

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS VARIETALES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) PARA
DOBLE PROPÓSITO: GRANO Y FORRAJE**

POR

JOSE CLEMENTE LÓPEZ PUENTE

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

TESIS DEL C. JOSE CLEMENTE LOPEZ PUENTE ELABORADA BAJO LA
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Asesor principal

Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Asesor:

PhD. Arturo Palomo Gil

Asesor:

M. C. Armando Espinoza Banda

Asesor:

M. C. José Jaime Lozano García

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS

M. C. José Jaime Lozano García

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JOSE CLEMENTE LÓPEZ PUENTE ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Presidente

Dr. Emiliano Gutiérrez del Río

Vocal:

PhD. Arturo Palomo Gil

Vocal:

M. C. Armando Espinosa Banda

Vocal suplente:

M. C. José Jaime Lozano García

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS

M. C. José Jaime Lozano García

Torreón, Coahuila

Abril del 2004

AGRADECIMIENTOS

A Dios creador de todo lo existente por darme la oportunidad de haberme permitido culminar satisfactoriamente mis estudios.

A mi **ALMA MATER** por permitirme ser parte de ella.

A mis asesores

Dr. Emiliano Gutiérrez DeL RíO

PhD. Arturo Palomo Gil

M. C. Armando Espinoza Banda

M. C. José Jaime Lozano García

Ing. Ivar Díaz Cortes

M. C. Oralia Antuna Grijalva

Por brindarme sus consejos y conocimientos que me han ayudado a aumentar mis conocimientos.

A mis compañeros de grupo en especial para: Ricardo Reyna, Juan Pablo, Clemente, Matusalén, Miguel y Roberto, por compartir momentos felices durante mi carrera.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sr. Martín López Torres

Sra. Marisela Puente Chia

Por sus consejos y el gran esfuerzo que han hecho de mi persona un hombre de bien.

A mis hermanos:

Martín

Manuel

Ricardo

Por el amor, cariño, apoyo y motivación, fuente de inspiración para la realización de mis metas.

A mi sobrino y cuñada:

Ricardo y Ana Cecilia

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Formación de híbridos	4
Heterosis	5
Heredabilidad	6
Dialélicos	8
III. MATERIALES Y METODOS	11
Área de trabajo	11
Material genético.....	11
Primera etapa	12
Formación de cruzas	12
Manejo agronómico	13
Riegos	13
Siembra	13
Fertilización	14
Control de plagas.....	14
Control de malezas.....	14
Cosecha.....	14
Segunda etapa	15

Evaluación de cruzas	15
Diseño y parcela experimental.....	15
Variables agronómicas evaluadas	16
Rendimiento de forraje verde (RfV)	16
Peso de elote (PE).....	16
Materia seca (MS).....	17
Altura de planta (AP).....	18
A Altura de mazorca (AM).....	18
Análisis estadístico	18
Análisis genético	19
Heterosis	20
Componente genético basado en tres ambientes	20
Estimación de componentes de varianza	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
Análisis de varianza	23
Análisis genético	26
Efectos de aptitud combinatoria general y específica.....	28
Heterosis.....	32
Componentes de varianza	35
Análisis de correlación	36
V. CONCLUSIONES.....	37

VI. RESUMEN.....	38
VII. LITERATURA CITADA.....	40
VIII. APÉNDICE	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Descripción del material utilizado como progenitores.	12
3.2	Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre las 10 líneas.	12
3.3	Calendario de riegos.	13
4.1	Cuadrados medios de los análisis de varianza individuales y combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades, Comarca Lagunera. 2003.	24
4.2	Promedio de las 10 mejores cruzas y sus progenitores de cinco características agronómicas a través de ambientes de evaluación, Comarca Lagunera. 2003.	26
4.3	Resultados del análisis dialélico para cinco características evaluadas de la comarca lagunera 2003.	26
4.4a	Efecto de aptitud combinatoria general (ACG), para cinco características agronómicas evaluadas en la comarca lagunera 2003.	30
4.4b	Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) para cinco variables agronómicas evaluadas con el modelo II de Griffing en tres localidades de la Comarca Lagunera. 2003.	31
4.5	Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') en las 45 cruzas directas con sus 10 progenitores evaluadas en la Comarca Lagunera. 2003.	34
4.6	Componentes de varianza de cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera. 2003.	35
4.7	Correlaciones fenotípicas para cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera 2003.	36

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales de rápido crecimiento y con una buena capacidad reproductiva. Este cultivo, después del arroz y el trigo, se considera el más importante a nivel mundial en la alimentación humana y en la actualidad también para los animales (FAO, 1993). Este cereal es el principal cultivo del pueblo mexicano, ya que es uno de los más importantes insumos para la ganadería mexicana, sobre todo de los de bajos ingresos que se ubican en ejidos y pequeñas comunidades (Jaramillo, 1992).

En los sistemas de producción tanto de leche como de carne, los costos de alimentación pueden representar hasta el 70 por ciento del costo total de la producción. Dado que en nuestro país los forrajes constituyen los alimentos más baratos para la nutrición del ganado productor de leche y/o carne, la producción de los mismos considerando tanto el rendimiento como la calidad nutritiva debería ser una actividad estratégica para el apoyo de la producción de estos productos de origen animal.

El ensilado de maíz es uno de los elementos energéticos utilizados en los sistemas de producción de leche. Sin embargo, en los programas de mejoramiento genético, el maíz forrajero no ha recibido la atención suficiente, por que las necesidades del país han normado que las investigaciones estén dirigida

a la producción de grano. Por lo anterior la mayoría de los híbridos o variedades de maíz que se utilizan actualmente para la producción de forrajes fueron generados para la producción de grano, por los que no se dispone de información suficiente en cuanto al potencial productivo y nutricional de estos materiales. En algunos programas de mejoramiento en donde se están seleccionando genotipos de maíz para forraje, el principal parámetro de selección es el rendimiento de materia seca por unidad de superficie sin considerar su valor nutritivo.

En la Comarca Lagunera, el maíz forrajero ocupa un lugar importante dentro del patrón de cultivos por el alto rendimiento energético que aporta a las raciones para el ganado bovino lechero. Actualmente en la región, la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco.

De acuerdo con la SAGAR, para el año agrícola 1999 se sembraron en el país 280 mil has de maíz forrajero y 8.5 millones de has para grano (CEA, 2000). En la Comarca Lagunera, para el sub-ciclo Primavera-Verano del 2002 se cosechó una superficie de 21,736 has. Produciendo un total de 954,882 toneladas, obteniéndose así una producción de 43.93 toneladas ha⁻¹.

En el año 2003 se tuvo una cantidad de 229,657 cabezas de ganado lechero en explotación, obteniéndose una producción de 1,804,237.2 litros de leche, con una producción promedio de leche por vaca de 25.7 litros y un valor de la producción estimado en 6,518,529.9 pesos. (Anónimo 2003).

La investigación de maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia seca por m³ de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (Núñez et al., 1999).

Objetivo

Seleccionar los mejores genotipos que respondan favorablemente a la producción de forraje bajo las condiciones ambientales de la región.

Determinar la acción génica y la herencia involucrada en las características evaluadas.

Hipótesis

Ho: todos los genotipos presentan los mismos valores de producción, altura de planta y mazorca y peso de elote.

Ha: al menos un genotipo difiere en alguna característica con respecto a los demás.

II. REVISION DE LITERATURA

Formación de híbridos

El fitomejoramiento es y seguirá siendo la mejor herramienta a nuestro alcance para mantener una elevada productividad (Eastmond y Robert, 1992). La producción y formación de híbridos conlleva un tiempo que oscila entre los ocho y 11 años. Se basa en explotar el fenómeno biológico denominado "heterosis". La heterosis termino acuñado por Shull en 1914, induce a la superioridad del híbrido con respecto a sus progenitores (Duvick, 1999). La superioridad se discute en el ámbito de las teorías genéticas de dominancia y sobre dominancia (Márquez, 1988). 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 de maíz (Martínez, 1975). La más conocida por los fitomejoradores es el uso de los cruzamientos dialélicos propuesta por Sprague Tatum (1942) y depues por Griffing (1956a).

Las cruzas dialélicas permiten estimar el tipo de acción genica involucrado en el material de estudio. Se denominan "aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria especifica(ACE)", a los tipos de acción

genética, que controlan las características de la planta, donde la aptitud combinatoria específica (ACE), indica la factividad de explotar el fenómeno de vigor híbrido en la producción de híbridos. Griffing (1956b) propuso cuatro técnicas que son la base para el análisis de cruces dialélicas.

Heterosis

La heterosis se manifiesta así misma principalmente en las plantas de la generación F_1 provenientes de semillas (Jiménez 1995). La heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor general. Cuando una cruce supera al progenitor es evidente la heterosis.

Las bases genéticas de la heterosis fueron desarrolladas originalmente en las teorías de dominancia (Devenport 1908; Jones 1917; Bruce 1910; Keable y Pelew, 1910) y sobredominancia de Shull y East (1908) las que Stansfield (1969) presentó en forma resumida en los siguientes términos:

- a). Dominancia que supone al vigor híbrido como resultado de la acción e interacción de factores dominantes en condiciones favorables.
- b). Sobre dominancia que atribuye al vigor a la condición de heterosis, pues los individuos heterocigotos son menos influenciados por el ambiente donde se desarrollan los individuos homocigotos.

