

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**CARACTERIZACIÓN DE 21 CRUZAS VARIETALES DE
MAÍZ (*Zea mays* L.) CON PROPÓSITO FORRAJERO EN
LA COMARCA LAGUNERA**

POR

TOMÁS ADRIÁN JIMÉNEZ LEMUS

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH., MÉXICO

DICIEMBRE 2004

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. **TOMÁS ADRIÁN JIMÉNEZ LEMUS** 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 GUTIRREZ DEL RIO

Asesor:


MC. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:


PhD. ARTURO PALOMO GIL

Asesor:


MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**


MC. JOSE JAIME LOZANO GARCIA



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas.

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. TOMÁS ADRIÁN JIMÉNEZ LEMUS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

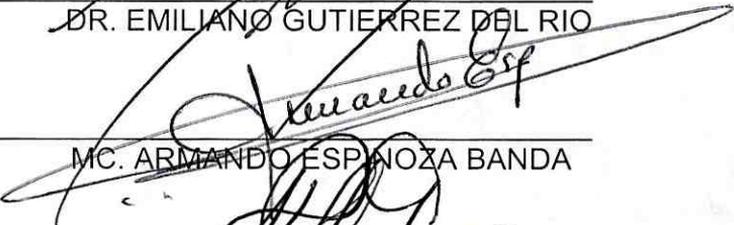
INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Presidente:


DR. EMILIANO GUTIERREZ DEL RIO

Vocal:


MC. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal:


PhD. ARTURO PALOMO GIL

Vocal suplente:


MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS


MC. JOSE JAIME LOZANO GARCIA

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas



TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2004

DEDICATORIA

A Dios mi Padre Celestial por darme esta oportunidad de vivir, por acompañarme siempre en aquellos momentos tan difíciles que pase en la vida para obtener lo que soy, gracias por este gran regalo Señor.

*El Señor es mi pastor: nada me falta;
en verdes pastos él me hace reposar.*

*A las aguas de descanso me conduce,
y conforta mi alma.*

*Por el camino del bueno me dirige,
por amor de su nombre.*

*Aunque pase por quebradas oscuras
no temo ningún mal
porque tu estas conmigo
con tu vara y tu bastón,
y al verlas voy sin miedo*

salmo 23

A mis padres:

Thelma Leticia Lemus López
Francisco Tomas Jiménez Lorenzo

Por todo el esfuerzo que dedicaron por darme una buena educación, así como la preocupación en mi superación para ser un hombre de bien, por todo el apoyo y amor que me brindaron en toda la carrera, siempre los tomare en cuenta en mi corazón.

A mis hermanos:

María Cristina Jiménez Lemus
Arnoldo Jiménez Lemus
Adela Elizabeth Jiménez Lemus
Esperanza Jiménez Lemus
Carmen Guadalupe Jiménez Lemus

Que siempre me animaron para continuar estudiando yo sé que extrañaron mucho por la distancia y por tomarme en cuenta como un gran hermano.

A mis abuelos Tomás Francisco y María que siempre se preocuparon por mi salud, por sus consejos y apoyo y por tenerme presente en sus oraciones.

A mis abuelos Arnoldo y Adela que están tan lejos pero sé que siempre me dieron su apoyo y me tomaron en cuenta en sus oraciones.

A mis bisabuelos (q.e.p.d.), porque se ponían tristes por mi alejamiento, siempre se preocuparon por mi salud, gracias y que Dios los tenga en su gloria.

A mis tíos por sus consejos y apoyo condicional y apoyo para continuar estudiando.

A mi sobrina Thelma por ser una bendición de Dios y la dicha de ser tío que me impulso a concluir este trabajo.

A todos mis maestros del Departamento de Fitomejoramiento por sus enseñanzas y conocimientos y ser de ellos un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

A mi "Alma Mater" por recibirme con los brazos abiertos, por inculcarme a una buena educación y ser lo que soy, siempre te llevaré en mi corazón y seguiré siendo un "BUITRE" donde quiera que valla.

Al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río por brindarme esta oportunidad de realizar este trabajo de investigación, así como su buena orientación y revisión, también por su apoyo humanista y consejos para ser un hombre de bien.

Al MC. Armando Espinoza Banda por su valiosa colaboración en la revisión de este trabajo, por ser un buen amigo y maestro, así como su dedicación y tiempo en la orientación y asesoría en toda la carrera.

Al PhD. Arturo Palomo Gil por su orientación y revisión exacta de este trabajo, así como su asesoría y consejos en toda la carrera.

A la MC. Oralia Antuna Grijalva por su tiempo, dedicación y orientación en la revisión de este trabajo, por su amistad condicional y por ser una gran persona.

Al PhD. Salvador Godoy Avila por valiosa orientación y asesoría para la conclusión de este trabajo, así como sus enseñanzas y consejos por ser mejor cada día y por prepararme a enfrentarme con los retos que se me atravesasen en el camino.

Al MC. José Jaime Lozano García por su comprensión y enseñanza, por un excelente maestro y mejor amigo, así como el apoyo ofrecido en la carrera.

Al MC. Raúl Wong Romero a impulsarme a ser una persona de bien y preparada, también por su amabilidad y paciencia, así como sus consejos tan humanistas.

A la C. Rosalva Tejada Correa por su valioso tiempo y comprensión durante toda la carrera así como sus consejos y apoyo condicional.

A la C. Ma. Oralia Sánchez por su amable amistad, su apoyo y cariño que fueron muy valiosos.

A Daniel Toala por ofrecerme su amistad condicional como por apoyarme siempre en ocasiones difíciles.

A mis compañeros de generación, Daniel Toalá, Pedro, Juan Isidro, Efren, Donaciano, Fernando, Jesús, Anabel, Leonardo y Carmen, por ser de ellos como unos hermanos, aunque a veces hubo conflictos pero fueron pasajeras, por soportarnos tanto tiempo, les voy a extrañar mucho a todos.

A Martha Celia Muñoz Duran por enseñarme a valorarme y ser una persona sencilla, pasiva y comprensiva, así como aquellos momentos que me soporto donde me la pase de maravilla, gracias por esa linda sonrisa que tienes.

A Diana Elizabeth Arellano Ramos por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas por su gran amistad y su apoyo condicional, te recordare siempre y a tu familia también..

A Fátima Perales Sonora por su gran apoyo y amistad, también su familia por tratarme y recibirme como parte de su familia gracias.

A todos mis amigos Ana Lilia, Jaime Graciano, Mónica, Roger, Amador, Lupita Trujillo, Lupita Juárez, Mary Borroel, Nichillo, Cinthia, Beto, Esteban, Pillo, Chihuas y mis hermanos brigadistas gracias por estar siempre conmigo.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivo específico.....	3
2.3. Hipótesis.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Maíz como cultivo forrajero.....	4
3.2. Líneas puras.....	5
3.3. Hibridación y cruzamiento.....	6
3.4. Diseños dialélicos.....	8
3.5. Heterosis.....	9
3.6. Aptitud combinatoria.....	12
3.7. Heredabilidad.....	13
3.8. Interacción genotipo ambiente.....	15
4. MATERIALES Y METODOS.....	17
4.1. Localización geográfica del sitio experimental.....	17
4.2. Material genético.....	18
4.3. Formación de la serie dialélica.....	18
4.4. Diseño y parcela experimental.....	19
4.5. Manejo agronómico.....	19
4.5.1. Fecha de siembra.....	20
4.5.2. Aclareo.....	20
4.5.3. Fertilización.....	20
4.5.4. Riegos.....	20
4.5.5. Control de plagas.....	21
4.5.6. Control de malezas.....	21
4.5.7. Cosecha.....	21
4.6. Variables agronómicas evaluadas.....	22
4.6.1. Días a floración masculina y femenina (FM, FF).....	22
4.6.2. Rendimiento de forraje verde (RFV).....	22
4.6.3. Peso de elote (RE).....	23
4.6.4. Materia seca (MS).....	23
4.7. Análisis estadístico.....	24
4.8. Análisis genético.....	25
4.9. Aptitud combinatoria.....	25
4.10. Heterosis.....	26
4.11. Componente de varianza.....	27
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
5.1. Análisis de varianza.....	29
5.3. Análisis genético.....	32

5.4. Aptitud combinatoria ACG y ACE.....	33
5.5. Heterosis.....	35
5.6. Componente de varianza.....	37
5.7. Correlaciones.....	39
6. CONCLUSIONES.....	41
7. RESUMEN.....	43
8. LITERATURA CITADA.....	45
9. APÉNDICE.....	51

