características deseables como el rendimiento y sobre todo por la imposibilidad de realizar combinaciones entre este y alta calidad, resistencia a plagas y enfermedades. El mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares (MAS) se enfoca a uno o pocos caracteres. La ingeniería genética es una herramienta para transplantar genes ideales dentro del cultivo y lo complicado es mejorar múltiples genes, ya que los mejores híbridos necesitan de un balance en la acumulación de genes para obtener un buen fenotipo. No se pueden crear buenos híbridos solo con el mejoramiento genético tradicional y las técnicas biotecnológicas; éstas se basan en el uso de materiales obtenidos por métodos tradicionales, son caras y pueden crear problemas de bioseguridad en los alimentos y en los ecosistemas, proponiendo el uso del mejoramiento genético por computadora con el fin de predecir desde los padres buenos caracteres para los híbridos (Zhu y Reid, 2000).

Aguilar y López, 2006 mencionan que siguiendo métodos de mejoramiento tradicional, se necesitan cerca de 10 años para desarrollar un híbrido que dura de 3–5 años en el mercado, por lo que se requiere desarrollar tecnologías, o utilizar las ya existentes, que hagan sustentables las actividades agrícolas.

## **2.16. Rendimiento**

Poey (1978) citado por Gándara (1995) menciona que el número, peso del grano y número de mazorcas por planta, son los componentes de rendimiento más importantes, donde el máximo rendimiento por hectárea, dependerá de un peso óptimo de granos que puedan producirse por planta, para una densidad óptima y factores ambientales adecuados, el número de granos depende de la mazorca y se determina por el número de hileras y de granos por hilera, así mismo el número de mazorcas que produzca cada planta, influirá también en el potencial de número de granos por planta.

El rendimiento se considera como fundamental en la producción de maíz. Poehlman (1979) menciona como capacidad particular del maíz híbrido la producción de altos rendimientos, razón por la cual existe una rápida sustitución de las variedades de polinización libre, señala además que este carácter es determinado por la acción de numerosos genes, muchos de estos genes afectan diversos procesos vitales que suceden en la planta como nutrición, fotosíntesis, transpiración, translocación y almacenamiento de nutrientes. Afecta también directa

o indirectamente el rendimiento, la precocidad, la resistencia a la acción de insectos y enfermedades.

Álvarez (1984) con base a las correlaciones estimadas, concluye que el rendimiento es la característica mas importante a seleccionar, pero los mejores pueden valerse de otras características agronómicas de fácil medición que estén correlacionadas, ya sea positiva o negativamente, como numero de mazorcas por planta y acame de tallo en alta densidad respectivamente.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

El presente trabajo de investigación se realizó en el 2005 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético en maíz del departamento de fitomejoramiento.

#### **3.1. Ubicación geográfica**

La Comarca Lagunera se encuentra ubicada entre los paralelos 24° 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° 104' latitud oeste con una altitud de 1200 msnm, con una temperatura media anual de 220 mm (INEGI, 2002). Su clima se clasifica como muy seco con deficiencias de lluvias en todas sus estaciones, además de que cuenta con temperaturas semiáridas con inviernos benignos.

#### **3.2. Material genético**

El material genético que se utilizó en el experimento son 17 híbridos dobles y un testigo de los cuales se presenta su origen (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Descripción del material genético utilizado como progenitores.

Hibrido	M	H	
8	(380 x 384)x	72=AN123RxB39	UAXINIFAP
9	(380 x 384)x	73=AN447xB32	UAXINIFAP
10	(380 x 384)x	74=AN447xB39	UAXINIFAP
11	(380 x 384)x	75=AN447xB40	UAXINIFAP
12	(380 x 384)x	77=AN123xB40	UAXINIFAP
13	(380 x 384)x	78=AN388RxB32	UAXINIFAP
14	(380 x 384)x	79=B32xB39	INIFAPxINIFAP
15	(380 x 384)x	80=B32xB40	INIFAPxINIFAP
16	(380 x 384)x	82=CML264xCML254	CIMMYTxCIMMYT
17	(380 x 384)x	83= CML316xCML311	CIMMYTxCIMMYT
18	(380 x 384)x	84=CML316xCML315	CIMMYTxCIMMYT
19	(380 x 384)x	85=CML254xCML313	CIMMYTxCIMMYT
20	(380 x 384)x	86=CML273xCML315	CIMMYTxCIMMYT
21	(380 x 384)x	87=CML247xCML311	CIMMYTxCIMMYT
22	(380 x 384)x	88=CML247xCML315	CIMMYTxCIMMYT
23	(380 x 384)x	89=CML271xCML311	CIMMYTxCIMMYT
24	(380 x 384)x	90=CML278xCML315	CIMMYTxCIMMYT
57	(380 X 384)	TESTIGO	

### **3.3. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con 17 tratamientos y tres repeticiones.

### **3.4. Siembra**

La siembra se llevo a cabo el 31 de marzo del 2005, en surcos de 3 m de largo y 0.75 m de ancho depositando dos semillas, a una distancia de 20 centímetros aproximadamente.

### **3.5. Manejo agronómico**

La preparación del terreno se llevo a cabo en el mes febrero en el 2005, consistió en un barbecho, dos rastreos en forma de cruz, bordeo y posteriormente los surcos sencillos para la siembra.