Heredabilidad

El conocimiento de la heredabilidad es de gran importancia en el mejoramiento de las plantas para determinar que mejor método se debe utilizar para alcanzar más rápido el objetivo. La estabilidad de una población en cuanto a la expresión de un carácter está determinada por factores genéticos y ambientales; para valorar en qué medida influye cada factor, se recurre al cálculo del parámetro de heredabilidad.

Falconer (1970) define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel productivo, que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicador del valor reproductivo que determina su influencia en la siguiente generación. El éxito en cambiar las características de la población puede predecirse sólo a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores genotípicos y los reproductivos que es medido a través de la heredabilidad.

Dudley y Moll (1969) definieron a la heredabilidad en sentido amplio como relación entre la varianza genética total y la varianza fenotípica y la heredabilidad en sentido estrecho, como relación entre la varianza aditiva y la varianza fenotípica.

Brauer (1983) señala a la heredabilidad como el coeficiente entre la variación hereditaria y la varianza total. También como la estimación de la

influencia que tienen los genes aditivos en la determinación de los caracteres cuantitativos.

La heredabilidad puede definirse como la proporción de la variación total observada en una progenie que esta determinada por factores genéticos y puede ser transmitida. En la progenie, la variación debida al medio ambiente es considerable con relación a las variaciones hereditarias, la heredabilidad será baja. Si la variación debido al medio ambiente es pequeña con relación a la variación hereditaria, entonces la heredabilidad será alta. Brauer (1983).

Shull (1952) inicia una nueva era en el mejoramiento del maíz sugiriendo un método para la producción de semilla híbrida. Anteriormente el mismo autor había indicado que en un campo ordinario de maíz esta compuesto por muchos híbridos complejos, disminuyéndose su vigor al autofecundarse. Por lo que el fitomejorador como resultado de los estudios de autofecundación y cruzamiento formuló un plan que consiste en: a) autofecundar para obtener líneas puras, b) cruzar las líneas puras (autofecundadas) para producir líneas híbridas de producción uniforme.

El maíz híbrido es la primera generación de una crusa entre líneas autofecundadas. La producción del maíz híbrido involucra la obtención de líneas autofecundadas para la producción de semillas a nivel comercial.

Allard (1980) menciona que la heredabilidad, de las plantas individuales de una población heterogénea, varía en rendimiento, en altura, en resistencia a

las bajas temperaturas o en otras características de naturaleza cuantitativa. Si se relacionan al azar dos plantas de una población de esta naturaleza y se determina su rendimiento, la diferencia en la producción de las dos plantas, se deberá en gran parte a efectos de herencia y en parte a efecto del medio ambiente. El grado en el que pueda transmitirse la variabilidad de un carácter cuantitativo a la progenie es lo que se considera como heredabilidad o capacidad de transmisión hereditaria.

Dialélicos.

Griffing (1956) abordó los conceptos y la teoría estadística relacionada con los diseños dialélicos. De acuerdo a sí participan o no las autofecundaciones y las cruzas recíprocas de la F_1 , y las clasifiqué en cuatro métodos:

- 1.- Participan todas las cruzas posibles. Comprende las autofecundaciones, cruza directa F_1 y cruza recíproca de las F_1 . Habrá p^2 familias, donde p es el número de progenitores.
- 2.- Incluye solo autofecundaciones y cruza directa F_1 . Esto es, tendremos $p(p+1)/2$ número de familias.
- 3.- comprende cruza directa F_1 y recíproca F_1 . tendríamos $p(p-1)$ número de familias.
- 4.- Solo participan las cruza directa F_1 habrá $p(p-1)/2$ número de familias.

Los diseños pueden emplearse en muchos tipos de plantas. Su empleo depende en gran parte de la habilidad para realizar los cruzamientos, así como, la cantidad de semilla producida. Su desventaja es que son imprácticos de usar, cuando hay más de 10 a 15 progenitores (Hallauer y Miranda, 1981).

Gilbert (1958) describe el análisis dialélico como una forma para determinar los efectos aditivos principales de los progenitores y sus interacciones en los cruzamientos individuales, denominando componente genético aditivo a la aptitud combinatoria general y componente genético no aditivo a la aptitud combinatoria específica. La Interacción en este caso es usada como indicador de desviación de actividad. El mismo autor hace un análisis de todas las evidencias disponible en varias especies, concluyendo que el valor de los cruzamientos dialélicos en mejoramiento no debería ser excesivo, ya que la información ganada en ellos es sólo un poco más que la obtenida de los padres mismos.

Hoegenmeyer y Hallauer (1976) indican que en un programa de mejoramiento, cuya finalidad es la formación de híbridos, la aptitud combinatoria específica debe ser más importante, ya que se pueden explotar más a los efectos no aditivos, como dominancia y epistasia, ya que la varianza de la aptitud combinatoria general indica la porción de la varianza genética debida a los efectos aditivos de los genes. Mientras que la varianza de la aptitud combinatoria específica indica la porción de la varianza genética que puede ser debida a desviaciones de dominancia.

En el presente experimento se utilizara el Diseño II. Mencionado como diseño factorial o cruzado para evaluar las principales características de la planta. Esta técnica de apareamiento consiste principalmente en cruzar un grupo determinado de progenitores machos con un conjunto de hembras, en todas las combinaciones posibles e incluir a los padres en la evaluación.

III MATERIALES Y MÉTODOS

Área de trabajo

Este trabajo se llevo a cabo en el año de 2003 en tres localidades de la Comarca Lagunera: en los ejidos Cuba, municipio de Fco. I. Madero, Nuevo León, municipio de Matamoros y en la pequeña propiedad Providencia municipio de Torreón, el trabajo se llevo a cabo en dos etapas: la primera consistió en, la formación de las cruzas, la segunda etapa consistió en la evaluación agronómica. La Comarca Lagunera se encuentra localizada entre los paralelos 24° 30' y 27" de latitud norte y entre los 102° y 104' longitud oeste, con una altitud de 1200 msnm, con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación anual media de 220mm.

Material genético

El material genético utilizado se origino de las cruzas simples directas de 10 híbridos de origen comercial, en el cuadro 3.1 se presenta su genealogia.

Cuadro: 3.1. Descripción del material utilizado como progenitores.

No PADRES	ORIGEN
1	P1-ASX1
2	P2-ASX2
3	P3-ASX3
4	P4-ASX4
5	P5-ASX5
6	P6-ASX6
7	P7-CGp
8	P8-AN1
9	P9-NV1
10	P10-P1F1

Donde AS = aspros; AN = Antonio Narro; NV = Novasen; P₁F₁ = Pioner y CGP = Criollo Gomes Palacio.

Primer etapa

Formación de la serie de las cruzas dialélicas.

En el ciclo primavera verano del 2003 se analizaron las cruzas dialélicas, el número de cruzas posibles fue de $n(n-1)/2$ considerando solo las cruzas directas, en este experimento se obtuvieron un total de 45 cruzas diferentes entre los 10 progenitores.

Cuadro 3.2. Esquema de los posibles cruzamientos en el dialélico entre las 10 líneas.

P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1x1	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6	1x7	1x8	1x9	1x10
2		2x2	2x3	2x4	2x5	2x6	2x7	2x8	2x9	2x10
3			3x3	3x4	3x5	3x6	3x7	3x8	3x9	3x10
4				4x4	4x5	4x6	4x7	4x8	4x9	4x10
5					5x5	5x6	5x7	5x8	5x9	5x10
6						6x6	6x7	6x8	6x9	6x10
7							7x7	7x8	7x9	7x10
8								8x8	8x9	8x10
9									9x9	9x10
10										10x10

Las cruzas se hicieron en forma manual, antes de que emergieran los estigmas de la flor femenina en los progenitores que se utilizaron como hembra se taparon con glaci nes, con el fin de evitar posible contaminación.

Para la obtención del polen se procedió a cubrir con bolsas de papel las espigas de las plantas que se utilizaron como macho, al día siguiente se llevaron a cabo los cruzamientos.

Manejo agronómico

Riegos

Se aplicaron cuatro riegos, distribuidos de la siguiente manera (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3 Calendario de riegos

Riegos	Aplicación (dds) ¹	Etapa de desarrollo del cultivo
Primero	30 – 35	Encañe, inicio de crecimiento del tallo
Segundo	50 – 55	Inicio de crecimiento de la mazorca ²
Tercero	65 – 69	Inicio de la aparición de estigmas
Cuarto	80 – 85	Grano lechoso – masoso

¹dds: días después de la siembra; ²entre los 8 a 10 días antes que emerjan las espigas.

Siembra

Para esto la siembra se realizó el 18 de marzo del 2003, en tierra venida, esta se llevo a cabo en forma manual, depositando tres semillas por cada punto de siembra, las cruzas se realizaron en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se realizó un aclareo dejando una planta por mata.

Fertilización

Se dividió en dos aplicaciones la primera aplicación se realizó el 11 de Abril del 2003, se aplicó directamente al suelo con la fórmula 118 – 100 – 00 que es un fertilizante granulado la segunda aplicación se llevó a cabo el día dos de Mayo del 2003, aplicándose la fórmula 100 – 00 – 00

Control de plagas

La aplicación de insecticidas se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) con Decis (1 lto/ha) y Folimat 1000 (0.5 lts/ha), respectivamente.