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Pagina
4.1. Descripción del material genético utilizado como progenitores.....	18
4.2. Esquema de las combinaciones posibles de cruzamientos dialélicos entre los siete progenitores Providencia 2004.....	19
4.3. Calendario de riegos.....	21
5.1. Cuadros medios del análisis de varianza de las cinco características evaluadas en la UAAAN-UL 2004.....	29
5.2. Diferencia mínima significativa (DMS) de los promedios de cinco características agronómicas evaluadas en 21 cruzas y siete progenitores de maíz en la UAAAN-UL 2004.....	31
5.3. Cuadros medios de cinco características evaluadas para el dialélico de Griffing (1956), del modelo II UAAAN-UL 2004.....	32
5.4. Efecto de aptitud combinatoria general de cinco variables de los progenitores evaluadas en la UAAAN-UL.....	33
5.5. Efecto de aptitud combinatoria específica de las cinco variables de las 21 cruzas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.....	35
5.6. Por ciento de heterosis de las 21 cruzas de cinco variables agronómicas en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor superior (h') evaluadas en la UAAAN-UL 2004.....	37
5.7. Componentes de varianza de las cinco variables agronómicas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.....	39
5.8. Correlaciones fenotípicas de las cinco variables agronómicas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.....	40
9.1. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable floración masculina(FM).....	52
9.2. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable floración femenina (FF).....	53
9.3. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable rendimiento de forraje verde (RFV).....	54

9.4. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable rendimiento de elote (PE).....	55
9.5. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable materia seca (MS).....	56

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en México tiene una importancia de tipo ancestral y social, ya que es un cultivo de origen mexicano, y por ende el 80 por ciento de sus pobladores basan su dieta alimenticia en este cereal, de tal manera que los agricultores siembran el maíz con el propósito de asegurar el complemento alimenticio de su familia. Además en los últimos años se ha incrementado el uso del maíz como alimento del ganado, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda. En la Comarca Lagunera se siembran aproximadamente 60,000 hectáreas de maíz para grano y forraje, sin embargo existe una apatía entre los agricultores para la aplicación de alta tecnología en el cultivo del maíz, debido a su baja rentabilidad ya que es considerado como un cultivo de subsistencia alimenticia.

El maíz es producido en la mayoría de los países del mundo y es el tercer cereal más cultivado después del trigo y el arroz. A través de los años su uso se ha extendido por casi todo el mundo y ha adquirido una importancia fundamental en la economía agrícola de países de los cinco continentes, a raíz de la obtención de nuevos híbridos y de la selección de variedades de máximo rendimiento; y de apertura de amplias zonas de terrenos, que hasta entonces habían permanecido al margen de la explotación agrícola. Cerca del 66 por ciento de la cosecha global de maíz se usa para la alimentación de ganado, el

dos por ciento es consumido directamente por humanos, ocho por ciento es usado en procesos industriales de alimentos y productos no alimenticios y seis por ciento se usa como semilla y desecho entre las naciones en vías de desarrollo.

En la actualidad, parte del mejoramiento genético se enfoca hacia la generación de materiales mejorados de maíz de amplia adaptabilidad por lo que los híbridos varietales juegan un papel muy importante. El mejoramiento del maíz como en todas las especies cultivadas, es un proceso continuo por lo que surgen nuevos métodos y técnicas para la formación de variedades e híbridos para uso comercial.

El conocimiento de la acción génica que controla los caracteres de interés económico es básico para lograr avances en un programa de mejoramiento genético. Uno de los métodos propuestos para conocer y evaluar la acción génica de los caracteres cuantitativos es el de cruzamientos dialélicos que permiten identificar las combinaciones superiores, seleccionar los mejores progenitores que proporciona la más alta heterosis y diseñar los métodos de mejoramiento más eficaces.

En el presente trabajo de investigación del maíz se evaluaron 21 cruzas con sus respectivos progenitores, con el fin de conocer sus comportamientos genéticos, a través de la aptitud combinatoria, esto con el propósito de encontrar los híbridos con una mayor propuesta heterótica.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

- Caracterización agronómica y genética de 21 cruzas varietales de maíz con propósito forrajero.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar cruzas varietales de maíz y seleccionar las de mejor rendimiento de forraje verde y características de calidad forrajera para consumo del ganado.
- Estimar los efectos heteróticos con respecto a sus progenitores.
- Calcular los componentes genéticos usando la aptitud combinatoria de los progenitores.

2.3. Hipótesis

- H_{01} . Los híbridos varietales de maíz presentan igual comportamiento y características de calidad forrajera.
- H_{02} . Los híbridos varietales de maíz presentan efectos iguales de heterosis y de una manera similar sus componentes de varianza.

3. EVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El maíz como cultivo forrajero

Investigaciones realizadas en la Comarca Lagunera, indican que el maíz es recomendable económicamente cuando se usan variedades o híbridos que rinden en promedio de 6 t ha⁻¹ de grano y más de 45 t ha⁻¹ de forraje verde, con un manejo óptimo, alta densidad y fertilización equilibrada, aunado a un eficiente control de plagas y maleza (FIRA, 1993; Reta *et al.*, 1999).

Debido a la alta disponibilidad de radiación solar en la Región Lagunera durante el periodo libre de heladas, la productividad del maíz es alta. Resultados de investigación indican que es posible obtener un potencial de hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de forraje seco (30 por ciento de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50 por ciento. (Reta *et al.*, 2001).

Coors *et al.* (1994), menciona que el valor nutricional del maíz es usado para forraje que tiene una función proteica y su potencial de digestibilidad es intacta, varía con el contenido del grano y composición del olote.

Ramírez (1997), menciona que la utilización de forraje en maíz, tiene dos variantes: la primera es el ensilado en verde, la cual se ha venido utilizando con mayor frecuencia debido a la comercialización de híbridos y variedades de maíz en la zona. En cuanto a la segunda variante, este se utiliza como forraje molido, en donde se muele toda la planta una vez que adquiere toda su madurez fisiológica.

Williams (1976), define forrajes como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo, como representante de este grupo se puede mencionar el ensilado, henificado, pastos y rastrojo.

3.2. Líneas puras

Chávez (1995), menciona que una línea autofecundada es aquella que es pura, originada generalmente 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 tienen 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 poblaciones previamente seleccionadas sobre la base de su amplia variabilidad genética.

3.3. Hibridación y cruzamientos

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

La obtención de líneas autofecundadas se obtiene por autopolinización controlada, la determinación de estas líneas autofecundadas pueden cambiarse en cruces positivas y para la producción de semillas.

López y Chávez (1995), presentan la siguiente clasificación de híbridos:

Simple. Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F_1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

Triple. 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 la línea como un 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.

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 las cruces simples, por lo que presentan mayor viabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más 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 cualquiera 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 genotécnico.

Reyes (1985), en sus escritos define como un híbrido animal o vegetal a aquel que es procreado por dos individuos de distinta especie o género, 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 genéticamente diferentes, y el estudio de la progenie, asociando la endogamia o consanguinidad durante el proceso.

3.4. Diseños dialélicos

Griffing (1956), conceptualiza las cruzas dialélicas como el procedimiento en el cual un grupo p líneas o progenitores se cruzan entre sí tantas veces como sea posible para generar así un máximo de p^2 cruzamientos, los cuales pueden ser representados en un matriz $P \times P$ elementos, con respecto a lo anterior el autor presento cuatro métodos para el análisis de cruzas dialélicas: a) incluye padres, F_1 directas y F_1 recíprocas, b) incluye padres, y F_1 directas, c) incluye F_1 directas y F_1 recíprocas y d) incluye solamente las F_1 directas.

Alvarado (1987), menciona que existen muchos métodos para analizar datos provenientes de un grupo de padres y sus $p(p-1)/2$ cruzas simples. Sin embargo el análisis propuesto por Gardner y Eberhart (1956) provee la máxima información debido a que el modelo asume frecuencia de genes arbitrarios en todos los *loci*, son posible a un grupo fijo de padres ya sean estas líneas endogámicas o variedades de polinización libre en equilibrio, otra característica que hace que el modelo sea de mucha utilidad es el hecho que las variedades y las cruzas pueden ser predichas y cuando los efectos específicos y los

aspectos heteróticos son de poca importancia, los valores predichos para las cruza tienen errores estándar menores que los errores correspondientes a los medios de los valores observados, además los estímulos de los aspectos genéticos son definidos en función de frecuencia de genes.