#### **3.5.1. Aclareo**

El aclareo se realizo a los 26 días después de la siembra dejando una planta por mata a una distancia de (20 cm).

### 3.5.2. Fertilización

Se realizó una sola aplicación de fertilizante el 31 de marzo, en forma mecánica, con una dosis de 280-130-00, a base de urea (46-00-00) y MAP (Fosfato Monoamónico) (11-52-00).

### 3.5.3. Riegos

Se aplicó una lámina total de 80 centímetros. La lámina se distribuyó en un riego de presembrado de 20 centímetros más cuatro riegos de auxilio de 15 centímetros cada uno. El calendario de riego se presenta en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Calendario de riego.

Riegos	Aplicaciones (dds)	Etapas de desarrollo del cultivo
Primero	30-35	Encañe, inicio de crecimiento del tallo
Segundo	50-55	Formación de los órganos reproductivos
Tercero	65-69	Inicio de la aparición de estigmas
Cuarto	80-85	Grano lechoso – masoso

dds: días después de la siembra.

#### **3.5.4. Control de plagas**

La aplicación de insecticidas se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis Zea l.*). Con aplicaciones de Decís con dosis de (1 L ha<sup>-1</sup>) y folimat 1000 a una dosis de (0.5 L ha<sup>-1</sup>).

#### **3.5.5. Control de maleza**

Para el control de maleza se aplicó un herbicida de preemergencia (Primagran) con una dosis de 3 L ha<sup>-1</sup> y a los 25 días después de la siembra se aplicó Sansón con una dosis de 3 L ha<sup>-1</sup>.

#### **3.5.6. Cosecha**

La cosecha se realizó el 15 de julio del 2005, cuando la mazorca se encontraba en estado lechoso masoso.

### **3.6. Variables Evaluar**

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

Esta variable fue medida desde la base del tallo hasta la parte superior de la planta, expresado en metros, se midieron tres plantas.

### **3.6.2. Altura de mazorca (AMZ)**

Altura de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior de la planta, también expresada en metros, medición tomada de tres plantas.

### **3.6.3. Peso de mazorca (MZP)**

.Se pesaron tres mazorcas tal variable se expresa en gramos y posteriormente se realiza la conversión para cambiar esta variable a  $t\ ha^{-1}$ .

### **3.6.4. Peso de forraje verde (PF)**

Producción de forraje verde (PFV), se cortó un metro lineal por surco de cada parcela enseguida se contó el número de plantas cortadas, se pesó la planta completa, estos pesos fueron tomados en kilogramos y después se transformaron a  $t\ ha^{-1}$

$$PFV = \frac{Ph \times Ds}{Np}$$

Ph = Peso húmedo de las plantas muestreadas

Ds = Densidad de siembra

Np = Número de plantas muestreadas

### **3.6.5. Peso de olote (PO)**

Posteriormente de haber cosechado, se desgranaron tres mazorcas de las cuales los olotes fueron pesados y la medición fue expresada en gramos, posteriormente se hizo la conversión para expresar los valores en  $t\ ha^{-1}$  después se recolectó una muestra del maíz desgranado para obtener 250 gramos y medir la humedad.

### **3.6.6. Rendimiento de grano (REN)**

Una muestra de tres plantas en competencia completa, se pesaron las mazorcas sin totomoxtle, posteriormente se desgranaron y se peso el olote, después por diferencia se obtuvo el peso de grano, a continuación se hizo la conversión para obtener la producción de grano por hectárea y de esta manera conocer el rendimiento de grano expresado el toneladas por hectárea

### **3.6.7. Diámetro de mazorca (DMZ)**

A las mazorcas se les retiro el totomoxtle y antes de ser desgranadas se les midió de la parte media con un vernier graduado.

### **3.6.8. Diámetro de olote (DO)**

Se tomaron las mazorcas desgranadas y se les midió de la parte media con un vernier graduado, tomando de esta manera el diámetro de olote de cada una de las tres mazorcas obteniendo en seguida el promedio en centímetros.

### **3.6.9. Longitud de mazorca (LMZ)**

Se midió la longitud de las tres mazorcas desgranadas, se expreso en centímetros.

### **3.6.10. Número de hileras por mazorca (NHMZ)**

Se contabilizaron las hileras que tenia cada mazorca cosechada y se estimo la media de hileras por mazorca.

### **3.6.11. Número de granos por hilera (NGH)**

Se estimo contabilizando el número de granos de cada una de las hileras en tres mazorcas y se obtuvo el promedio.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de varianza

En el Cuadro 4.1 se presenta la significancia de los cuadrados medios de las once variables evaluadas. Se observa que para la altura de mazorca (AMZ), peso de forraje verde (PF), diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de olote (DO) resultaron significativos al 0.01 de probabilidad, mientras que para altura de planta (AP), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ) y número de granos por hilera (NGH) resultaron significativas al 0.05 de probabilidad. En cambio, para peso de olote (PO), peso de mazorca (MZP) y rendimiento de grano (REN) no se observaron diferencias significativas.

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 11 variedades evaluadas en 17 híbridos dobles evaluados en la UAAAN-UL (2005).