Control de malezas

Para el control de malezas se llevó a cabo un deshierbe previo al primer riego de auxilio, una aplicación de herbicidas para maleza de hoja ancha con 2,4 - D amina y para zacate Jonson con AFCENT.

Cosecha

La cosecha se realizó el día 15 de Julio del 2003, esta se realizó manualmente, las mazorcas cosechadas se identificaron por el número de cruza, posteriormente se desgranaron y se preparó la semilla para la segunda etapa del trabajo.

Segunda etapa

Evaluación de cruzas

En el verano del 2003 se llevo a cabo la evaluación de las cruzas y de sus progenitores (10 genotipos en total). La siembra se realizó el 24, 29 de julio y el 4 de agosto en las localidades de Providencia , mpio. de Torreon, Coah.; Nuevo León, mpio. de Matamoros, Coah. y Cuba mpio. de Fco. I. Madero, Coah.; respectivamente.

El paquete tecnológico fue el que normalmente utilizan los agricultores de la región.

Diseño y parcela experimental

El diseño utilizado en el campo fue el de bloques al azar con dos repeticiones por localidad, la parcela experimental fue de dos surcos de cuatro m de largo y 76 cm de ancho, con una distancia entre plantas de 20 cm. La densidad de población fue de 62, 225 plantas por hectárea aproximadamente. La parcela útil experimental estuvo constituida por un metro lineal que representa 0.76m^2 .

Variables agronómicas evaluadas

Rendimiento de forraje verde (RFV)

Esta variable se determinó cortando un metro lineal por surco de cada parcela. Se contó número de plantas cortadas, se pesó la planta completa, después el peso de elote. Estos pesos fueron tomados en kilogramos, los cuales se transformaron a $t\ ha^{-1}$.

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

donde Ph = Peso húmedo de las plantas muestreadas; Ds = Densidad de siembra y Np = Número de plantas muestreadas.

Peso de elote (PE)

Esta variable se determinó cortando los elotes de las plantas del metro lineal. El peso fue tomado en kilogramos, el cual se transformó a $t\ ha^{-1}$. El peso de elote (PE) se determinó con la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{PEC \times 10,000\ m^2}{0.72\ m^2}$$

donde PEC = peso de elote cosechado; 10,000 m² = equivalente a una hectárea y 0.76m² = equivalente a parcela útil.

Materia seca (MS)

Se tomo una muestra representativa de tres plantas y tres mazorcas, las cuales fueron trituradas y puestas en bolsas de papel previamente perforadas pesando 400 g de la muestra total. Las muestras se llevaron a la estufa de sacado por un tiempo de 48 horas, a una temperatura de 65°C ± 1°C. Después de sacarlas de la estufa se peso la materia seca (M.S) obtenida, estimando su porcentaje y se expreso en t ha⁻¹. Posteriormente se calculo la MS con la siguiente formula:

$$MS = \frac{FSX100\%}{400}$$

donde FS = forraje seco expresado en gramos; 400 = muestra de forraje verde expresada en gramos y 100% = peso total de la muestra expresada en porcentaje.

$$MS = \frac{RFVXFS(\%)}{100\%}$$

donde RFV = rendimiento de forraje verde expresado en toneladas; FS = forraje seco expresado en porcentaje y 100% = peso total de forraje seco expresado en porcentaje.

Altura de planta (AP)

Esta se midió de la base del tallo hasta la parte superior de la espiga (se expreso en metros). Se hizo un muestreo de cinco plantas representativas y se calculo el promedio de las mismas.

Altura de mazorca (AM)

Esta se midió desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca principal (medida expresada en metros). Se muestrearon cinco plantas representativas y se calculo el promedio de las mismas.

Análisis estadístico

El diseño utilizado en el campo fue el de bloques al azar con dos repeticiones por localidad, usando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$$

donde μ = media general; τ_i y β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones y ε_{ij} = error experimental para cada observación $n(i, j)$.

Análisis genético

Para el análisis genético se utilizó el análisis propuesto por Griffing (1956) utilizando el modelo II el cual incluye padres y cruza directa, donde se utilizó la fórmula $p(p-1)/2$, la cual da el número total de cruza F_1 entre los progenitores, el cual se explica en seguida:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ijk}$$

$$1 < i, j < p, k = 1, 2, \dots, r,$$

donde μ = media poblacional, Y_{ijk} = valor fenotípico observado de la cruza con progenitores, i y j , en el bloque k , o un efecto común a todas las observaciones, g_i = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor i , g_j = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor j , s_{ij} = efecto de la aptitud combinatoria específica de la cruza (i, j), e_{ijk} = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i, j, k).

Los efectos de aptitud combinatoria general se estimaron aplicando la fórmula general:

a) Ecuación de ACG:

$$ACG = 1/\eta + 2[\sum(Y_i + Y_{ii}) - 2/\eta * Y_{..}]$$

b) Ecuación de ACE:

$$ACE = y_{ij} - 1/\eta + 2(Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + 2/(\eta + 1)(\eta + 2)Y_{..}$$

Heterosis.

Se calculo en base al promedio de los progenitores (h) y en base al progenitor superior (h'), como se indica a continuación:

$$h = (F_1/p_m)100$$

$$h' = (F_1.p_s/p_s)100$$

donde F_1 = primera generación de la crucea, P_m = progenitor medio $P_i + P_j / 2$, P_s = progenitor superior.

Componente genético basado en tres ambientes.

A. varianza aditiva:

$$\sigma^2_{ACG} = 1/2 \sigma^2_A, \quad \sigma^2_A = 2\sigma^2_{ACG}$$

donde σ^2_A = varianza aditiva, σ^2_{ACG} = varianza de la aptitud combinatoria general.

B. varianza de dominancia: es el equivalente de la aptitud combinatoria específica.

$$\sigma^2_{ACE} = \sigma^2_D$$

donde σ^2_{ACE} = varianza de la aptitud combinatoria específica, σ^2_D = varianza de dominancia.

C. Grado de dominancia (d).

$$2\sigma^2_D / \sigma^2_A$$

donde σ^2_D = varianza de dominancia, σ^2_A = varianza aditiva.

D. varianza fenotípica:

$$\sigma^2_P = \sigma^2_e + \sigma^2_G$$

donde σ^2_e = varianza del error, σ^2_G = varianza genotípica.

E. Heredabilidad en sentido amplio

$$H^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_P \times 100$$

F. Heredabilidad en sentido estrecho.

$$H^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_P \times 100$$

Estimación de los componentes de varianza

Varianza del error

$$\sigma^2_E = (CME)$$

Varianza genética

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Los cuadrados medios para las variables rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM), por localidad y combinados se presentan en el Cuadro 4.1 incluye la evaluación de las cruzas y los progenitores en tres ambientes de la Comarca Lagunera. Se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.01$) entre los genotipos en todas las variables en los análisis de varianza por localidad y en el análisis combinado. Para la interacción localidad por genotipos se presentan diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) para todas las variables. El análisis estadístico indica que los ambientes de evaluación son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$).

En vista de que los genotipos presentaron diferencia significativas para todas las variables evaluadas, la cual era de esperarse dada la variabilidad de los progenitores, por lo que estas diferencias indican que no existen restricciones para poder realizar los análisis dialélicos, (Hallauer, 1998).

Los coeficientes de variación para las características agronómicas están dentro de los rangos aceptables para experimentos agrícolas, a excepción de rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), en la localidad de Nuevo León debido a que pudo haber errores en el muestreo.

Cuadro 4.1 Cuadros medios de los análisis de varianza individuales y combinado para cinco variables evaluadas en tres localidades de la Comarca Lagunera en el 2003

NUEVO LEÓN						
F.V.	g.l	RFV	PE	MS	AP	AM
Rep	1	319.720ns	15.420ns	6.340ns	0.070ns	0.036*
Genotipos	54	246.930**	33.250**	8.110**	0.043**	0.030**
Error	54	157.800	24.290	5.500	0.021	0.009
cv%		20.393	23.679	21.224	6.067	8.509
PROVIDENCIA						
Rep	1	7286.680**	1623.450**	333.790**	0.983**	0.849**
Genotipos	54	339.400**	72.140**	16.460**	0.047**	0.035**
Error	54	101.220	24.020	3.820	0.008	0.008
cv%		12.303	16.541	13.001	3.290	6.801
CUBA						
Rep	1	2262.97**	598.190**	153.830**	0.830**	0.390**
Genotipos	54	138.7**	22.680**	6.500**	0.046**	0.031**
Error	54	29.96	6.930	1.870	0.005	0.004
cv%		11.082	14.407	13.484	2.956	5.715
COMBINADO						
Loc	2	29414.350**	3908.920**	746.080**	6.004**	1.715**
Rep(Loc)	3	3289.790**	745.690**	164.650**	0.630**	0.427**
Genotipos	54	448.780**	64.230**	15.250**	0.101**	0.074**
Genotipos x Loc	108	188.120**	31.920**	7.910**	0.017**	0.011**
Error	162	96.330	18.410	3.730	0.012	0.006
Total	329					
cv %		15.274	18.735	15.991	4.237	7.127

*, ** = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad respectivamente, ns= no significativo; RFV= Rendimiento de forraje verde, PE= Peso de elote, MS= Materia seca, AP= Altura de planta y AM =Altura de mazorca.