Martínez (1983), menciona que existen fundamentalmente dos clases de experimentos de cruza dialélicas: los experimentos dialélicos completos y los experimentos dialélicos parciales. Los primeros fueron introducidos formalmente por Griffing (1956), que tiene las limitaciones de tamaño de dichos experimentos y sus desventajas en cuanto a las diferencias en la precisión de las estimaciones han conducido a los investigadores al empleo de experimentos parciales.

Hayman (1954), analizó la teoría y análisis de cruza dialélicas y sugiere que el material con el cual se trabaje cumpla una serie de supuestos genéticos, que deben cumplirse para poder hacer inferencias validadas en un análisis de cruza dialélicas y que puedan generalizarse para otros estudios genéticos.

3.5. Heterosis

Brauer (1981), menciona que la manifestación de la heterosis se ha comprobado prácticamente en todas las especies alogamas cultivados aunque con algunas se ha trabajado más que con otras de acuerdo a su importancia económica, y no solo se presenta en algunas especies sino también en muy

distintas partes de la planta, como en la producción de grano en el maíz, en la producción de forraje.

Crees (1956), define que el vigor híbrido generalmente se determina para caracteres como tamaño o rendimiento, pero esto son solo productos finales de los procesos metabólicos, cuyos patrones están en los genes. Estos procesos pueden verse acelerados, inhibidos o modificados por efecto de los factores ambientales.

Jugenheimer (1985), menciona que la heterosis es el cruzamiento de dos variedades que produce un híbrido que en crecimiento, tamaño y rendimiento es superior, o bien, la heterosis es un crecimiento en vigor con relación al mejor progenitor de la generación F_1 . El vigor, rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes. Los efectos de estos genes pueden diferir ampliamente. La acción génica puede ser aditiva o, no aditiva el grado de dominancia, la epítasis y las interacciones genético-ambientales se suman a la complejidad del fenómeno heterosis.

Pohelman (1987), en sus escritos menciona que los procedimientos para utilizar el vigor híbrido en el mejoramiento genético del maíz, se han presentado de gran interés científico y práctica. Al vigor híbrido es el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto a sus progenitores.

Gómez y Valdivia (1988), señalan que para obtener mejor respuesta heterótica es conveniente combinar germoplasma provenientes de diferentes áreas de adaptación para dar oportunidad de explotar al máximo la heterosis.

Reyes (1985), comenta que la heterosis es el fenómeno en virtud del cual la cruce (F_1) entre dos razas, dos variedades, dos líneas, etc., produce un híbrido que es superior en: tamaño, rendimiento o vigor general.

Heterosis es un fenómeno de herencia cuantitativa que se conoce desde hace más de 250 años y aun no ha sido claramente explicado, aunque diversas teorías han tratado de buscar la solución sobre la base de los conocimientos mendelianos y de la aplicación de la genética estadística.

La heterosis es mayor en la F_1 y los individuos presentan una uniformidad similar a los P_1 cuando estos son homocigotes no relacionado, es decir, genéticamente diferentes. Lo anterior indica que todos los individuos de la F_1 tienen el mismo genotipo y la variación que se manifiesta será ambiental. En la generación F_2 la manifestación del vigor disminuye y la variación es alta, lo cual sugiere una segregación, tanto para los genes que determinan caracteres cuantitativos como para aquellos que determinan caracteres cualitativos.

3.6. Aptitud combinatoria

Márquez (1988), señala que generalmente el termino de aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad es medida por medio de su progenie, sin embargo la aptitud combinatoria debe de determinarse no en un solo individuo de la población si no en varios, a fin de poder realizar una selección de aquellos que exhiban la más alta.

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

La aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño individual de una línea pura en una combinación híbrida específica.

Sprague y Tatum (1942), en su escrito proponen las técnicas para que se evalúen actualmente las cruzas dialélicas teniendo su origen en el desarrollo de los conceptos de aptitud combinatoria general y específica. El término de

aptitud combinatoria general (ACG) lo emplearon para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas a través de sus cruzamientos con un conjunto de líneas diferentes a su vez, y el término aptitud combinatoria específica (ACE) como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen mejor (o peor) de lo que podía esperarse sobre la base del comportamiento promedio de las líneas involucradas, en resumen, la ACE es el rendimiento relativo de cada cruce específica

3.7. Heredabilidad

Reyes (1985), cita que la porción heredable del total de variación fenotípica se llama “heredabilidad” la cual se puede evaluar considerando el genotipo en donde se consideran los diferentes tipos de acción génica (que incluye aditividad, dominancia, sobre dominancia y epítasis) o considerando únicamente la acción aditiva.

Heredabilidad es el termino que se ha usado para indicar el grado en que el fenotipo refleja al genotipo para un carácter particular en una población de plantas; pero lo más importante es la porción de la variación fenotípica observada de planta que es reflejada en la descendencia.

La heredabilidad en el sentido más amplio (genotípica, porque incluye los diferentes tipos de acción génica) se define como la relación entre la varianza genotípica y la varianza observada en una población de plantas.

$$\text{Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza} - \text{genotípica}}{\text{Varianza} - \text{fenotípica}}$$

La heredabilidad en el sentido más estrecho (genética) es la relación de la varianza genética aditiva, expresada en porcentaje, y la variación fenotípica observada.

El conocimiento de la heredabilidad de un carácter permite predecir el grado de progreso que se espera al seleccionar progenitores en una población mendeliana. La heredabilidad de los caracteres cualitativos es usualmente alta porque son relativamente poco afectados por el medio, de tal manera que es posible predecir el comportamiento de un fenotipo en la siguiente generación. Para la mayoría de los caracteres cuantitativos el valor de la heredabilidad es muy bajo.

Chávez (1995), menciona que la heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación a generación, es decir, que esta se puede considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente

La heredabilidad se utiliza para estimar los parámetros genéticos y las correlaciones fenotípicas además para identificar genotipos con altos rendimientos (Silva,1999). Los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar como una parte de la variación observada en un carácter, corresponde a factores genéticos y que parte a factores ambientales (Valdez, 1998).

Allard (1980), define a la heredabilidad como la proporción de la variabilidad observada debida a los efectos aditivos de los genes.

Dudley y Moll (1969), definen a la heredabilidad como el cociente de la varianza genética entre la varianza fenotípica. La varianza fenotípica es la varianza total entre los fenotipos cuando se cultivan en un ambiente de interés y la varianza genética es la parte de la varianza fenotípica que se atribuye a los diferentes genotipos entre los fenotipos.

Brauer (1981), indica que los estudios de heredabilidad son de utilidad para evaluar que parte de variación total observada en un carácter corresponde a factores genéticos ya que parte a factores ambientales.

Oyervides (1979), en su escrito define en el sentido estricto, que la heredabilidad es la proporción de la variación total debido a efectos aditivos.

3.8. Interacción genotipo-ambiente

Livera (1992), menciona que los efectos genéticos ambientales y de su interacción, es importante estudiar los factores ambientales en las respuestas de las plantas.

Considerando que el crecimiento, desarrollo y producción de una planta depende de procesos fisiológicos y estos a su vez dependen de interacciones

complejas entre el estado de la planta, y de la naturaleza de los mecanismos o procesos fisiológicos y físicos, solo a través del mejoramiento y del entendimiento de las repuestas fenológicas y fisiológicas de los cultivos al ambiente físico, y de las interacciones genotipo-ambiente, se podrá contribuir a mejorar la eficiencia del proceso productivo de las plantas y de su mejoramiento genético.

Cruz (1989), define a este componente como interacción genotipo-ambiente al comportamiento diferencial de un grupo de genotipo en diversos ambientales (explicando por ambiente al clima, edáfico y tecnológico que actúa sobre el genotipo).

El método más utilizado para el análisis de interacción de genotipo-ambiente fue proporcionado por Yates y Cochran (Cruz en 1992), cuando al analizar series de experimentos para evaluar variedades en varios lugares y años, incluyeron un análisis de regresión del rendimiento de cada variedad sobre el rendimiento promedio de cada localidad.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevo acabo en el ciclo primavera-verano de 2004, en la pequeña propiedad de Providencia, municipio de Torreón, Coahuila, como parte del mejoramiento genético de maíz que realizan la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna.

4.1. Localización geográfica del sitio experimental

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los 24° 30' y 27° de latitud norte y entre los 102° y 40' de longitud oeste, a una altura de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas sus estaciones, además de que cuenta con temperaturas semi cálidas con inviernos benignos.

En la Comarca Lagunera el 92.1 por ciento de la superficie municipal es de clima seco semi-cálido y el 7.9 por ciento es de seco templado. La temperatura media anual es de 22.6 °C . La precipitación total de Torreón es de 215.5 mm (INEGI, 2003).