<b>F.V</b>	<b>Rep.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Error</b>	<b>CV(%)</b>	<b>Media</b>
G.L	2	17	34		
Ap	0.1	0.08*	0.0	7.08	2.54
Amz	0.24**	0.04**	0.0	8.03	1.40
PFV	463.97**	218.58**	42.1	15.37	42.24
PO	0.06	0.16	0.1	22.08	1.49
MzP	9.35*	4.16	2.5	18.94	8.30
REN	9.146*	3.41	1.8	19.62	6.80
DMz	0.79**	0.68**	0.1	6.94	4.43
DO	0.12	0.45**	0.1	9.42	2.48
LMz	0.04	4.04*	1.9	8.70	15.96
NHMz	2.27	4.24 *	1.7	9.02	14.45
NGH	69.97*	41.22*	16.7	12.27	33.28

\*,\*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. AP=Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca, MZP=Peso de mazorca, PF=Peso de forraje verde, PO=Peso de olote, REN=Rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DO=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ=Numero de hileras por mazorca, NGH=Numero de granos por hilera.

Con respecto al coeficiente de variación, se observan valores menores a 25 por ciento, que de acuerdo a Falconer (1978) el experimento fue bien manejado. El valor mas alto fue de 22.08 por ciento para PO en tanto el mas bajo corresponde a AP con 6.94 por ciento.

#### **4.2. Comparación de medias.**

En el Cuadro 4.2, se presentan los valores estimados de las medias de las características evaluadas, donde para AP donde el Testigo presentó la mayor altura de planta (AP) con 2.8 m estadísticamente igual a un grupo de once híbridos con valores iguales o superiores a 2.2 m. La altura promedio de los tres grupos fue similar estadísticamente con valores de 2.51, 2.54 y 2.56 para UAxINIFAP, CIMMYT e INIFAP respectivamente. El híbrido con menor altura fue el H-12 con 2.23 m, perteneciente al grupo UAxINIFAP. La similitud entre los materiales en AP se explica por el hecho de que las empresas de semillas seleccionan para un mismo ideotipo.

Respecto a altura de mazorca (Amz), se observó un rango de 1.22 a 1.68 m correspondientes a los híbridos H-14 y H-20. El H-14 es estadísticamente igual a los híbridos H-10, H-16 y al Testigo con alturas de 1.56, 1.68 y 1.5 m respectivamente. Estos híbridos provienen de las cruzas simples con germoplasma de UAxINIFAP y de CIMMYT incluyendo al testigo respectivamente. Estadísticamente el grupo constituido por híbridos con germoplasma de INIFAP exhibió la mayor altura con 1.56 m.

Respecto a producción de forraje verde (PFV), el H-13 con 56.3 t ha<sup>-1</sup> en promedio fue el que mayor cantidad de forraje obtuvo, significativamente igual a un grupo de siete híbridos con producciones de forraje verde iguales y superiores a 45.5 t ha<sup>-1</sup>. A excepción del H-13 que pertenece al grupo UAxINIFAP y el Testigo, el resto pertenece al grupo del CIMMIYT, que además exhibió el mayor promedio con 44.11 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que los híbridos dobles experimentales con germoplasma CIMMYT tienen un mayor potencial para la producción de forraje verde que el resto, pues de acuerdo a Reta et al, (1991) la producción media de la Comarca Lagunera es de 45 t ha<sup>-1</sup>.

A través del tiempo se han identificado y definido claramente patrones heteróticos, entre los que se encuentran aquellos que poseen características contrastantes, siendo los más comunes: maíces de grano dentado vs cristalino, maíces Tropicales vs Subtrópical, maíces del subtrópico vs de clima templado, ETO (Estación Tulio Ospina) vs Tuxpeño, Reid Yellow Dent vs Lancaster Sure Crop en EUA, etc., (González *et al*, 1997), con lo cual se puede explicar los resultados anteriores.

Con relación a al rendimiento de grano (REN), se observó que osciló entre 4.94 a 8.84 t ha<sup>-1</sup>, con un rango de 3.9 t ha<sup>-1</sup>, donde el H-9 con 8.84 t ha<sup>-1</sup> en promedio fue el que obtuvo mayor cantidad de grano, estadísticamente igual a un grupo de diez híbridos con rendimientos promedio igual ó mayor a 6,62 t ha<sup>-1</sup>. Cabe resaltar que de los seis híbridos del grupo UAxINIFAP, cinco (83.3 por ciento) están entre los mejores; del grupo CIMMYT cuatro de nueve (44.4 por ciento) y del grupo INIFAP ambos híbridos (100 por ciento) estuvieron entre los de mayor rendimiento. Este comportamiento esta acorde a la teoría de que en cruza, a mayor divergencia, mayor respuesta (Melchinger, 1999) y, a que son patrones heteróticos diferentes (González *et al.*, 1997). Aún y cuando no se observan diferencias estadísticas entre los valores medios de grupos, INIFAP y UAxINIFAP presentaron el mayor promedio con 7.22 y 7.33 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Comparativamente con el rendimiento promedio regional (2.0 a 3.0 t ha<sup>-1</sup>) los híbridos experimentales resultan prometedores pues se aproximan al potencial mencionado por Reta et al, (1991), de 10.7 a 11.45 t ha<sup>-1</sup>.