En el Cuadro 4.2 se presentan las medias de los mejores genotipos evaluados a través de tres ambientes. De la prueba de medias se puede observar la variación en los genotipos evaluados, sobresaliendo los híbridos de los padres. Destacan en rendimiento de forraje verde (RFV) el padre seis con un buen rendimiento y el padre siete obtuvo el mejor comportamiento en todas las características y las cruzas 1X6 y 6X7 por su capacidad rendidora. En peso de elote (PE) las mejores cruzas fueron 6X7 y 2X10. Para materia seca (MS) sobresalen las cruzas 7X10 y 3X6 por su alto potencial productivo. Las cruzas 3X6, 6X8, 2X7 y 2X8 destacaron por ser las de mayor altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM).

En general se observa un comportamiento diferente entre las cruzas en los diferentes caracteres ya que no se presenta un patrón definido.

Los mejores progenitores para formar una población base para mejoramiento por selección, será aquella con mayores efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y viceversa, los peores (Serrano et al. 1994; Villanueva et al. 1994 y Vergara 2000).

Cuadro 4.2 promedio de las 10 mejores cruzas y sus progenitores de cinco características agronómicas a través de ambientes de evaluación.

Cruzas	RFV	Cruzas	PE	Cruzas	MS	Cruzas	AP	Cruzas	AM
1X6	79.22	6X7	28.17	7X10	14.86	3X6	2.76	2X7	1.3
1X7	77.12	2X10	27.74	3X6	14.83	6X8	2.74	2X8	1.29
3X6	75.23	7X10	27.73	1X7	14.79	1X6	2.73	1X7	1.28
2X6	74.72	1X7	27.71	4X10	13.82	1X5	2.72	1X5	1.28
6X7	74.49	6X8	27.7	2X3	13.53	6X7	2.71	1X6	1.27
6X8	74	3X10	26.42	1X8	13.42	3X5	2.69	3X6	1.27
7X10	73.5	1X6	26.42	3X10	13.35	3X8	2.68	7X8	1.26
6X10	71.96	2X3	20.05	1X2	13.27	6X10	2.68	5X8	1.26
3X10	70.89	3X6	25.95	6X7	13.23	3X7	2.67	1X8	1.25
2X10	70.41	8X10	25.18	5X8	13.22	1X7	2.66	4X8	1.24
P1	70.47	P1	24.34	P1	12.62	P1	2.74	P1	1.26
P2	68.86	P2	23.32	P2	12.67	P2	2.56	P2	1.26
P3	60.31	P3	20.8	P3	10.67	P3	2.63	P3	1.23
P4	59.75	P4	19.92	P4	11.86	P4	2.6	P4	1.27
P5	67.57	P5	23.99	P5	14.22	P5	2.61	P5	1.24
P6	78.4	P6	27.93	P6	13.45	P6	2.81	P6	1.25
P7	90.1	P7	32.12	P7	15.4	P7	2.74	P7	1.34
P8	62.83	P8	22.88	P8	11.89	P8	2.68	P8	1.27
P9	44.86	P9	18.71	P9	7.95	P9	2.14	P9	0.75
P10	44.26	P10	17.94	P10	7.52	P10	2.38	P10	0.92
DMS	2.61		1.14		0.51		0.029		0.022

RFV= Rendimiento de forraje verde, PE= Peso de elote, MS= Materia seca, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca.

Análisis genético

En el Cuadro 4.3 se presentan los resultados del análisis dialélico para cinco características evaluadas de la Comarca Lagunera en el 2003.

F.V	g.l	RFV	PE	MS	AP	AM
Loc	2	29414.350**	3908.920**	746.080**	6.004**	1.715**
Rep(Loc)	3	3289.790**	745.690**	164.650**	0.630**	0.427**
Genotipos	54	448.780**	64.230**	15.250**	0.101**	0.074**
Gen*Loc	108	188.120**	31.920**	7.910**	0.017**	0.011**
ACG	9	1663.690**	205.840**	40.020**	0.438**	0.376**
ACE	45	204.090*	35.190*	10.360**	0.032**	0.014**
Error	162	96.330	18.410	3.730	0.012	0.006
Total	329					
cv %		15.274	18.735	15.991	4.237	7.127

, * = Significativo al 0.05 y al 0.01 probabilidad respectivamente, ns= no significativo; GL= Grados de libertad, RFV= Rendimiento de forraje verde, PE= Peso de elote, MS= Materia seca, AP= Altura de planta, AM= Altura de mazorca.

Los procedimientos estadísticos para analizar la aptitud combinatoria del material genético de este estudio fue desarrollada de acuerdo a la metodología de Griffing (1956) utilizando el modelo II.

En el caso de las variables agronómicas, se realizó un análisis combinado para determinar el comportamiento de los genotipos a través de los ambientes de evaluación. Los resultados de los análisis se presentan en el Cuadro 4.3 donde se puede observar que los genotipos son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$). En general, se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.01$) para la interacción localidades por genotipos. En todas las características evaluadas los cuadrados medios para aptitud combinatoria general ACG fueron más altos que los cuadrados medios de aptitud combinatoria específica ACE lo cual indica una prevalencia de genes de tipo aditivo.

Con respecto a la diferencia estadística en aptitud combinatoria específica (ACE), en todos los caracteres agronómicos evaluados indica que también existen efectos de dominancia en la manifestación fenotípica de las variables evaluadas. Al respecto de la significancia de la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), Dhillon *et al.* (1990), reportan resultados similares con los obtenidos en el presente trabajo.

En tanto que Hoegenmeyer y Hallauer (1976) señalan que en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, la aptitud combinatoria específica (ACE) será más importante que la aptitud combinatoria general (ACG), ya que esta puede hacer mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistasis.

Efectos de aptitud combinatoria general

En el Cuadro 4.4a y b se expresan los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) para los cinco caracteres evaluados, se incluyen también los efectos promedios estimados de híbridos, padres y heterosis promedio, con respecto a la heterosis, puede observarse que prácticamente no existió ya que la media de los padres es igual a la media de los híbridos.

Para rendimiento de forraje verde (RFV) los mayores efectos de aptitud combinatoria general (ACG) se manifiestan en los progenitores seis y siete y el efecto menor negativo fue para el progenitor nueve. Para aptitud combinatoria específica (ACE) la craza 3X10 presento el mayor efecto positivo con 7.93 y la craza 2X7 el menor efecto negativo con -11.49. los rendimientos de forraje verde obtenidos por las mejores cruza los rangos encontrados por Núñez y Faz (2001) que afirman que un híbrido bueno debe producir un promedio de 68.60 t ha⁻¹ de forraje verde para maíz de ciclo intermedio y precoz

En la característica peso de elote (PE) el mayor efecto de aptitud combinatoria general (ACG) lo obtuvo el progenitor 7 con 2.24 y el efecto menor fue el progenitor 9 con -3.12, para la aptitud combinatoria específica (ACE) el mayor efecto positivo fue para la craza 2X10 con 4.16 y el menor efecto negativo fue para la craza 2X7 con -5.65.

En la característica materia seca (MS) el mayor efecto de aptitud combinatoria general (ACG) lo obtuvo el progenitor 7 con 0.89 y el efecto menor fue el progenitor 9 con -1.78, para la aptitud combinatoria específica

(ACE) presentando el mayor efecto positivo lo presento la craza 4X10 con 2.46 y la craza de menor efecto negativo fue para la craza 4X5 con -2.57.

En la variable altura de planta (AP) el mayor efecto de aptitud combinatoria general (ACG) lo obtuvo el progenitor 6 con 0.1 y el menor efecto de aptitud combinatoria general (ACG) fue el progenitor 9 con -1.17. Para aptitud combinatoria especifica (ACE) el mayor efecto positivo lo obtuvo la craza 6X9 y 3X5 con 0.1, y la craza menor fue 4X5 con -0.2. Actualmente es deseable contar con materiales de porte bajo, que toleren altas densidades con resistencia al acame, sin descuidar la relación positiva de la altura de planta con el potencial de rendimiento de grano (Rincón *et al*, 2003).

En la característica altura de mazorca (AM), el mayor efecto de aptitud combinatoria general (ACG) lo obtuvo el progenitor 7 con 0.061 y el efecto menor fue el progenitor 9 con -0.17. Para aptitud combinatoria especifica (ACE) 21 cruza presentaron efectos positivos y 24 efectos negativos. El mayor efecto positivo de aptitud combinatoria especifica (ACE) lo presento la craza 7X9 con (0.07) y la craza con menor efecto negativo fue 1X3 con -1.1.