4.2. Material genético

El material genético que se utilizó en el experimento se originó de las cruces simples de siete híbridos comerciales de los cuales se presenta su genealogía (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Descripción del material genético utilizado como progenitores.

No. de padres	Genealogía comercial	Origen	Condición de cruce
P11	P-3025W	PIONEER	CRUZA SIMPLE
P14	A-7597	ASGROW	CRUZA TRIPLE
P15	AN-L3	NARRO-UL	LINEA
P16	7820	NK	CRUZA TRIPLE
P17	N9616	NOVASEM	CRUZA TRIPLE
P18	D-875	DEKALB	CRUZA SIMPLE
P19	AN-L4	NARRO-UL	LINEA

4.3. Formación de la serie dialélica

En el ciclo primavera-verano de 2004, se seleccionaron siete progenitores (Cuadro 4.1), con los cuales se realizaron las cruces posibles $n(n-1)/2$ considerando solamente las cruces directas, de donde se generaron 21 cruces diferentes entre los siete progenitores dando un total de 28 genotipos respectivamente (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Esquema de las combinaciones posibles de cruzamientos dialélicos entre los siete progenitores Providencia 2004

P*	11	14	15	16	17	18	19
11	11x11*	11x14	11x15	11x16	11x17	11x18	11x19
14		14x14*	14x15	14x16	14x17	14x18	14x19
15			15x15*	15x16	15x17	15x18	15x19
16				16x16*	16x17	16x18	16x19
17					17x17*	17x18	17x19
18						18x18*	18x19
19							19x19*

* = progenitores

4.4. Diseño y parcela experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones y 28 tratamientos, cada tratamiento se ubicó en una parcela de dos surcos de cinco metros de longitud y 76 cm entre surco y surco, con una distancia entre planta de 20 cm, dando una densidad de 65,500 plantas por hectárea. La parcela útil consistió en un metro lineal que representa 0.76 m².

4.5. Manejo agronómico

La preparación del terreno se llevó a cabo en el mes de febrero de 2004, consistió en un barbecho, dos rastreos en forma de cruz, bordeado y posteriormente los surcos sencillos para la siembra.

4.5.1. Fecha de siembra

La siembra se llevó a cabo el 31 de marzo de 2004 en tierra venida. Se realizó en forma manual depositando dos semillas por golpe, a una distancia de 20 centímetros entre planta y planta y 76 centímetros entre suco y surco.

4.5.2. Aclareo

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

4.5.3. 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 Monoamonico) (11-52-00).

4.5.4. 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 4.3.

Cuadro 4.3. Calendario de riegos.

Riegos	Aplicación (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.

4.5.5. 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⁻¹) y Folimat 1000 a una dosis de (0.5 L ha⁻¹).

4.5.6. Control de maleza

Para el control de maleza se aplicó un herbicida de preemergencia (Primagran) con una dosis de 3 litros por hectárea y a los 25 días después de la siembra se aplicó Sansón con una dosis de 3 L ha⁻¹.

4.5.7. Cosecha

La cosecha se realizó el día ocho al 10 de julio de 2004, cuando la mazorca se encontraba en estado lechoso masoso.

4.6. Variables agronómicas evaluadas

4.6.1. Días a floración masculina (FM) y femenina (FM)

Estas variables se determinaron con el total de días transcurridos, desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas estaban en periodo de antésis.

4.6.2. Rendimiento de forraje verde (RFV)

Esta variable se determinó como el peso de un metro lineal de cada parcela, cuantificándose el numero de plantas. El peso de cada parcela en Kg, los cuales se transformaron a $t\ ha^{-1}$. El RFV se determino con la siguiente formula.

$$RFV = \frac{RFV \times 10000 m^2}{0.76 m^2}$$

donde: RFVC = rendimiento de forraje verde cosechado, $10000\ m^2 =$ equivalente a una hectárea, $0.75m^2 =$ equivalente a parcela útil.

4.6.3. Peso de elote (PE)

Esta variable se determinó cortando los elotes de las plantas ya pesadas del metro lineal. El peso se tomo en kilogramos, el cual fue transformado a t ha⁻¹.

1. El PE se determinó con la siguiente formula:

$$PE = \frac{PEC \times 1000 m^2}{0.76 m^2}$$

donde: PEC = peso de elote cosechado, 10,000 m² = equivalente a una hectárea, 0.75 m² = equivalente a parcela útil.

4.6.4. Materia seca (MS)

Se estimo en una muestra de tres plantas completas las cuales fueron trituradas y puestas en bolsas de papel, pesando 400g de muestra. Las muestras se llevaron a una estufa de aire forzado (felisa) con una duración de 48 hrs., a una temperatura de 65 grados centígrados. Después de sacarlas de la estufa se pesó la MS obtenida, estimando su porcentaje y se expresó en t ha⁻¹.

$$MS = \frac{FS \times 100\%}{400g}$$

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

Posteriormente se determinó el rendimiento de materia seca con la siguiente fórmula y se expresó en $t\ ha^{-1}$.

$$RMS = \frac{\%MSXRfV / HA}{100\%}$$

donde: %MS = % de materia seca, RFV = rendimiento de forraje verde expresado en toneladas por hectárea, 100% = peso total del forraje seco expresado en porcentaje.

4.7. Análisis estadístico

Para la siembra en campo se utilizó el diseño de bloques al azar con dos repeticiones, usando para el análisis el modelo estadístico el siguiente modelo lineal.

$$Y = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon$$
$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$$

donde: μ = media general, τ_i y β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones, ε = error experimental para cada observación ().

4.8. Análisis genético

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis propuesto por Griffing (1956), utilizando el modelo II que incluye padres y cruzas. El número total de cruzas posibles se estimó usando la fórmula $p(p-1)/2$. Se utilizó el siguiente modelo lineal.

$$Y_k = \mu + g_i + g_j + s + e_k$$

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

donde: μ = media poblacional, Y_k = el valor fenotípico observado de la cruce 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 = efecto de la aptitud combinatoria especificada de la cruce (i, j) , e_k = efecto ambiental aleatorio correspondiente a la observación (i, j, k) .

4.9. Aptitud combinatoria

Las aptitudes combinatorias se estimaron con las siguientes fórmulas:

a) Ecuación de ACG

$$acg = \frac{1}{n+2} \left[\sum (y_i + y_{ii})^2 - \frac{1}{2} y \dots 2 \right]$$

b) Ecuación de ACE

$$ace = Y_{ij} - \frac{1}{n+2} (Y_{i.} + Y_{.i} + Y_{.j} + Y_{j.}) + \frac{2}{(n+1)(n+2)} Y_{\dots}$$

donde se deduce que el valor de $ACG = 1/2\sigma_A^2$ y el valor de $ACE = \sigma_D^2$, correspondiente a la varianza aditiva σ_A^2 y varianza de dominancia σ_D^2 respectivamente y en ambas proporcionan el valor de la varianza genética ($\sigma^2 G = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$).

4.10. Heterosis

La heterosis se calcula en base al progenitor medio (h) y el progenitor superior (h') la fórmula se muestra a continuación:

$$h = \left(\frac{F_1 - P_m}{p_m} \right) 100$$

$$h' = \left(\frac{F_1 - P_s}{P_s} \right) 100$$

donde: h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior, F_1 = primera generación de la cruce, P_m = progenitor medio = $P_i + P_j/2$, P_s = progenitor superior.

4.11. Componente de varianza.

A partir de los cuadrados medios del análisis de varianza se estimaron los componentes de varianza utilizando las siguientes formulas.

a) Varianza aditiva: es equivalente de dos veces la varianza de aptitud combinatoria general.

$$\sigma_{ACG}^2 = 1/2\sigma_A^2$$

$$\sigma_A^2 = 2 \sigma_{ACG}^2$$

donde: σ_A^2 = varianza aditiva, σ_{ACG}^2 = varianza de aptitud combinatoria general.

b) Varianza de dominancia: es el equivalente de la varianza de aptitud combinatoria especifica.

$$\sigma_{ACE}^2 = \sigma_D^2$$

donde: σ_{ACE}^2 = varianza de aptitud combinatoria especifica, σ_D^2 = varianza de dominancia.

c) Varianza genética.