En cuanto a MzP el híbrido H-9 fue quien mostró mayor producción de mazorca con  $10.5 \text{ t ha}^{-1}$  en promedio, significativamente igual a un grupo de once híbridos con valores iguales ó mayores a  $7.89 \text{ t ha}^{-1}$ . En este grupo cinco provienen de germoplasma de la cruza UAxINIFAP, dos de INIFAP, cinco de CIMMYT y el Testigo (T-57). El híbrido con menor producción fue H-16 con  $6.77 \text{ t ha}^{-1}$  y cuyo origen es CIMMYTxCIMMYT. Considerando la media del grupo germoplásmico, se observa que los grupos de origen UAxINIFAP e INIFAP, produjeron estadísticamente mas que el de CIMMYT, éste último con un valor promedio menor que media general ( $7.88 \text{ t ha}^{-1}$ ). Lo anterior tiene explicación con base a Melchinger, (1999) y González et al., 1997).

Para la variable PO, el Testigo fue el que mostró el mayor peso promedio con  $1.90 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido de 14 híbridos estadísticamente iguales. Esta puede ser una razón que justifica que el testigo este entre los mas productores de mazorca. El híbrido con menor PO fue el H-23 con  $1.15 \text{ t ha}^{-1}$  con un origen de germoplasma CIMMYTxCIMMYT.

Referente a la variable diámetro de mazorca (Dmz) el Testigo (T-57) fue el que presentó el mayor diámetro de mazorca con 5.8 cm, seguido de seis híbridos estadísticamente iguales. En este grupo tres provienen de germoplasma de la cruza UAxINIFAP y tres de CIMMYTxCIMMYT. El híbrido con menor producción fue H-16 y el H-22 con 3.87 cm. ambos híbridos y cuyo origen es CIMMYTxCIMMYT.

En cuanto a diámetro de olote (DO) el híbrido H-9 con 3.60 cm resulto ser estadísticamente superior al resto de los híbridos incluyendo al testigo, el cual presentó el menor DO con 1.87 cm. El H-9 proviene de la hembra cruza simple con germoplasma diferente, proveniente de la “NARRO” e INIFAP, lo cual explica el grado de heterosis al cruzarlo con germoplasma del CIMMYT (380X384).

El híbridos H-8 presentó la mayor longitud con mazorca (LMz) 17.6 cm y fue estadísticamente igual hasta el valor de 15.3 cm, donde se incluyen 11 híbridos y al testigo (17.0 cm) y, superior al resto de los híbridos. Aun cuando las medias de cada grupo germoplásmico son iguales estadísticamente, las menores longitudes de mazorca se observaron dentro del grupo germoplásmico del CIMMYT (CMLxCML), resaltando los híbridos H-16, H-17, H-21 y H-23. El mejor híbrido (H-8) corresponde al germoplasma de UAxINIFAP.

El número de hileras por mazorca es uno de los componentes de rendimientos más importantes (Poey 1978), para esta característica, se presento un amplio rango de 10.73 a 15.67 hileras, lo cual es un indicativo que existe diversidad en los híbridos dobles y el testigo. El híbrido H-13 mostró el mayor NHMz con 15.67 hileras, valor significativamente igual a 15 híbridos, en el cual se incluye el testigo, de estos, se incluyen a los cinco restantes materiales con germoplasma de la cruza UAxINIFAP, los dos de INIFAP y ocho de los diez de germoplasma CIMMYT. En este último grupo (CIMMYT) se encuentran los de menor numero de hileras, H-18 y H-20 con 13.77 y 10.73 hilera respectivamente.

El número de granos por hilera (NGH) es un componente importante del rendimiento (Gándara, 1995), observándose en los materiales evaluados un rango de 27.3 a 39.67 granos por hilera, y donde el híbrido H-12 presentó el mayor número de granos por hilera (NGH) con 39.67. El H-12 fue en promedio estadísticamente igual a nueve cruces más, entre las que se encuentra el testigo con 34 granos por hilera. Cabe resaltar que cinco de los nueve híbridos dobles pertenecieron al grupo germoplásmico de UAxINIFAP; en promedio este grupo presentó el mayor NGH (36.2) respecto a los grupos provenientes de INIFAP y CIMMYT respectivamente. De los siete híbridos con el menor número de granos por hilera, cinco se ubican en el grupo germoplásmico del CIMMYT, dentro de los cuales está el H-16 con 27.30.

Cuadro 4.2. Valores medios de 11 variables evaluadas en 17 híbridos doble y un testigo.