Cuadro 4.4a Efecto de aptitud combinatoria general (ACG), para cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera en el 2003

	RFV	PE	MS	AP	AM	
M Híbridos		64.12	22.81	12.13	2.56	1.16
M Padres		64.62	23.18	11.82	2.58	1.17
Heterosos promedio		-0.49	-0.37	0.31	-0.021	-0.01
EFECTOS DE ACG						
PADRES	RFV	PE	MS	AP	AM	
1		3.29	0.54	0.051	0.05	0.034
2		1.44	0.43	0.15	-0.02	0.027
3		-0.15	0.27	0.35	0.01	0.001
4		-5.24	-2.38	-0.46	-0.04	0.016
5		-1.61	-0.68	0.12	0.004	0.01
6		7.14	1.98	0.54	0.1	0.046
7		5.92	2.24	0.89	0.04	0.061
8		-0.92	0.43	-0.07	0.06	0.054
9		-8.75	-3.12	-1.78	-0.17	-0.17
10		-1.1	0.25	-0.26	-0.04	-0.082

RFV=Rendimiento de forraje verde, PE=Peso de elote, MS=Materia seca, AP=Altura de planta, AM=Altura de mazorca

Cuadro 4.4b Efecto de aptitud combinatoria específica (ACE), para cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera en el 2003

CRUZA	RFV	PE	MS	AP	AM	
1X2		-3.16	-0.54	0.52	-0.03	-0.03
1X3		-8.77	-4.42	-0.81	-0.16	-0.1
1X4		4.09	2.39	-1.12	0.03	-0.01
1X5		-2.31	-1.4	-1.02	0.08	0.06
1X6		4.56	0.99	0.03	-0.003	0.02
1X7		3.69	2.03	1.3	-0.009	0.02
1X8		0.09	-0.76	0.89	-0.04	-0.01
1X9		3.4	1.47	1.41	0.009	0.008
1X10		-0.94	-0.48	-0.23	-0.001	0.003
2X3		4.44	2.46	0.94	0.006	-0.03
2X4		1.41	-0.57	0.56	0.03	-0.01
2X5		-1.72	0.92	-1.01	-0.003	-0.01
2X6		1.91	-0.2	-1.09	-0.01	-0.04
2X7		-11.49	-5.65	-1.95	-0.006	0.04
2X8		-4.56	-0.87	-0.07	0.01	0.04
2X9		3.8	1.14	54	-0.09	-0.01
2X10		5.85	4.16	0.98	0.03	-0.002
3X4		-1.17	1.65	0.85	-0.03	-0.01
3X5		2.79	1.51	0.54	0.1	0.01
3X6		4.02	0.81	1.84	0.05	0.05
3X7		-3.4	-1.35	-0.59	-0.03	-0.03
3X8		2.63	1.14	0.63	0.03	-0.02
3X9		-1.28	0.43	0.36	-0.01	0.01
3X10		7.93	3	1.18	0.01	0.007
4X5		-10.16	-3.97	-2.57	-0.2	-0.09
4X6		-6.7	-2.67	-0.8	-0.09	-0.03
4X7		-6.02	-2.6	-0.86	-0.01	-0.04
4X8		-0.88	1.37	-0.68	0.01	0.00
4X9		0.5	-0.54	0.74	-0.02	0.04
4X10		6.89	1.34	2.46	0.03	0.03
5X6		-3.75	-1.42	-0.83	-0.14	-0.05
5X7		-7.31	-1.87	-1.18	-0.02	-0.07
5X8		2.36	1.46	1.09	0.01	0.02
5X9		1.26	-0.15	0.12	0.07	0.00
5X10		5.69	-0.02	1.08	0.07	0.02
6X7		-2.79	1.05	-0.28	-0.01	-0.04
6X8		3.56	2.4	-0.02	0.00	-0.03
6X9		-2.31	-2.93	0.22	0.1	0.06
6X10		1.7	-0.16	0.4	0.05	0.07
7X8		-4.55	-2.58	-1.01	-0.07	-0.01
7X9		-0.66	-0.66	-0.64	0.09	0.07
7X10		4.47	2.34	2.15	-0.07	-0.01
8X9		-1.04	-2.01	-0.83	0.03	-0.02
8X10		3.48	1.6	0.1	0.04	0.05
9X10		0.38	-0.88	-0.07	0.01	-0.02

RFV =Rendimiento de forraje verde, PE =Peso de elote, MS =Materia seca, AP =Altura de planta, AM =Altura de mazorca

Heterosis

En el Cuadro 4.5 se presentan los efectos de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') para las cinco características evaluadas. En rendimiento de forraje verde (RFV), el mayor porcentaje de heterosis en base al promedio de progenitores lo obtuvo la craza 3X10 con un valor de 35.58 por ciento y el valor más bajo fue para la craza 4X5 con un valor -25.87 por ciento. Con respecto al progenitor superior (h') donde la mejor craza fue la 9X10 con un valor de 22.52 por ciento y el valor más bajo fue para la craza 2X7 con un valor de -33.31 por ciento.

Para peso de elote (PE) en base al promedio de los progenitores, la mayor heterosis la manifestó la craza 3X10 con un valor de 3.34 por ciento, la craza que presentó heterosis negativa la 2X7 con un valor de -28.11 por ciento. La heterosis con respecto al mayor progenitor (h'), la craza 3X10 mostró el mayor porcentaje con un valor de 26.97 por ciento y el valor más bajo lo obtuvo la craza 2X7 con un valor de -37.89 por ciento.

Para materia seca (MS) en base al promedio de los progenitores (h) nuevamente la craza 3X10 con un valor de 46.86 por ciento presenta el valor más alto, y la craza que obtuvo el menor porcentaje fue la 4X5 con un valor de -29.75 por ciento. En heterosis en base al mejor progenitor (h') la craza 9X10 con un valor de 25.31 por ciento fue la mejor y el porcentaje más bajo lo tiene la craza 4X5 con un valor de -35.58 por ciento.

Con respecto a altura de planta (AP) en base al promedio de los mejores progenitores(h) la cruza que resulto con el valor más alto fue 6X9 con un valor de 5.26 por ciento y la cruza con menor porcentaje fue la 4X5 con un valor de -10.94 por ciento. Con respecto a la heterosis en base al mejor progenitor (h') la cruza 3X5 supera a las medias de los progenitores en un 2.64 por ciento y el más bajo porcentaje lo tuvo la cruza 2X9 con un valor de -11.33 por ciento.

Para altura de mazorca (AM) en base al promedio de los mejores progenitores (h) resultando con el valor más alto la cruza 6X10 con un valor de 10.59 por ciento. Y la heterosis en base al mejor progenitor (h') siendo la cruza 3X6 con un valor de 1.6 por ciento y la cruza con más bajo porcentaje fue la 2X9 con un valor de -19.2 por ciento.

De los dos tipos de heterosis la que mas interesa desde el punto de vista comercial es la referida al progenitor superior. Según Ordás (1991), la magnitud de la heterosis mostrada por un híbrido depende en gran parte de la divergencia genética de las variedades progenitoras de las cuales se derivan las líneas involucradas.

Cuadro 4.5 Heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al mejor progenitor (h') en las 45 cruzas directas con sus diez progenitores evaluados en la Comarca Lagunera en el 2003.