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2$$

d) Varianza del error.

$$\sigma_e^2 = (CME)$$

e) Varianza fenotípica.

$$\sigma_P^2 = \frac{\sigma_e^2}{r} + \sigma_G^2$$

Heredabilidad en sentido estricto (h^2)

$$h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_P^2 \times 100$$

Heredabilidad en sentido amplio.

$$h^2 = \sigma_G^2 / \sigma_P^2 \times 100$$

Grado de dominancia (d).

$$d = \sqrt{\frac{2\sigma^2 D}{\sigma^2 A}}$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza

Los cuadrados medios para las características, floración masculina (FM) Floración Femenina (FF) Rendimiento de Forraje Verde (RFV) Rendimiento de Elote (RE) y Materia Seca (MS) se presenta en el Cuadro 5.1. Se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.01$) entre tratamientos para todas las variables.

En lo que respecta a los coeficientes de variación de las cinco variables agronómicas evaluadas, estos se encuentran dentro del rango aceptable para experimentos agrícolas los datos merecen confianza tal como lo menciona Reyes (1985).

Cuadro 5.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de las cinco características evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

FV	GL	FM	FF	RFV	RE	MS
Rep	1	2.16ns	2.16ns	12.10ns	17.63*	2.86ns
Trat	27	5.99**	4.76**	158.17**	25.96**	10.66**
Error	27	1.72	1.01	8.63	3.89	3.16
Total	55					
cv (%)		1.8	1.36	3.28	6.18	9.3

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca.

En el Cuadro 5.2 se presentan las medias de los 28 genotipos evaluados, se puede observar que en floración masculina (FM), los progenitores 14 y 18 con 76 días, resultaron las más tardías con respecto al resto y significativamente iguala 17 genotipos mas; las cruzas 16x17 y 15x16 con 70 y 69 días fueron las más precoces. En floración femenina (FF) las que resultaron con mas días a floración son: el progenitor 14 y 18. con 77 y 76 respectivamente. En rendimiento de forraje verde (RFV) la crusa 18x19 y el progenitor 16 fueron los de mayor rendimiento con 105 y 102 t ha⁻¹ y las cruzas 17x18 y 15x16 con 72 y 68 t ha⁻¹ obtuvieron menor rendimiento. En cuanto a rendimiento de elote (RE) el progenitor 16 y la crusa 14x17 fueron los más sobresalientes con 38.2 y 36.8 t ha⁻¹, en cambio las cruzas 17x18 y 17x19 tuvieron el rendimiento mas bajo con 25.3 y 25 t ha⁻¹. En por ciento de materia seca (MS) obtuvieron mayor rendimiento la crusa 16x17 y el progenitor 16 con 24.1 y 22.8 t ha⁻¹, mientras que los que obtuvieron rendimiento más bajos fueron las cruzas 15x16 y 15x19 con 14.8 y 13.6 t ha⁻¹.

Los genotipos que superaron la media (73 t ha⁻¹) de la variable FM fueron nueve. En la variable FF 12 genotipos superaron a la media (74 t ha⁻¹). Para RFV 13 genotipos superaron a la media (90 t ha⁻¹). En RE fueron 14 genotipos que superaron la media (31.9 t ha⁻¹). En cuanto a la variable MS 14 genotipos superaron a la media (19.1 t ha⁻¹).

Cuadro 5.2. Diferencia mínima significativa (DMS) de los promedios de cinco características agronómicas evaluadas en 21 cruza y siete progenitores de maíz en la UAAAN-UL 2004.

Trat*	FM	Trat*	FF	Trat*	RFV	Trat*	RE	Trat*	MS
P14	76	P18	77	18X19	105	P16	38.2	16X17	24.1
P18	76	11X18	76	P16	102	14X17	36.8	P16	22.8
14X18	75	P14	76	11X18	99	18X19	36.2	16X19	22.1
11X18	75	14X18	76	15X17	99	14X19	35.9	14X16	21.4
14X15	75	P11	76	16X18	99	11X18	35.9	14X19	21.3
P15	75	14X15	76	14X19	98	16X17	35.5	11X18	21.1
P11	75	14X17	75	P18	98	P14	35.5	P15	20.1
18X19	74	15X17	75	P14	97	15X17	35.2	15X17	20.8
14X17	74	P15	75	14X17	96	15X18	34.5	P17	20.1
16X18	73	16X18	75	16X17	95	14X15	33.9	P14	19.9
17X18	73	14X19	75	15X18	93	16X18	33.6	16X18	19.6
15X17	73	18X19	75	P15	93	11X15	33.2	P19	19.3
14X19	73	17X19	74	16X19	92	P19	32.6	11X19	19.2
17X19	73	11X19	74	P19	90	P15	32.2	15X18	19.1
11X15	73	P19	74	14X15	90	14X18	31.6	11X14	18.9
P19	73	P17	74	P17	89	16X19	31.3	11X16	18.8
14X16	73	14X16	74	14X18	88	11X16	30.9	14X15	18.8
P16	73	11X16	74	11X16	86	11X14	30.6	11X15	18.7
11X16	73	P16	74	11X15	85	14X16	30.3	14X18	18.5
11X19	72	17X18	74	11X14	85	P17	29.9	P18	18.4
P17	72	11X15	73	14X16	83	15X19	29.7	11X17	17.1
11X17	72	15X18	73	15X19	83	P11	29.6	14X17	17.8
15X18	72	11X17	73	17X19	82	P18	29.1	17X19	17.6
16X19	72	15X19	73	P11	82	11X17	28.6	18X19	17.5
11X14	71	16X19	72	11X19	82	11X19	26.7	P11	16.9
15X19	71	11X14	72	11X17	80	15X16	26.6	17X18	15.8
16X17	70	16X17	71	17X18	72	17X18	25.3	15X16	14.8
15X16	69	15X16	70	15X16	68	17X19	25	15X19	13.6
Media	73	Media	74	Media	90	Media	31.9	Media	19.1
DMS	2.68	DMS	2.06	DMS	6.03	DMS	4.05	DMS	3.65

* = tratamientos, FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca, DMS = diferencia mínima significativa al 5%.

5.3. Análisis Genético

El procedimiento estadístico para analizar la Aptitud Combinatoria de los 28 materiales (genotipos) de cinco variables fue desarrollado de acuerdo a la metodología de Griffing (1956) utilizando el modelo II.

Los resultados del análisis genético muestran que las cruzas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.01$) para todas variables; también se encuentran diferencia estadística para la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE). No se encontró diferencia estadística en FM, FF, RFV y MS en repeticiones. Los coeficientes de variación de las cinco variables si son aceptables como lo señala Reyes, (1985).

Cuadro 5.3. Cuadros medios de cinco características evaluadas para el dialélico de Griffing (1956), del modelo II. UAAAN-UL 2004.

FV	GL	FM	FF	RFV	RE	MS
Rep	1	2.16ns	2.16ns	14.12ns	17.63*	2.87ns
Cruzas	27	5.59**	4.76**	157.47**	25.95**	10.67**
ACG	6	5.31*	3.71*	258.01**	46.70**	23.38**
ACE	21	5.68**	5.12**	128.75**	20.02**	7.04*
Error	27	1.72	1.01	8.9	3.89	3.16
Total	55					
cv (%)		1.8	1.36	3.32	6.18	9.29

* **: significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca.

5.4. Aptitud combinatoria

En el Cuadro 5.4 se presentan los valores de ACG de cada uno de los progenitores en cinco variables evaluadas. Se aprecia en general que los progenitores que presentan altos rendimientos también exhiben valores altos de ACG, y viceversa.

Los progenitores que muestran los mayores efectos de ACG positivos fueron 16, 17 y 19 en las variables FM y FF y los progenitores 15, 17 y 19 en las variables RFV, RE y MS; estos resultados sugieren que estos progenitores contienen mayor cantidad de variación genética de tipo aditivo para cada una de las características en estudio (Oyervides, 1979). Lo contrario se puede decir de los progenitores 11, 14, 15, 16 y 18 los cuales presentaron los valores negativo de ACG en todas las características.

Cuadro 5.4. Efecto de aptitud combinatoria general de cinco variables de los progenitores evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

Padre	FM		FF		RFV		RE		MS	
	Media	ACG	Media	ACG	Media	ACG	Media	ACG	Media	ACG
11	72.56	-0.2	73.56	-0.3	86.39	-2.86	31.29	-0.57	19.02	-0.09
14	72.63	-0.2	73.75	-0.1	87.46	-1.91	32.48	0.48	19.31	0.16
15	71.81	-0.9	73.06	-0.7	91.98	2.1	33.36	1.26	19.28	0.13
16	73.06	0.19	73.93	0.05	82.97	-5.9	28.92	-2.68	16.69	-2.16
17	73.68	0.75	74.43	0.5	95.35	5.09	34.2	2.01	20.96	1.62
18	72.75	-0.1	73.87	0	90.25	0.56	30.52	-1.25	18.83	-0.26
19	73.37	0.47	74.5	0.55	92.9	2.91	32.79	0.75	19.79	0.58

FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca, ACG = aptitud combinatoria general.