Tratamiento	Macho (♂)	Hembra (♀)	AP	Amz	PFV	REN	MzP	PO	DMz	DO	LMz	NHMz	NGH
T8	(380 x 384)	AN123RxB39	2.37	1.44	34.7	7.2*	8.75*	1.6*	4.4	2.7	17.6*	15.3*	37.2
T9	(380 x 384)	AN447xB32	2.74*	1.56	45.0	8.84*	10.5*	1.7*	4.8*	3.6*	15.9*	15.6*	34.9
T10	(380 x 384)	AN447xB39	2.53*	1.33	39.4	5.31	6.78	1.5*	4.63*	2.5	17.2*	14.7*	38.7
T11	(380 x 384)	AN447xB40	2.52*	1.37	25.3	6.96*	8.63*	1.7*	3.9	2.5	16.8*	15.4*	38.9
T12	(380 x 384)	AN123xB40	2.23	1.38	44.6	7.67*	9.43*	1.8*	4.1	2.3	17.3*	15.4*	39.7
T13	(380 x 384)	AN388RxB32	2.65*	1.33	56.3*	8.0*	9.38*	1.4*	4.97*	2.3	15.9*	15.7*	27.7
<b>Media</b>			<b>2.51</b>	<b>1.40</b>	<b>40.9</b>	<b>7.33</b>	<b>8.91</b>	<b>1.58</b>	<b>4.47</b>	<b>2.67</b>	<b>16.80</b>	<b>15.4</b>	<b>36.2</b>
T14	(380 x 384)	B32xB39	2.73*	1.68	38.1	7.53*	9.14*	1.6*	4.37	2.5	15.2	13.9	29.7
T15	(380 x 384)	B32xB40	2.38	1.44	29.2	7.22*	8.56*	1.3*	4.3	1.9	16.1*	14.4	35.5
<b>Media</b>			<b>2.56</b>	<b>1.56</b>	<b>33.6</b>	<b>7.38</b>	<b>8.85</b>	<b>1.47</b>	<b>4.34</b>	<b>2.17</b>	<b>15.67</b>	<b>14.2</b>	<b>32.6</b>
T16	(380 x 384)	CML264xCML254	2.57*	1.52	46.9*	4.94	1.12	1.8*	3.87	2.4	14.9	15.5*	27.3
T17	(380 x 384)	CML316xCML311	2.67*	1.35	46.5*	6.48	7.96*	1.5*	3.9	2.2	13.2	13.8*	31.9
T18	(380 x 384)	CML316xCML315	2.62*	1.37	37.5	7.39*	9.07*	1.7*	4.4	2.4	15.9*	13.3	32.9
T19	(380 x 384)	CML254xCML313	2.62*	1.37	50.6*	7.77*	9.61*	1.8*	4.77*	2.6	17.3*	14.9*	32.9
T20	(380 x 384)	CML273xCML315	2.4	1.22	28.5	6.02	7.21	1.1	4.27	2.5	16.5*	10.7	28.9
T21	(380 x 384)	CML247xCML311	2.67*	1.38	46.3*	5.31	6.81	1.5*	4.47*	2.7	14.8	15.1*	32.2
T22	(380 x 384)	CML247xCML315	2.49	1.45	45.0	6.58	7.93*	1.4*	3.87	2.1	15.3*	13.7*	33.5
T23	(380 x 384)	CML271xCML311	2.47	1.28	46.2*	5.79	6.93	1.2*	4.33	2.6	14.9	14.3*	31.8
T24	(380 x 384)	CML278xCML315	2.32	1.28	49.5*	7.45*	8.73*	1.2*	4.6*	2.8	15.3*	14.4*	31.2
<b>Media</b>			<b>2.54</b>	<b>1.36</b>	<b>44.1</b>	<b>6.41</b>	<b>7.26</b>	<b>1.46</b>	<b>4.81</b>	<b>2.49</b>	<b>15.35</b>	<b>14.0</b>	<b>31.4</b>
Testigo	(380 x 384)		2.8*	1.5	50.8*	5.98	7.88*	1.9*	5.8*	1.9	17.0*	14.0*	34
<b>DMS</b>			<b>0.3</b>	<b>0.19</b>	<b>10.8</b>	<b>2.22</b>	<b>2.61</b>	<b>0.6</b>	<b>0.51</b>	<b>0.4</b>	<b>2.3</b>	<b>2.16</b>	<b>6.8</b>
<b>Media</b>			<b>2.44</b>	<b>1.49</b>	<b>45.5</b>	<b>6.63</b>	<b>7.88</b>	<b>1.4</b>	<b>4.46</b>	<b>3.2</b>	<b>15.3</b>	<b>13.51</b>	<b>32.9</b>

\* Significativamente iguales al 0.05 de probabilidad. AP=Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca, MZP=Peso de mazorca, PF=Peso de forraje verde, PO=Peso de olote, REN=Rendimiento de grano, DMZ=Diámetro de mazorca, DO=Diámetro de olote, LMZ=Longitud de mazorca, NHMZ=Numero de hileras por mazorca, NGH=Numero de granos por hilera.

### 4.3. Aptitud combinatoria general

En el Cuadro 4.3 se presentan los valores de la aptitud combinatoria general (ACG) de 17 híbridos dobles con la cruza simple del macho (380 x 384). Se aprecia que la hembra del híbrido H-9 fue la más sobresaliente al cruzarse con el probador (380 x 384), en virtud de que presentó los más altos valores de aptitud combinatoria general (ACG) para rendimiento de grano (REN) como de mazorca (MzP), con 2.21 y 2.61 t ha<sup>-1</sup>, para lo cual influyó posiblemente el DO y el número de gramos por hilera en la mazorca (NHMz), pues de acuerdo a Poey (1978) citado por Gándara (1995), esta última variable es un componente importante del rendimiento. Es de resaltar que el H-9 está conformado con tres tipos diferentes de germoplasma ó patrones heteróticos, trópico seco (UA), subtropical (Bajío) y Tropical (CIMMYT), lo cual concuerda con Mickelson *et al.*, (1995) y González *et al.*, (1997).