cruzas	RFV		PE		MS		AP		AM	
	h	h'	h	h'	h	h'	h	h'	h	h'
1X2	-5.57	-6.66	-2.12	-4.15	4.94	4.74	-3.40	-6.57	-4.80	-4.80
1X3	-10.43	-16.89	-14.60	-20.80	4.16	-3.88	-7.46	-9.49	-11.29	-12.20
1X4	1.90	-5.85	5.94	-3.66	-10.08	-12.79	-2.25	-4.74	-4.76	-5.51
1X5	-7.88	-9.78	-11.70	-12.33	-12.89	-17.79	1.31	-1.09	3.23	2.44
1X6	6.43	1.05	1.09	-5.41	1.15	-1.93	-1.98	-3.20	1.60	1.60
1X7	-3.94	-14.40	-1.69	-13.51	5.57	-3.96	-2.92	-2.92	-1.16	-4.48
1X8	0.80	-5.39	-2.12	-5.06	9.51	6.34	-2.40	-3.65	-1.59	-2.36
1X9	7.96	-11.81	2.45	-10.52	18.87	-3.17	1.03	-10.22	4.00	-16.80
1X10	14.11	-7.11	9.77	-4.64	20.22	-4.12	0.39	-6.20	3.23	-10.40
2X3	8.30	1.58	18.09	11.71	15.85	6.71	-0.77	-1.91	-6.45	-7.20
2X4	-3.86	-10.21	-5.87	-12.74	0.53	-2.68	-1.94	-2.69	-4.76	-5.51
2X5	-8.63	-9.48	12.30	10.76	-15.66	-20.25	-2.90	-3.83	-4.03	-4.80
2X6	1.49	8.53	-2.03	-10.10	-10.53	-13.10	-2.05	-6.41	-4.00	-4.00
2X7	-24.40	-33.31	-28.11	-37.89	-20.48	-27.53	-2.64	-5.84	0.39	-2.99
2X8	-7.91	-12.62	-0.97	-1.93	-1.63	-4.66	0.19	-1.87	2.38	1.57
2X9	6.94	-11.84	2.82	-8.53	6.65	-13.26	-3.20	-11.33	1.00	-19.20
2X10	24.50	2.27	34.42	18.91	28.34	2.21	2.43	-1.17	2.30	-11.20
3X4	-3.98	-4.43	10.17	7.84	13.80	8.09	-3.83	-4.20	-7.20	-8.66
3X5	2.04	-3.43	7.10	0.00	5.18	-7.95	2.87	2.67	-3.25	-3.25
3X6	8.47	-4.04	6.53	-7.06	22.94	10.27	1.66	-1.78	2.42	1.60
3X7	-11.48	-26.11	-9.01	-24.97	-2.34	-17.34	-2.99	-5.11	-7.39	-11.19
3X8	7.70	6.39	13.30	8.18	15.16	9.25	1.32	0.37	-4.00	-5.51
3X9	2.90	-10.45	5.00	-1.63	10.48	-3.66	1.05	-8.40	2.02	-17.89
3X10	35.58	17.54	36.34	26.97	46.86	25.12	2.40	-2.29	1.40	-11.38
4X5	-25.87	-30.15	-27.84	-33.94	-29.75	-35.58	-10.94	-11.11	-12.00	-10.57
4X6	-13.99	-24.22	-17.22	-29.08	-10.20	-15.48	-6.47	-9.96	-4.76	-4.00
4X7	-21.44	-34.67	-22.52	-37.17	-14.60	-24.42	-4.12	-6.57	-8.81	-11.19
4X8	-5.96	-7.52	4.28	-2.45	-8.63	-8.75	-1.33	-2.62	-2.36	-2.36
4X9	-2.87	-15.13	-11.63	-15.51	6.77	-10.88	-1.48	-10.38	3.96	-17.32
4X10	24.53	8.38	16.75	10.94	42.69	16.53	0.80	-3.46	4.11	-10.24
5X6	-9.56	-15.82	-12.29	-18.48	-13.81	-16.17	-6.64	-9.96	-5.65	-6.40
5X7	-22.36	-32.07	-19.46	-29.59	-19.65	-22.73	-3.18	-5.47	-9.73	-13.43
5X8	-1.00	-5.21	2.88	0.50	1.26	-7.03	0.38	-0.75	0.80	-0.79
5X9	-1.79	-18.43	-10.23	-21.10	-4.96	-25.95	4.22	-5.36	2.02	-17.89
5X10	20.18	-0.55	7.01	-6.46	19.83	-8.44	4.21	-0.38	4.19	-8.94
6X7	-11.58	-17.32	-6.10	-12.08	-8.25	-14.09	-2.34	-3.56	-5.02	-8.21
6X8	5.56	-5.61	8.99	-0.93	-1.14	-6.85	0.00	-2.49	-2.38	-3.15
6X9	-2.04	-23.11	-18.45	-32.73	3.46	-17.71	5.26	-7.47	11.00	-11.20
6X10	17.33	-8.21	8.76	-10.73	21.91	-4.99	3.28	-4.63	10.60	-4.00
7X8	-14.88	-28.24	-16.34	-28.31	-12.94	-22.86	-3.88	-5.11	-3.45	-5.97
7X9	-9.90	-32.61	-15.00	-33.40	-9.68	-31.56	4.31	-7.30	8.13	-15.67
7X10	9.42	-18.41	10.96	-13.45	29.73	-3.51	-2.34	-8.76	0.00	-15.67
8X9	0.47	-13.46	-11.45	-20.55	-5.40	-21.11	3.75	-6.74	0.99	-19.69
8X10	23.81	6.23	23.40	10.10	22.06	-0.42	4.16	-1.50	8.68	-6.30
9X10	23.09	22.52	4.39	2.24	28.80	25.31	5.10	-0.42	6.59	-3.26

RFV = rendimiento de forraje verde, PE = peso de elote, MS = materia seca, AP = altura de planta, AM = altura de mazorca.

Componentes de varianza

En el Cuadro 4.6 se presentan los valores de los componentes de varianza estimada para cada una de las variables evaluadas. Se observa que el tipo de acción génica que predominó en las líneas progenitoras y su progenie híbrida fue la aditiva en las variables PV, PE, AP Y AM, en materia seca estos valores fueron similares, lo cual indica que ambos tipos de acción génica son importantes en la manifestación de las características.

Con respecto al grado de dominancia este fue alto para las variables materia seca (MS) y altura de mazorca (AM) cuyos valores implican sobre-dominancia, (Falconer, 1985).

Por otro lado de acuerdo con Chávez (1985) los valores de heredabilidad fueron altos para altura de mazorca (AM). En rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE) y altura de planta (AP) dichos valores fueron intermedios. Para peso de elote (PE) y materia seca (MS) los valores encontrados de heredabilidad en sentido estricto fueron bajos con respecto a los demás.

Cuadro 4.6 Componentes de varianza de cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera en 2003.

Vari	ACG	ACE	$\sigma^2 A$	$\sigma^2 D$	$\sigma^2 G$	$\sigma^2 F$	$\sigma^2 E$	h^2	H	D^2
PV	20.27	12.03	40.54	12.03	52.57	184.47	131.90	21.97	28.94	0.77
PE	2.37	1.92	4.74	1.92	6.66	30.28	23.62	15.65	21.99	0.90
MS	0.41	0.83	0.82	0.83	1.65	6.98	5.33	11.74	23.63	2.02
AP	0.005	0.003	0.01	0.003	0.013	0.027	0.014	37.03	48.14	0.77
AM	0.005	0.0009	0.01	0.0009	0.01	0.019	0.008	51.02	55.61	1.47

ACG = Aptitud Combinatoria General, ACE = Aptitud Combinatoria Especifica, $\sigma^2 A$ = Varianza aditiva, $\sigma^2 D$ = Varianza de dominancia, $\sigma^2 G$ = Varianza genética, $\sigma^2 F$ = Varianza fenotípica, $\sigma^2 E$ = Varianza del error, h^2 = Heredabilidad en sentido estricto, H = Heredabilidad en sentido amplio, D^2 = Dominancia

Análisis de correlación

En el Cuadro 4.7 se presentan las correlaciones fenotípicas de las características evaluadas. Al respecto se encontró una correlación significativa y positiva para cada una de ellas, destacando PV con PE, PV y MS y AP y AM lo cual indica una asociación fenotípica.

Cuadro 4.7 Correlaciones fenotípicas para cinco características agronómicas evaluadas en la Comarca Lagunera en el 2003.

Variable	PE (t ha ⁻¹)	MS (t ha ⁻¹)	AP (m)	AM (m)
RFV	0.9193**	0.8504**	0.7558**	0.6433**
PE		0.7926**	0.6680**	0.5280**
MS			0.6598**	0.6431**
AP				0.8431**

*= Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, PV = Peso verde, PE = Peso Elote, MS =Materia Seca, AP = Altura de Planta, AM = Altura de Mazorca.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Los análisis estadísticos combinados mostraron efectos altamente significativos en todas las variables y en las fuentes de variación; Localidades, Repetición por Localidades, Genotipos y genotipos por localidad.
- ✓ En las características evaluadas todos los genotipos demostraron una reacción diferente a el cambio de ambiente.
- ✓ Para los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) el mejor progenitor fue el padre seis con un valor de 7.14 para la característica rendimiento de forraje verde (RFV), y para los efecto de aptitud combinatoria especifica (ACE) la mejor cruza fue la 3X10 con un valor de 7.93 para la misma característica.
- ✓ La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en todas las variables evaluadas.
- ✓ Se presento una alta correlación en rendimiento de forraje verde (RFV) con peso de elote (PE) y rendimiento de forraje verde (RFV) con materia seca (MS), indicando una asociación genética entre estas variables.

VI. RESUMEN

En el presente trabajo se analizó el comportamiento agronómico de 45 cruzas de maíz derivados de 10 híbridos de origen comercial. El objetivo fue seleccionar los mejores genotipos que respondan favorablemente a la producción de forraje en condiciones ambientales de la región y que cumplan con los requerimientos de los productores.

El trabajo consistió en dos etapas: la formación de las cruzas en el campo experimental de la UAAAN-UL en Torreón Coah., y la evaluación agronómica en tres localidades de la Comarca Lagunera (Ejido Nuevo León, mpo. de Matamoros, Coah., Providencia en Torreón Coah., y ejido Cuba mpio. De Fco. I. Madero Coah.) las evaluaciones se realizaron en ensayos uniformes en bloques al azar con dos repeticiones en el campo.

En el campo se obtuvo información de rendimiento de forraje verde (RFV), peso de elote (PE), materia seca (MS), altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). Se realizó un análisis genético para estimar los efectos de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE) los que permitieron estimar los componentes de varianza debido a efectos aditivos y no aditivos (σ^2_A y σ^2_D). Los resultados del análisis combinado indica o señala que existe una significancia en todas las características evaluadas. En todas las características evaluadas, las cruzas se comportaron en forma diferente al

cambiar de ambiente. Para los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) el mejor progenitor fue el padre seis. Para los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) la mejor cruza fue la 3X10. Se presentó una alta correlación en rendimiento de forraje verde (RFV) con peso de elote (PE) y altura de planta (AP) con altura de mazorca (AM) indicando una asociación genética entre ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España 498p.
- Brauer, H. O. 1983 Fitogénética aplicada. Editorial ELSA. México. 518p
- Dudley, J.W. and R.H. Moll. 1969. Interpretation and Use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. Crop Science 257-262.
- Duvick, D. N. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. P. 19-13. In: J. G. Coors and S. Pandey. (eds.) Genetics and exploitation of heterosis in crops. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wi. P. 19-31.
- Eastmond A. Y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y agroecología: ¿Paradigmas opuestos?. Agrociencia 3: 7-22.
- Griffing, B. 1956a. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity, 10: 31-50.