Cuadro 5.5. Efecto de aptitud combinatoria específica de las cinco variables de las 21 cruzas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

Cruza	FM		FF		RFV		RE		MS	
	Media	ACE	Media	ACE	Media	ACE	Media	ACE	Media	ACE
11X14	72.5	0.09	73	-0.48	85.54	0.7	33.22	1.37	18.53	-0.66
11X15	72.5	0.81	73.5	0.62	85.52	-3.32	30.92	-1.7	18.81	-0.35
11X16	71.5	-1.29	72.5	-1.15	79.93	-0.91	28.62	-0.06	17.97	1.09
11X17	75	1.65	76	1.9	99.34	7.49	35.85	2.47	21.08	0.41
11X18	72	-0.51	74	0.4	81.58	-5.73	26.64	-3.46	19.23	0.46
11X19	75	1.93	75.5	1.34	90.13	0.46	33.88	1.76	18.78	-0.84
14X15	73.5	1.76	75	1.95	95.72	5.92	36.84	3.15	17.76	-1.66
14X16	75	2.15	75.5	1.68	87.83	6.03	31.58	1.83	18.45	1.32
14X17	73	-0.4	74.5	0.23	97.7	4.89	35.85	1.41	21.32	0.4
14X18	69	-3.56	70	-3.76	68.42	-19.84	26.64	-4.52	14.8	-4.22
14X19	73	-0.12	75	0.68	99.34	8.71	35.19	2.01	20.77	0.89
15X16	71	-1.12	72.5	-0.7	82.56	-3.25	29.73	-0.78	13.58	-3.52
15X17	70	-2.68	71	-2.65	94.73	-2.08	35.52	0.3	24.05	3.15
15X18	73	1.15	74.5	1.34	99.01	6.72	33.55	1.59	19.63	0.63
15X19	71.5	-0.9	72	-1.7	92.1	-2.53	31.25	-2.7	22.12	2.26
16X17	72.5	-1.29	74	-0.43	81.91	-6.9	25	-6.27	17.63	-0.96
16X18	74	1.04	74.5	0.56	104.93	20.65	36.18	8.18	17.45	0.74
16X19	74.5	0.98	75.5	1.01	81.91	-4.72	29.6	-0.4	16.86	-0.69
17X18	74.5	0.98	74.5	0.12	92.76	-2.51	32.23	-0.46	20.95	0.45
17X19	72.5	-1.56	73.5	-1.43	101.64	4	38.15	3.44	22.83	1.48
18X19	75.5	2.26	76.5	2.06	97.69	4.59	29.1	-2.33	18.41	-1.04

FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca, MEDIA = media de las dos repeticiones.

5.5. Heterosis

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que existe una considerable diversidad genética entre el grupo de progenitores, coincidiendo esto con Oyervides (1979) quien señala que la cantidad de heterosis exhibida en cruzas intervarietales depende de la aptitud rendidora y de la diversidad genética de las variedades usadas como progenitores.

A partir del análisis de las medias de las 21 cruzas simples posibles de los siete progenitores, se calculó el grado de heterosis en base al progenitor medio (h) y el progenitor superior (h'). En el Cuadro 9.1 al 9.5 del apéndice se presentan los cálculos correspondientes. Un resumen de dichos cálculos aparecen en el Cuadro 5.6.

El 66 por ciento de las cruzas excedió al promedio de progenitores y el 48 por ciento al progenitor superior.

Los porcentajes máximos de heterosis fueron 19.5 y 21.1, con respecto al promedio de progenitores (h) y al progenitor superior (h') respectivamente.

Las cruzas que exhibieron porcentaje alto de heterosis en base al promedio de progenitores fueron 11x18 y 18x19 en RFV; 11x18 y 16x17 en MS. En base al progenitor superior las cruzas con porcentajes altos de heterosis fueron 11x18 y 18x19 en RE y en MS la craza 11x18.

Cuadro 5.6. Por ciento de heterosis de las 21 cruzas de cinco variables agronómicas en base al promedio de los progenitores (h) y al progenitor superior (h') evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

Cruza	FM		FF		RFV		RE		MS	
	h	h'								
11X14	-5.65	-6.58	-4.95	-5.26	-5.69	-13.2	-0.61	-13.9	2.69	-5.17
11X15	-2.68	-2.68	-2.67	-3.31	-3.2	-8.86	0.74	3.04	-1.96	-11.5
11X16	-1.36	-2.68	-1.34	-2.65	-6.81	-15.9	-0.88	-19	-5.19	-17.6
11X17	-2.39	-4.03	-2.68	-3.97	-6.36	-10	-0.39	-4.38	-2.76	-10.6
11X18	0	-0.66	0	-0.65	10.6	1.68	2.21	21.1	19.5	14.5
11X19	-2.04	-3.36	-1	-1.99	-5.2	-9.56	-1.43	-18.2	6.45	-0.21
14X15	-0.33	-1.32	0.33	-0.66	-5.19	-7.43	0	-4.64	-8.05	-10.3
14X16	-2.36	-4.61	-1.67	-3.29	-17	-18.8	-1.78	-20.7	0.16	-6.22
14X17	-0.68	-3.29	0.33	-1.32	2.82	-1.69	1.26	3.69	-11.2	-11.6
14X18	-0.99	-1.32	-0.98	-1.31	-9.95	-10.1	-0.23	-11.1	-3.73	-7.38
14X19	-1.68	-3.95	-0.67	-1.97	4.17	0.34	0.53	0.93	8.78	7.03
15X16	-6.12	-7.38	-5.41	-6.04	-29.6	-32.7	-2.43	-30.2	-32.3	-35.1
15X17	-0.34	-2.01	1.35	0.67	9.42	7.09	1.32	9.18	1.22	-0.86
15X18	-4.67	-5.3	-3.31	-4.58	-2.25	-4.72	1.26	7.13	-2.74	-8.64
15X19	-3.4	-4.7	-2.36	-2.68	-9.75	-11	-0.82	-8.69	-32.5	-35.2
16X17	-3.11	-3.45	-3.4	-3.4	-0.52	-6.8	0.44	-6.89	12.2	5.43
16X18	-1.35	-3.31	-0.67	-2.61	-0.66	-2.59	-0.03	-12.1	-4.8	-14
16X19	-1.38	-1.38	-2.37	-2.7	-3.98	-9.39	-1.16	-18.1	5.06	-3.11
17X18	-1.02	-3.31	-2	-3.92	-22.4	-25.9	-1.42	-15.4	-17.8	-21.3
17X19	0.35	0	0.34	0	-8.49	-9.19	-2	-23.2	-10.4	-12.2
18X19	0	-1.99	-1	-2.61	11.7	7.41	1.73	11.1	-7.35	-9.44

FM = floración femenina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.

5.6. Componente de varianza

El Cuadro 5.7 presenta los componentes de varianza estimados de las cinco variables agronómicas evaluadas. Se observa que el tipo de acción génica que predominó en las líneas progenitoras y su progenie híbrida fue la no aditiva en todas las variables.

Para el cálculo de heredabilidad y dominancia los valores negativos de varianzas en las variables agronómicas se tomaron como cero, como lo señala Márquez (1988) quien señala que el componente de varianza con signo negativo, para efecto de estimación matemática tiene un valor cero.

Para cada una de los caracteres evaluados se realizaron estimaciones de heredabilidad en dos sentidos amplio (H^2) y estricto (h^2), donde se encontró un porcentaje de heredabilidad alta en sentido amplio para todas las variables evaluadas, obteniendo el mayor porcentaje la variable RFV con 89.30 por ciento. Con respecto a la heredabilidad en sentido estricto no presentaron heredabilidad las variables FM y FF porque el valor fue cero por ciento, en cuanto a la que obtuvo mayor porcentaje fue la variable MS con 26.26 por ciento.

Con respecto a dominancia las características RFV, RE y MS presentaron valores de 2.88, 2.33 y 1.46 por ciento respectivamente los cuales son considerados como sobre dominancia de acuerdo con Falconer (1985).