De la misma forma se observa que el híbrido H-13, el cual presentó valores altos positivos y significativos para producción de forraje verde (PF), rendimiento de grano (REN) y numero de hilera por mazorca (NHMz), con 10.77 t ha<sup>-1</sup>, 1.37 t ha<sup>-1</sup> y 2.16 hileras respectivamente; es probable que el numero de hileras sea una componente importante en la magnitud de ambas variables. El potencial de este híbrido puede estar explicado también en la diversidad de germoplasma que lo conforman, pues pertenece al mismo grupo que el H-9.

Resaltan también los híbridos H-12 y H-19 con una alta ACG para rendimiento de grano (REN) con valores altos positivos y significativos de 1.04 y 1.14 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. En el H-12 el REN puede estar influenciado por las variables longitud de mazorca (LMz), número de hileras (NHMz) y número de granos por hilera (NGH), dados sus valores significativos y además que son componentes importantes del rendimiento. El híbrido H-12, pertenece al mismo grupo con formado con germoplasma de trópico seco, subtropical y tropical. En contraste, el H-19, al parecer debe su rendimiento a la contribución que hace la variable LMz; este híbrido está conformado por germoplasma exclusivamente de tipo tropical.

Otros híbridos con valores positivos y significativos para rendimiento de grano (REN) fueron H-8, H-15, H-18 y H-24 con 0.57, 0.59, 0.76 y 0.82 t ha<sup>-1</sup> para cada uno.

Cuadro 4.3. Aptitud combinatoria general (ACG) de 17 híbridos dobles.

Trat	Macho (♂)	Hembra (♀)	AP	Amz	PF	REN	MzP	PO	DMz	DO	LMz	NHMz	NGH
8	(380 x 384)x	AN123RxB39	-0.07	-0.05	-10.79	0.57*	0.87	0.20	-0.31	-0.48	2.30*	1.8*	4.3
9	(380 x 384)x	AN447xB32	0.30*	0.07	-0.51	2.22*	2.61*	0.30	0.09	0.39*	0.63	2.12*	2.0
10	(380 x 384)x	AN447xB39	0.09	-0.16	-6.07	-1.32	-1.1	0.12	-0.08	-0.68	1.96*	1.19	5.8*
11	(380 x 384)x	AN447xB40	0.08	-0.12	-20.23	0.33	0.75	0.32	-0.81	-0.71	1.56	1.89*	6.0*
12	(380 x 384)x	AN123xB40	-0.21	-0.11	-0.92	1.04*	1.55	0.40	-0.61	-0.91	2.06*	1.92*	6.8*
13	(380 x 384)x	AN388RxB32	0.21	-0.16	10.77*	1.37*	1.50	0.03	0.26	-0.88	0.68	2.16*	-5.2
14	(380 x 384)x	B32xB39	0.29	0.19*	-7.46	0.9	1.26	0.25	-0.34	-0.74	-0.07	0.42	-3.2
15	(380 x 384)x	B32xB40	-0.06	-0.05	-16.34	0.59*	0.68	-0.01	-0.41	-1.34	0.86	0.89	2.6
16	(380 x 384)x	CML264xCML254	0.13	0.03	1.41	-1.69	-6.76	0.48	4.16*	-0.78	-0.4	2.02*	-5.6
17	(380 x 384)x	CML316xCML311	0.23	-0.14	1.02	-0.15	0.08	0.13	-0.81	-0.98	-2.04	0.26	-1.0
18	(380 x 384)x	CML316xCML315	0.18	-0.12	-8.01	0.76*	1.19	0.32	-0.31	-0.84	0.7	-0.21	0.0
19	(380 x 384)x	CML254xCML313	0.18	-0.12	5.04	1.14*	1.73	0.49	0.06	-0.61	2.06*	1.36	0.0
20	(380 x 384)x	CML273xCML315	-0.04	-0.27	-17.04	-0.61	-0.67	-0.25	-0.44	-0.71	1.26	-2.78	-4.0
21	(380 x 384)x	CML247xCML311	0.23	-0.11	0.77	-1.32	-1.07	0.15	-0.24	-0.48	-0.5	1.59	-0.7
22	(380 x 384)x	CML247xCML315	0.05	-0.04	-0.51	-0.05	0.05	0.01	-0.84	-1.11	-0.04	0.16	0.6
23	(380 x 384)x	CML271xCML311	0.03	-0.21	0.71	-0.84	-0.95	-0.2	-0.38	-0.58	-0.34	0.74	-1.1
24	(380 x 384)x	CML278xCML315	-0.12	-0.21	4.02	0.82*	0.85	-0.16	-0.11	-0.41	0.00	0.89	-1.7
DMS			0.3	0.19	8.96	0.44	2.18	1.9	0.44	0.4	1.9	1.80	5.65
Media			2.44	1.49	45.51	6.63	7.88	1.35	4.71	3.21	15.27	13.51	32.9

\*Significativamente diferente de cero al 0.05 de probabilidad.

#### **4.4. Correlación**

En el Cuadro 4.4 se presentan los coeficientes de correlación de 11 variables evaluadas en 17 híbridos dobles y su testigo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

##### **4.4.1. Variables morfológicas.**

Respecto a altura de planta (AP) tiene correlación altamente significativa y positiva con AMZ, DMZ; bajas pero significativa para DO, y significativa pero negativa con LMZ y para las demás no presentó significancia.