- Griffing, B. 1956b. Concept of general and specific combining ability in diallelic crossing system. *Aust. Jour. Biol. Sci.* 9: 463-491.
- Hallauer R.A., and Miranda FO. 1981 *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition 468p.
- Hayman, B.I. 1960. The theory and a analysis of diallel crosses III. *Genetics* 155-172.
- Marquez, S., F. 1988. *Genotecnia vegetal*. Tomo II. AGTESA. México. 563 p.
- Martinez, G. A. 1975. *diseño y análisis de los experimentos de cruzas dialélicas*. CEC-CP-ENA. Chapingo, México. 229 p.
- Núñez, H. G., Contreras G. F. E., Faz C. R. y Herrera S. R. 1999. *selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje*. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52 p.
- Oyervides G., M. 1979. *Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índice de selección en variedades tropicales de maíz*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 118 p.
- Peña R.A, G.H Núñez Y C.F. Gonzáles 2003 *Importancia de la planta y el elote*

en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pecu. México 41:63-74 p.

Poehlman, J.M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición . edotpriar LIMUSA., México 453 p.

Rivera F., C.H. 1977. Efecto de la diversidad genética en la heterosis de cruza intervarietales de maíz. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo México 98 p.

Resumen Económico Comarca Lagunera 2003).

Spargue, G. E. Y Tatum A. L.. 1942. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. J. Am. Soc. Agron. 34: 923-932.

Vergara, A. N. H. S. A. Rodríguez S. K. Vasal, y S. D. McLean, 1996. Aptitud combinatoria de líneas de maíz generadas en el CIMMYT . Curso internacional de actualización en fitomejoramiento y agricultura sustentable. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. 286-287p.

VIII. APENDICE

**Cuadro A.1 promedio de las 10 caracteres agronómicas de los 10
evaluados.**

genotipos

Cruza	Rend (ha-1)	PE (ha-1)	MS (ha-1)	AP (m)	AM (m)
1X1	70.47	24.33	12.62	2.74	1.25
1X2	65.78	23.32	13.27	2.56	1.19
1X3	58.57	19.27	12.13	2.48	1.1
1X4	66.35	23.44	11.006	2.61	1.2
1X5	63.58	21.33	11.69	2.71	1.28
1X6	79.22	26.41	13.18	2.72	1.27
1X7	77.12	27.71	14.79	2.66	1.28
1X8	66.67	23.1	13.42	2.64	1.24
1X9	62.15	21.77	12.22	2.46	1.04
1X10	65.46	23.2	12.1	2.57	1.12
2X2	68.85	23.32	12.67	2.56	1.25
2X3	69.94	26.05	13.52	2.57	1.16
2X4	61.82	20.35	12.33	2.53	1.2
2X5	62.32	26.56	11.34	2.51	1.19
2X6	74.72	25.1	11.68	2.63	1.2
2X7	60.08	19.9	11.16	2.58	1.3
2X8	60.16	22.87	12.08	2.62	1.29
2X9	60.7	21.33	10.99	2.27	1.01
2X10	70.41	27.73	12.95	2.53	1.11
3X3	60.31	20.8	10.67	2.62	1.23
3X4	57.64	22.43	12.82	2.51	1.16
3X5	65.24	23.98	13.09	2.69	1.19
3X6	75.23	25.95	14.82	2.76	1.27
3X7	66.57	24.04	12.73	2.6	1.19
3X8	65.76	24.74	12.99	2.68	1.2
3X9	54.01	20.46	10.28	2.4	1.01
3X10	70.89	26.41	13.35	2.56	1.09
4X4	59.75	19.92	11.86	2.6	1.27
4X5	47.19	15.84	9.16	2.32	1.1
4X6	59.41	19.8	11.36	2.53	1.2
4X7	58.86	20.13	11.64	2.56	1.19
4X8	57.16	22.31	10.85	2.6	1.24
4X9	50.71	16.83	10.57	2.33	1.05
4X10	64.76	22.1	13.82	2.51	1.14
5X5	67.56	23.98	14.22	2.61	1.23
5X6	66	22.76	11.92	2.53	1.17
5X7	61.2	22.56	11.9	2.59	1.16
5X8	64.04	24.1	13.22	2.65	1.26
5X9	55.11	18.92	10.53	2.47	1.01
5X10	67.19	22.43	13.02	2.6	1.12
6X6	78.4	27.92	13.44	2.81	1.25
6X7	74.49	28.17	13.23	2.71	1.23
6X8	74	27.7	12.52	2.74	1.23
6X9	60.28	18.81	11.06	2.6	1.11
6X10	71.96	24.96	12.77	2.68	1.2
7X7	90.09	32.04	15.4	2.74	1.34

continuación.....

7X8	64.65	22.97	11.88	2.6	1.26
7X9	60.71	21.34	10.54	2.54	1.13
7X10	73.5	27.73	14.86	2.5	1.13
8X8	61.81	22.87	11.89	2.67	1.27
8X9	53.49	18.17	9.38	2.49	1.02
8X10	65.66	25.18	11.84	2.63	1.19
9X9	44.67	18.71	7.94	2.13	0.75
9X10	54.73	19.13	9.95	2.37	0.89
10X10	44.26	17.34	7.51	2.38	0.92
MEDIA	64.25	22.9	12.08	2.57	1.17
DMS	2.61	1.14	0.51	0.029	0.022

[†]DMS= diferencia minima significativa al 5% de probabilidad, RFV= rendimiento de forraje verde, PE= peso de elote, MS= materia seca, AP= altura de planta y AM= altura de mazorca.

Cuadro A2. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor (h') para la característica rendimiento de forraje verde (RFV)

cruzas	F1	Pi	Pj	Pm	h	h'
1X2	65.8	70.5	68.9	69.7	-5.6	-6.7
1X3	58.6	70.5	60.3	65.4	-10	-17
1X4	66.4	70.5	59.8	65.1	1.9	-5.9
1X5	63.6	70.5	67.6	69	-7.9	-9.8
1X6	79.2	70.5	78.4	74.4	6.43	1.05
1X7	77.1	70.5	90.1	80.3	-3.9	-14
1X8	66.7	70.5	61.8	66.1	0.8	-5.4
1X9	62.2	70.5	44.7	57.6	7.96	-12
1X10	65.5	70.5	44.3	57.4	14.1	-7.1
2X3	69.9	68.9	60.3	64.6	8.3	1.58
2X4	61.8	68.9	59.8	64.3	-3.9	-10
2X5	62.3	68.9	67.6	68.2	-8.6	-9.5
2X6	74.7	68.9	78.4	73.6	1.49	8.53
2X7	60.1	68.9	90.1	79.5	-24	-33
2X8	60.2	68.9	61.8	65.3	-7.9	-13
2X9	60.7	68.9	44.7	56.8	6.94	-12
2X10	70.4	68.9	44.3	56.6	24.5	2.27
3X4	57.6	60.3	59.8	60	-4	-4.4
3X5	65.2	60.3	67.6	63.9	2.04	-3.4
3X6	75.2	60.3	78.4	69.4	8.47	-4
3X7	66.6	60.3	90.1	75.2	-11	-26
3X8	65.8	60.3	61.8	61.1	7.7	6.39
3X9	54	60.3	44.7	52.5	2.9	-10
3X10	70.9	60.3	44.3	52.3	35.6	17.5
4X5	47.2	59.8	67.6	63.7	-26	-30
4X6	59.4	59.8	78.4	69.1	-14	-24
4X7	58.9	59.8	90.1	74.9	-21	-35
4X8	57.2	59.8	61.8	60.8	-6	-7.5
4X9	50.7	59.8	44.7	52.2	-2.9	-15
4X10	64.8	59.8	44.3	52	24.5	8.38
5X6	66	67.6	78.4	73	-9.6	-16
5X7	61.2	67.6	90.1	78.8	-22	-32
5X8	64	67.6	61.8	64.7	-1	-5.2
5X9	55.1	67.6	44.7	56.1	-1.8	-18
5X10	67.2	67.6	44.3	55.9	20.2	-0.6
6X7	74.5	78.4	90.1	84.3	-12	-17
6X8	74	78.4	61.8	70.1	5.56	-5.6
6X9	60.3	78.4	44.7	61.5	-2	-23
6X10	72	78.4	44.3	61.3	17.3	-8.2
7X8	64.7	90.1	61.8	76	-15	-28
7X9	60.7	90.1	44.7	67.4	-9.9	-33
7X10	73.5	90.1	44.3	67.2	9.42	-18
8X9	53.5	61.8	44.7	53.2	0.47	-13
8X10	65.7	61.8	44.3	53	23.8	6.23
9X10	54.7	44.7	44.3	44.5	23.1	22.5

F₁ = media de la craza, Pm = promedio de progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