Cuadro 5.7. Componentes de varianza de las cinco variables agronómicas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

Variable	σ_A^2	σ_D^2	σ_G^2	σ_e	σ_P^2	H ² (%)	h ² (%)	d ²
FM	0	1.979	1.979	1.716	2.837	53.55	0	0
FF	0	2.053	2.053	1.012	2.559	66.98	0	0
RFV	14.36	59.93	74.29	8.9	78.74	89.30	17.26	2.88
RE	2.96	8.068	11.03	3.39	12.72	76.47	20.52	2.33
MS	1.82	1.94	3.75	3.16	5.33	54.28	26.26	1.46

σ_A^2 = varianza aditiva, σ_D^2 = varianza de dominancia, σ_G^2 = varianza genética, σ_e = varianza del error, σ_P^2 = varianza fenotípica, H² = heredabilidad en sentido estricto, h² = heredabilidad en sentido amplio, d² = grado de dominancia, FM = floración masculina, FF = floración femenina, RFV = rendimiento de forraje verde, RE = rendimiento de elote, MS = materia seca.

5.7. Correlaciones.

El Cuadro 5.8 presenta el análisis de correlación de cinco variables agronómicas. Donde se encontró correlación fenotípica entre FM con RFV y FF. Para la variable FF presenta correlación fenotípica con RFV. En cuanto a RFV se encontró correlación fenotípica con MS y RE. Para RE se correlaciona con la variable MS. Para las demás variables la correlación no fue significativo..

Cuadro 5.8. Correlaciones fenotípicas de cinco variables agronómicas evaluadas en la UAAAN-UL 2004.

Variables	MS	RE	RFV	FF
FM	0.0745ns	0.2829ns	0.4619*	0.9497**
FF	0.0665ns	0.2761ns	0.4999**	
RFV	0.5836**	0.8388**		
RE	0.5452**			

*, ** = significativo al 0.05 y al 0.01 de probabilidad, ns = no significativo, MS = materia seca, RE = rendimiento de elote, RFV = rendimiento de forraje verde, FF = floración femenina, FM = floración masculina.

6. CONCLUSIONES

En los análisis de varianza los cuadrados medios de todas las variables evaluadas mostraron diferencia estadística ($P \leq 0.01$) en tratamientos en todas las variables.

Para la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) sobresalieron las cruzas 18x19 y 16x17 de las variables RFV y MS superando a los progenitores como testigo, contrario a las demás variables los progenitores fueron mas sobresalientes.

Los progenitores que mostraron el mayor efecto de ACG en base a sus cruzamientos para la mayoría de las variables fueron el progenitor 17 y 19, contrario con el progenitor 11 presento un abaja combinación con los otros progenitores.

Presentaron heterosis máximos con 19.5 y 21.1 la cruz 11x18 con respecto al promedio de progenitores (h) y al progenitor superior (h') de la variable RE.

Predominaron la varianza de dominancia, varianza genética, varianza de error, varianza fenotípica y heredabilidad en sentido amplio para todas las

variables agronómicas. Solamente las variables FM y FF no mostraron varianza aditiva, heredabilidad en sentido estricto y grado de dominancia.

Se observó correlación positiva y significativa en las variables FM con RFV y FF, la variable FF con RFV, RFV con MS y RE, y la variable RE con MS.

7. RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el comportamiento agronómico de 21 cruzas de maíz y sus progenitores. Los objetivos fueron en la caracterización agronómica y genética de cruzas con propósito forrajero para el consumo de ganado, guiándose con el programa de mejoramiento genético de maíz de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. La evaluación se llevo a cabo en el ciclo primavera-verano de 2004 en la localidad de Providencia municipio de Torreón, Coahuila, utilizando el diseño experimental bloques completamente al azar con dos repeticiones.

Los datos que se tomaron en el campo fueron para las siguientes variables: floración masculina (FM), floración femenina (FF), rendimiento de forraje verde (RFV), rendimiento de elote (RE) y materia seca (MS).

Se encontró diferencia estadística para todos los genotipos y para los efectos de ACG y ACE. Las cruzas que mostraron mejor respuesta en DMS fueron la 18x19 y 16x17. Para la ACG los progenitores 17 y 19 y las cruzas 11x17, 14x16, 15x18 y 16x18 presentaron buenos efectos de ACG yA CE para todas las variables evaluadas. La cruza 15x17 supero al progenitor superior y a la media de progenitores en todas las variables. Con respecto a dominancia predominaron las características RFV, RE y MS que presentaron valores de

2.88, 2.33 y 1.46 por ciento y para heredabilidad en sentido amplio la variable RFV obtuvo el mayor porcentaje. Para correlación fenotípica correlacionan la variable FM con RFV y FF, para la variable FF correlaciona con RFV, y la variable RFV con MS y RE y finalmente RE correlaciona con la variable MS.

8. LITERATURA CITADA

Allard R. W. 1980. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuarta edición Ediciones Omega S.A. Barcelona España. p 498.

Alvarado L. 1987. Efectos genéticos y heterosis en cultivares tropicales de maíz In: Memorias de la 33ª reunión anual. PCCMCA. Guatemala. pp. 80-99.

Bernardo R. 1992. Crop Sci.32: 933-937.

Brauer H. O. 1981. Fitogenetica aplicada. Primera impresión. Editorial LIMUSA. México. p 518.

Chávez A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas II. Editorial trillas. México. P 143.

- Chávez A. J. L. y López E. 1995. Mejoramiento de planta I. Editorial Trillas. México. P. 167.
- Coors J. G., P. R. Carter and R. B. Hunter. 1994. Silage corn. P. 305-340. in A.R. Hallaver (ed) specialty corn. CRC press, Boca Raton, FL.
- Crees C. E. 1956. Heterosis of the hybrid to genefrecuency differences between two populations. Genetics. 53: 269-274.
- Cruz M. R. 1989. Un ejemplo de la prueba exacta de los parámetros de estabilidad de Heberhart y Russell. Fitotecnia mexicana. 12: 147 155.
- Cruz M. R. 1992. Generalización de los modelos párale análisis de interacción genotipo-ambiente. Fitotécnia mexicana. 15: 149-158.
- Dudley J. W. and R. H. Moll. 1969. Interpretation and Use of Estimates of Habitability and Genetic Variances in Plant Breeding. Crop Science 9:257-262.

Falconer D. S. 1985. Introduccion a la genética cuantitativa. Sexta impresión.

Editorial continental. México D. F. P 430.

Gallegos R., D. Escobedo, J. Quevedo y A. Gallegos. 1998. Aptitud combinatoria en líneas de maíz adaptadas a la Comarca Lagunera. In: Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitogenetica, Acapulco, Gro, México. P 219.

Gardner C. O. and S. A. Eberhart. 1986. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. Biometrics. 22: 440-452.

Gómez N. y R. Valdivia B. 1988. Dialetico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. Fitotecnia mexicana. 11: 103-120.

Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci.9: 463-493.

- Jungenheimer W. R. 1985. Maíz. Variedades mejoradas, método de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA. México. P. 841.
- Livera M. M. 1992. Micrometeorología aplicada al fitomejoramiento: su enseñanza en el C. P. XIV. Congreso nacional de fitogenética. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. P 50.
- Márquez S. F. 1988. Genotecnía vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563.
- Martínez G. A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruas dialélicas. Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. P 252.
- Merchen N. R. and L. D. Borquin. 1994. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. P 564-612. in G. c. Fahey Jr. *et al.* (ed) Forage quality, evaluation, and utilization. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Oyervides G. M. 1979. Estimación de parámetros genéticos, heterosis e índice de selección de variedades tropicales de maíz. tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. P 118.

Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.

Ramírez R. G., Quintanilla González J. B., Aranda J. 1997. White-tailer deer food habits in northeastern México. *Smoll Rumin. Res.* 25: 142-148.

Reta S. D. G., Carrillo A. J. S., Gaytan M. A. y Cueto W. J. 2001. Sistemas de productividad para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP. P 21.

Reyes Castañeda Pedro. 1985. Diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. P 125.

Silva S. R. 1999. Heredabilidad y correlaciones fenotípicas en líneas avanzadas de trigo. XVII Congreso Nacional SOMEFI. Sociedad Mexicana de Fitogenética 2002. P 246.

Sprague G. F. and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34: 953-932.

Torrecillas G. M., L. M. Bertoia. 1998. Evaluación de poblaciones nativas de maíz mediante mestizos: determinación de la aptitud forrajera. In: Memorias de IXVIII Congreso Nacional de Fitogenetica, Acapulco, Guerrero, México. P250.

9. APENDICE

Cuadro 9.1. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable floración masculina (FM).