La altura de mazorca (AMZ), correlacionó significativamente pero con valores bajos con MDZ, REN DMZ, NHMZ. El rendimiento de forraje verde (PF) correlacionó positiva y altamente significativa con DMZ. En cambio peso de olote (PO) presentó correlaciones positivas y altamente significativas con MZP, REN, DMZ LMZ y NGH y, correlación significativa con DO.

#### **4.4.2. Rendimiento de grano y mazorca**

Rendimiento de mazorca (MzP) correlacionó significativamente con AMz, PO, REN, DMz, LMz y NGH, aunque bajos para AMz y LMz; para las demás no se observó significancia. Respecto a rendimiento de grano (REN) se observó una correlación alta, positiva y altamente significativa con PO, MzP, DMz y NGH y bajas y significativa con AMz y LMz, mientras que para el resto de las variables no presenta correlación.

#### **4.4.3. Variables de mazorca**

El diámetro de mazorca (DMz) excepto con NHMz y NGH, correlacionó positivamente con el resto, altamente significativa con AP, PF, PO, MzP, REN y DO y, con valores bajos pero significativamente con AMz y LMz. El diámetro de olote (DO) presentó una correlación alta y significativa con DMz y bajas pero significativas con AP y PO. Para longitud de mazorca (LMz) presentó correlación con seis variables, de las cuales son de considerarse por su magnitud con PO y NGH con valores positivos y altamente significativos de 0.45 y 0.58 respectivamente. Número de hileras por mazorca (NHMZ) solo presentó correlación con Amz con un valor bajo aunque positivo y significativo. El número de granos por hilera correlacionó positiva y significativamente con PO, MzP, REN, y LMz.

Cuadro 4.4 Coeficientes de correlación de once variables.

	AP	Amz	PF	PO	MzP	REN	DMz	DO	LMz	NHMz	NGH
AP	1	0.48**	0.17	0.21	0.12	0.08	0.43**	0.29*	-0.12*	0.05	-0.03
Amz		1	0.17	0.20	0.28*	0.27*	0.27*	0.20	-0.04	0.30*	0.13
PF			1	0.03	0.11	0.11	0.40**	0.25	-0.21	0.17	-0.22
PO				1	0.65**	0.52**	0.39**	0.31*	0.45**	0.09	0.50**
MzP					1	0.99*	0.42**	0.10	0.33*	0.22	0.48**
REN						1	0.38**	0.04	0.27*	0.22	0.43**
DMz							1	0.69**	0.29*	0.15	0.15
DO								1	0.23	0.09	0.07
LMz									1	-0.01	0.58**
NHMz										1	0.13
NGH											1

\*,\*\* Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

## V. CONCLUSIONES

1. Se presentaron diferencias altamente significativas al ( $p \leq 0.01$ ) en el comportamiento de cruzas para ocho de las variables evaluadas.
2. Las cruzas UAxINIFAP presentaron la mejor producción de Forraje verde, mazorca y grano, donde sobresalen los híbridos H-13 y H-9.
3. Para efectos de aptitud combinatoria general (ACG) los mejores padres fueron el H-9, H-12 y H-13 que mostraron efecto positivo para las variables rendimiento de grano, Peso de mazorca y peso de forraje verde.
4. El rendimiento de grano depende del peso olote, del peso de la mazorca y del número de hileras por mazorca.
5. El germoplasma UAxINIFAP presentó las mejores combinaciones híbridas con el probador.

## VI. RESUMEN

El trabajo se realizó en el 2005, en el campo experimental de la UAAAN-UL, con el objeto de evaluar y seleccionar con base a la aptitud combinatoria general, rendimiento de grano y comportamiento agronómico, 17 híbridos dobles de maíz derivados de la cruce del híbrido simple (CMS 380 x CMS384) como probador con tres grupos de germoplasma diferentes; un grupo de seis con germoplasma de UAxINIFAP, un segundo grupo de dos híbridos con germoplasma INIFAPxINIFAP y el tercero de 9 híbridos del CIMMYTxCIMMYT, generándose 18 tratamientos, los cuales se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de mazorca (AMZ), peso de forraje verde (PF), diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de olote (DO) resultaron significativos al 0.01 de probabilidad, mientras que para altura de planta (AP), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ) y número de granos por hilera (NGH) resultaron significativas al 0.05 de probabilidad. En cambio, para peso de olote (PO), peso de mazorca (MZP) y rendimiento de grano (REN). Se presentaron diferencias altamente significativas al ( $P \leq 0.01$ ) en el comportamiento de cruces para ocho de las variables evaluadas. Las cruces UAxINIFAP presentaron la mejor producción de Forraje, mazorca y grano, donde sobresalen los tratamientos H-13 y H-9. Los mayores efectos de aptitud combinatoria general (ACG) fueron el H-9, H-12 y H-13 para REN, MZP y PF. El rendimiento de grano depende PO, MZP y NHMZ. El germoplasma UAxINIFAP presentó las mejores combinaciones híbridas con el probador.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, V. A. y López, L. M. 2006 cómo lograr que la ganadería lechera mexicana sea competitiva a nivel internacional. Revista mexicana de agronegocios. 18: 866-876.

Allard. R.W 1985 principio de la mejora genética de las plantas, 6ª edición, editorial OMEGA. Barcelona España. Pg. 86-87

Álvarez, G.I. 1984 estimación de parámetros genéticos en un sintético de maíz del trópico seco México. Tesis maestría. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México Pg. 93-94.