Cuadro A4. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor (h') para la característica peso de elote (PE)

cruzas	F1	Pi	Pj	Pm	h	h'
1X2	23.3	24.3	23.3	23.8	-2.1	-4.2
1X3	19.3	24.3	20.8	22.6	-15	-21
1X4	23.4	24.3	19.9	22.1	5.94	-3.7
1X5	21.3	24.3	24	24.2	-12	-12
1X6	26.4	24.3	27.9	26.1	1.09	-5.4
1X7	27.7	24.3	32	28.2	-1.7	-14
1X8	23.1	24.3	22.9	23.6	-2.1	-5.1
1X9	21.8	24.3	18.2	21.3	2.45	-11
1X10	23.2	24.3	17.9	21.1	9.77	-4.6
2X3	26.1	23.3	20.8	22.1	18.1	11.7
2X4	20.4	23.3	19.9	21.6	-5.9	-13
2X5	26.6	23.3	24	23.7	12.3	10.8
2X6	25.1	23.3	27.9	25.6	-2	-10
2X7	19.9	23.3	32	27.7	-28	-38
2X8	22.9	23.3	22.9	23.1	-1	-1.9
2X9	21.3	23.3	18.2	20.8	2.82	-8.5
2X10	27.7	23.3	17.9	20.6	34.4	18.9
3X4	22.4	20.8	19.9	20.4	10.2	7.84
3X5	24	20.8	24	22.4	7.1	0
3X6	26	20.8	27.9	24.4	6.53	-7.1
3X7	24	20.8	32	26.4	-9	-25
3X8	24.7	20.8	22.9	21.8	13.3	8.18
3X9	20.5	20.8	18.2	19.5	5	-1.6
3X10	26.4	20.8	17.9	19.4	36.3	27
4X5	15.8	19.9	24	22	-28	-34
4X6	19.8	19.9	27.9	23.9	-17	-29
4X7	20.1	19.9	32	26	-23	-37
4X8	22.3	19.9	22.9	21.4	4.28	-2.5
4X9	16.8	19.9	18.2	19.1	-12	-16
4X10	22.1	19.9	17.9	18.9	16.8	10.9
5X6	22.8	24	27.9	26	-12	-18
5X7	22.6	24	32	28	-19	-30
5X8	24.1	24	22.9	23.4	2.88	0.5
5X9	18.9	24	18.2	21.1	-10	-21
5X10	22.4	24	17.9	21	7.01	-6.5
6X7	28.2	28	32	30	-6.1	-12
6X8	27.7	28	22.9	25.4	8.99	-0.9
6X9	18.8	28	18.2	23.1	-18	-33
6X10	25	28	17.9	23	8.76	-11
7X8	23	32	22.9	27.5	-16	-28
7X9	21.3	32	18.2	25.1	-15	-33
7X10	27.7	32	17.9	25	11	-13
8X9	18.2	22.9	18.2	20.5	-11	-21
8X10	25.2	22.9	17.9	20.4	23.4	10.1
9X10	19.1	18.7	17.9	18.3	4.39	2.24

F₁ = media de la craza, Pm = promedio de progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

Cuadro A5. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor (h') para la característica altura de planta (AP)

cruzas	F1	Pi	Pj	Pm	h	h'
1X2	2.56	2.74	2.56	2.65	-3.40	-6.57
1X3	2.48	2.74	2.62	2.68	-7.46	-9.49
1X4	2.61	2.74	2.60	2.67	-2.25	-4.74
1X5	2.71	2.74	2.61	2.68	1.31	-1.09
1X6	2.72	2.74	2.81	2.78	-1.98	-3.20
1X7	2.66	2.74	2.74	2.74	-2.92	-2.92
1X8	2.64	2.74	2.67	2.71	-2.40	-3.65
1X9	2.46	2.74	2.13	2.44	1.03	-10.22
1X10	2.57	2.74	2.38	2.56	0.39	-6.20
2X3	2.57	2.56	2.62	2.59	-0.77	-1.91
2X4	2.53	2.56	2.60	2.58	-1.94	-2.69
2X5	2.51	2.56	2.61	2.59	-2.90	-3.83
2X6	2.63	2.56	2.81	2.69	-2.05	-6.41
2X7	2.58	2.56	2.74	2.65	-2.64	-5.84
2X8	2.62	2.56	2.67	2.62	0.19	-1.87
2X9	2.27	2.56	2.13	2.35	-3.20	-11.33
2X10	2.53	2.56	2.38	2.47	2.43	-1.17
3X4	2.51	2.62	2.60	2.61	-3.83	-4.20
3X5	2.69	2.62	2.61	2.62	2.87	2.67
3X6	2.76	2.62	2.81	2.72	1.66	-1.78
3X7	2.60	2.62	2.74	2.68	-2.99	-5.11
3X8	2.68	2.62	2.67	2.65	1.32	0.37
3X9	2.40	2.62	2.13	2.38	1.05	-8.40
3X10	2.56	2.62	2.38	2.50	2.40	-2.29
4X5	2.32	2.60	2.61	2.61	-10.94	-11.11
4X6	2.53	2.60	2.81	2.71	-6.47	-9.96
4X7	2.56	2.60	2.74	2.67	-4.12	-6.57
4X8	2.60	2.60	2.67	2.64	-1.33	-2.62
4X9	2.33	2.60	2.13	2.37	-1.48	-10.38
4X10	2.51	2.60	2.38	2.49	0.80	-3.46
5X6	2.53	2.61	2.81	2.71	-6.64	-9.96
5X7	2.59	2.61	2.74	2.68	-3.18	-5.47
5X8	2.65	2.61	2.67	2.64	0.38	-0.75
5X9	2.47	2.61	2.13	2.37	4.22	-5.36
5X10	2.60	2.61	2.38	2.50	4.21	-0.38
6X7	2.71	2.81	2.74	2.78	-2.34	-3.56
6X8	2.74	2.81	2.67	2.74	0.00	-2.49
6X9	2.60	2.81	2.13	2.47	5.26	-7.47
6X10	2.68	2.81	2.38	2.60	3.28	-4.63
7X8	2.60	2.74	2.67	2.71	-3.88	-5.11
7X9	2.54	2.74	2.13	2.44	4.31	-7.30
7X10	2.50	2.74	2.38	2.56	-2.34	-8.76
8X9	2.49	2.67	2.13	2.40	3.75	-6.74
8X10	2.63	2.67	2.38	2.53	4.16	-1.50
9X10	2.37	2.13	2.38	2.26	5.10	-0.42

F₁ = media de la craza, Pm = promedio de progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.

Cuadro A6. Por ciento de heterosis en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor (h') para la característica altura de mazorca (AM)

cruzas	F1	Pi	Pj	Pm	h	h'
1X2	1.19	1.25	1.25	1.25	-4.80	-4.80
1X3	1.10	1.25	1.23	1.24	-11.29	-12.20
1X4	1.20	1.25	1.27	1.26	-4.76	-5.51
1X5	1.28	1.25	1.23	1.24	3.23	2.44
1X6	1.27	1.25	1.25	1.25	1.60	1.60
1X7	1.28	1.25	1.34	1.30	-1.16	-4.48
1X8	1.24	1.25	1.27	1.26	-1.59	-2.36
1X9	1.04	1.25	0.75	1.00	4.00	-16.80
1X10	1.12	1.25	0.92	1.09	3.23	-10.40
2X3	1.16	1.25	1.23	1.24	-6.45	-7.20
2X4	1.20	1.25	1.27	1.26	-4.76	-5.51
2X5	1.19	1.25	1.23	1.24	-4.03	-4.80
2X6	1.20	1.25	1.25	1.25	-4.00	-4.00
2X7	1.30	1.25	1.34	1.30	0.39	-2.99
2X8	1.29	1.25	1.27	1.26	2.38	1.57
2X9	1.01	1.25	0.75	1.00	1.00	-19.20
2X10	1.11	1.25	0.92	1.09	2.30	-11.20
3X4	1.16	1.23	1.27	1.25	-7.20	-8.66
3X5	1.19	1.23	1.23	1.23	-3.25	-3.25
3X6	1.27	1.23	1.25	1.24	2.42	1.60
3X7	1.19	1.23	1.34	1.29	-7.39	-11.19
3X8	1.20	1.23	1.27	1.25	-4.00	-5.51
3X9	1.01	1.23	0.75	0.99	2.02	-17.89
3X10	1.09	1.23	0.92	1.08	1.40	-11.38
4X5	1.10	1.27	1.23	1.25	-12.00	-10.57
4X6	1.20	1.27	1.25	1.26	-4.76	-4.00
4X7	1.19	1.27	1.34	1.31	-8.81	-11.19
4X8	1.24	1.27	1.27	1.27	-2.36	-2.36
4X9	1.05	1.27	0.75	1.01	3.96	-17.32
4X10	1.14	1.27	0.92	1.10	4.11	-10.24
5X6	1.17	1.23	1.25	1.24	-5.65	-6.40
5X7	1.16	1.23	1.34	1.29	-9.73	-13.43
5X8	1.26	1.23	1.27	1.25	0.80	-0.79
5X9	1.01	1.23	0.75	0.99	2.02	-17.89
5X10	1.12	1.23	0.92	1.08	4.19	-8.94
6X7	1.23	1.25	1.34	1.30	-5.02	-8.21
6X8	1.23	1.25	1.27	1.26	-2.38	-3.15
6X9	1.11	1.25	0.75	1.00	11.00	-11.20
6X10	1.20	1.25	0.92	1.09	10.60	-4.00
7X8	1.26	1.34	1.27	1.31	-3.45	-5.97
7X9	1.13	1.34	0.75	1.05	8.13	-15.67
7X10	1.13	1.34	0.92	1.13	0.00	-15.67
8X9	1.02	1.27	0.75	1.01	0.99	-19.69
8X10	1.19	1.27	0.92	1.10	8.68	-6.30
9X10	0.89	0.75	0.92	0.84	6.59	-3.26

F₁ = media de la cruz, P_m = promedio de progenitores, h = heterosis en base al promedio de los progenitores y h' = heterosis en base al mejor progenitor.