Andow, D., Lamkey, K., Daniel, H., Nafziger, E., Gepts, p. and Stayer D. 2004. A growing concern protecting the food supply in an era of pharmaceutical and industrial crops. Unión of Concern Scientists. USA.

Betancourt, C.Q. 1988. Comportamiento de híbridos dobles experimentales de maíz (*Zea mays* L) en el trópico seco y bajo mexicano, tesis profesional. UAAAN. Buenavista saltillo, Coach. Mex.

Córdova, H S, Mickelson H R 1995 CIMMYT Maize Program Internally Managed External Review of Breeding Strategies and Methodologies.

Cortez, M.H. 1982 mejoramiento Avanzado, SARHINIA.

De la Loma J.L. 1954 genética general aplicada. Segunda edición. Editorial UTEHA, México. Pg. 427.

Espinosa, A., Sierra, M. M. y Gómez, N. M. 2002. Producción y tecnología de semilla mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agronomía mesoamericana* 14: 117-121.

Falconer, D. S. 1980 introducción a la genética cuantitativa. Compañía Editorial Continental. México D. F. Pg. 239-240.

Gándara, H. r. 1995 Respuesta al cambio de selección masal por medios hermanos en sintéticos de maíz del Istmo, C0 vs C10, C12, C13, C14, C15. Tesis de licenciatura Buenavista Saltillo, Coahuila, México Pg. 22.

Gardner, C.O. 1982. Gentic information from the Gardner-Eberthart model for generation mennis. Somefi. Saltillo, Coah. México.

González S, H Córdova O, S Rodríguez R, H De León, V M. Serrato S (1997) Determinación de un patrón heterótico a partir de la evaluación de un dialelo de diez líneas de maíz subtropical. *Agronomía Mesoamericana* 8(1): 01-07.

Hallauer, A R 1993 Maize Breeding Proceedings of the Fifth ASIAN Regional  
Maize workshop 5: 160:178.

Hernández X E (1972) exploración etnobotánica en maíz fitotecnia  
Latinoamericana pg. 46-51.

Jones, D.F. 1918. The efectys of inbreeding and cross breeding upon  
development. Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull 207

Jugenheimer, A.W. 1987. Maíz variedades mejoradas método de cultivo, y  
producción de semilla, editorial LIMUSA México. Pg. 76

Jugenheirmer W.R. 1985. Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y  
producción de semilla. Editorial limosa. México. Pg. 841.

Lamkey R L, Schnicker B, Gocken T (1993) Choice of source population for  
inbred corn development. Proc. Annu. Corn and Sorghum. Ind. Res.  
Conf. 48: 91-103.

López E. y Chávez A. J. L. 1995 mejoramiento de plantas I. Editorial trilla.  
México. Pg. 167

López E. y Chávez A. J. L. 1995 mejoramiento de plantas II. Editorial trilla.  
México. Pg. 143

Márquez S. F. 1988. Genocenia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México Pg. 563.

Melchinger E A 1999. Genetic diversity and heterosis. In: The genetics and exploitation of heterosis in crops. James G. Coors and Shivaji Pandey ed. ASA-CSA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Mickelson, H R, Bjarnason M, Cordova H S, Pixley K 1995. Combining exotic per se performance. Reporte de Programa de Maíz de CIMMYT, El Batán, México.

Olivares, Z.J. 1989. Prueba de híbridos experimentales de maíz con adaptación al bajío Mexicano. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coah. México.

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

Ortega, C.S. 1990. Selección de híbridos dobles e identificación de las mejores cruza simples de maíz para la región del bajío Mexicano. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coah. México.

Poehlman J. m. 1979 mejoramiento genético de las cosechas. Editorial limosa México D.F Pg. 285 y 286.

Reyes Castañeda Pedro. 1985 diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial trillas. México. Pg. 125.

SAGARPA, 2006. In: resumen económico anual de la Comarca Lagunera. Sector agropecuario. Edición especial, El siglo de torreón.  
<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/>

Serna H. B. 2006. México: Tendencias, desafíos y obstáculos al crecimiento agropecuario. CEPAL/México. Organización de naciones unidas (ONU). Comisión económica para América latina y el Caribe (CEPAL).

SIAP, 2006. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP) de la SAGARPA. [www.siap.sagarpa.com.mx](http://www.siap.sagarpa.com.mx) (21 de mayo 2006).

Shull, G.H. 1909, A pure line method of corn breeding. A. m. breeders Assoc. Rep.

Sprague J.F and L.A Tatum, 1942 General vs Specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer Soc. Agron. Pg. 953\_932

Vasal, S.K, Srinivasan G G, González F, Han G, Pandey S, Beck D, Crossa J 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYT Tropical X Subtropical maize germplasm. Crop Sci: 32:1483-1489.

Zhu, X. and Reid L. M. 2000 Computer Breeding for Corn. 8 th interregional Corn Conference.

<http://corn2.agron.iastate.edu/NCR167/Minutes/2000NCR167minutes.pdf>. (21 de mayo 2006)

<http://www.jornada.unam.mx/2007/06/13/index.php?section=opinion&article=028a1eco> (30 de septiembre 2007)