Cruza	F₁	P_i	P_j	P_i+P_j/2	P_s	h	h'
11X14	71	74.5	76	75.25	76	-5.65	-6.58
11X15	72.5	74.5	74.5	74.5	74.5	-2.68	-2.68
11X16	72.5	74.5	72.5	73.5	74.5	-1.36	-2.68
11X17	71.5	74.5	72	73.25	74.5	-2.39	-4.03
11X18	75	74.5	75.5	75	75.5	0.00	-0.66
11X19	72	74.5	72.5	73.5	74.5	-2.04	-3.36
14X15	75	76	74.5	75.25	76	-0.33	-1.32
14X16	72.5	76	72.5	74.25	76	-2.36	-4.61
14X17	73.5	76	72	74	76	-0.68	-3.29
14X18	75	76	75.5	75.75	76	-0.99	-1.32
14X19	73	76	72.5	74.25	76	-1.68	-3.95
15X16	69	74.5	72.5	73.5	74.5	-6.12	-7.38
15X17	73	74.5	72	73.25	74.5	-0.34	-2.01
15X18	71.5	74.5	75.5	75	75.5	-4.67	-5.30
15X19	71	74.5	72.5	73.5	74.5	-3.40	-4.70
16X17	70	72.5	72	72.25	72.5	-3.11	-3.45
16X18	73	72.5	75.5	74	75.5	-1.35	-3.31
16X19	71.5	72.5	72.5	72.5	72.5	-1.38	-1.38
17X18	73	72	75.5	73.75	75.5	-1.02	-3.31
17X19	72.5	72	72.5	72.25	72.5	0.35	0.00
18X19	74	75.5	72.5	74	75.5	0.00	-1.99

F₁ = Media de la cruce, P_i+P_j/2 = Promedio de progenitores, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.

Cuadro 9.2. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable floración femenina (FF) .

Cruza	F₁	P_i	P_j	P_i+P_j/2	Ps	h	h'
11X14	72	75.5	76	75.75	76	-4.95	-5.26
11X15	73	75.5	74.5	75.00	75.5	-2.67	-3.31
11X16	73.5	75.5	73.5	74.50	75.5	-1.34	-2.65
11X17	72.5	75.5	73.5	74.50	75.5	-2.68	-3.97
11X18	76	75.5	76.5	76.00	76.5	0.00	-0.65
11X19	74	75.5	74	74.75	75.5	-1.00	-1.99
14X15	75.5	76	74.5	75.25	76	0.33	-0.66
14X16	73.5	76	73.5	74.75	76	-1.67	-3.29
14X17	75	76	73.5	74.75	76	0.33	-1.32
14X18	75.5	76	76.5	76.25	76.5	-0.98	-1.31
14X19	74.5	76	74	75.00	76	-0.67	-1.97
15X16	70	74.5	73.5	74.00	74.5	-5.41	-6.04
15X17	75	74.5	73.5	74.00	74.5	1.35	0.67
15X18	73	74.5	76.5	75.50	76.5	-3.31	-4.58
15X19	72.5	74.5	74	74.25	74.5	-2.36	-2.68
16X17	71	73.5	73.5	73.50	73.5	-3.40	-3.40
16X18	74.5	73.5	76.5	75.00	76.5	-0.67	-2.61
16X19	72	73.5	74	73.75	74	-2.37	-2.70
17X18	73.5	73.5	76.5	75.00	76.5	-2.00	-3.92
17X19	74	73.5	74	73.75	74	0.34	0.00
18X19	74.5	76.5	74	75.25	76.5	-1.00	-2.61

F₁ = Media de la cruza, P_i+P_j/2 = Promedio de progenitores, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.

Cuadro 9.3. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable rendimiento de forraje verde (RFV).

Cruza	F ₁	P _i	P _j	P _i +P _j /2	P _s	h	h'
11X14	84.54	81.91	97.37	89.64	97.37	-5.69	-13.18
11X15	84.54	81.91	92.76	87.33	92.76	-3.20	-8.86
11X16	85.53	81.91	101.65	91.78	101.65	-6.81	-15.86
11X17	79.93	81.91	88.82	85.36	88.82	-6.36	-10.00
11X18	99.34	81.91	97.7	89.80	97.7	10.62	1.68
11X19	81.58	81.91	90.2	86.05	90.2	-5.20	-9.56
14X15	90.13	97.37	92.76	95.07	97.37	-5.19	-7.43
14X16	82.57	97.37	101.65	99.51	101.65	-17.03	-18.77
14X17	95.72	97.37	88.82	93.10	97.37	2.82	-1.69
14X18	87.83	97.37	97.7	97.54	97.7	-9.95	-10.10
14X19	97.70	97.37	90.2	93.79	97.37	4.17	0.34
15X16	68.42	92.76	101.65	97.21	101.65	-29.61	-32.69
15X17	99.34	92.76	88.82	90.79	92.76	9.42	7.09
15X18	93.09	92.76	97.7	95.23	97.7	-2.25	-4.72
15X19	82.57	92.76	90.2	91.48	92.76	-9.75	-10.99
16X17	94.74	101.65	88.82	95.23	101.65	-0.52	-6.80
16X18	99.01	101.65	97.7	99.67	101.65	-0.66	-2.59
16X19	92.11	101.65	90.2	95.92	101.65	-3.98	-9.39
17X18	72.37	88.82	97.7	93.26	97.7	-22.40	-25.93
17X19	81.91	88.82	90.2	89.51	90.2	-8.49	-9.19
18X19	104.94	97.70	90.2	93.95	97.7	11.69	7.41

F₁ = Media de la cruce, P_i+P_j/2 = Promedio de progenitores, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.

Cuadro 9.4. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable rendimiento de elote (PE)

Cruza	F₁	P_i	P_j	P_i+P_j/2	Ps	h	h'
11X14	30.59	29.61	35.53	32.57	35.53	-0.61	-13.90
11X15	33.22	29.61	32.24	30.93	32.24	0.74	3.04
11X16	30.92	29.61	38.16	33.89	38.16	-0.88	-18.97
11X17	28.62	29.61	29.93	29.77	29.93	-0.39	-4.38
11X18	35.86	29.61	29.11	29.36	29.61	2.21	21.11
11X19	26.65	29.61	32.57	31.09	32.57	-1.43	-18.18
14X15	33.88	35.53	32.24	33.89	35.53	0.00	-4.64
14X16	30.27	35.53	38.16	36.85	38.16	-1.78	-20.68
14X17	36.84	35.53	29.93	32.73	35.53	1.26	3.69
14X18	31.58	35.53	29.11	32.32	35.53	-0.23	-11.12
14X19	35.86	35.53	32.57	34.05	35.53	0.53	0.93
15X16	26.65	32.24	38.16	35.20	38.16	-2.43	-30.16
15X17	35.2	32.24	29.93	31.09	32.24	1.32	9.18
15X18	34.54	32.24	29.11	30.68	32.24	1.26	7.13
15X19	29.74	32.24	32.57	32.41	32.57	-0.82	-8.69
16X17	35.53	38.16	29.93	34.05	38.16	0.44	-6.89
16X18	33.55	38.16	29.11	33.64	38.16	-0.03	-12.08
16X19	31.25	38.16	32.57	35.37	38.16	-1.16	-18.11
17X18	25.33	29.93	29.11	29.52	29.93	-1.42	-15.37
17X19	25	29.93	32.57	31.25	32.57	-2.00	-23.24
18X19	36.18	29.11	32.57	30.84	32.57	1.73	11.08

F₁ = Media de la cruza, P_i+P_j/2 = Promedio de progenitores, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.

Cuadro 9.5. Por ciento de heterosis en base al progenitor medio (h) y al progenitor superior (h') para la variable materia seca (MS).

Cruza	F ₁	P _i	P _j	P _i +P _j /2	P _s	h	h'
11X14	18.89	16.87	19.92	18.40	19.92	2.69	-5.17
11X15	18.54	16.87	20.95	18.91	20.95	-1.96	-11.50
11X16	18.82	16.87	22.83	19.85	22.83	-5.19	-17.56
11X17	17.97	16.87	20.09	18.48	20.09	-2.76	-10.55
11X18	21.08	16.87	18.41	17.64	18.41	19.50	14.50
11X19	19.24	16.87	19.28	18.08	19.28	6.45	-0.21
14X15	18.79	19.92	20.95	20.44	20.95	-8.05	-10.31
14X16	21.41	19.92	22.83	21.38	22.83	0.16	-6.22
14X17	17.77	19.92	20.09	20.01	20.09	-11.17	-11.55
14X18	18.45	19.92	18.41	19.17	19.92	-3.73	-7.38
14X19	21.32	19.92	19.28	19.60	19.92	8.78	7.03
15X16	14.81	20.95	22.83	21.89	22.83	-32.34	-35.13
15X17	20.77	20.95	20.09	20.52	20.95	1.22	-0.86
15X18	19.14	20.95	18.41	19.68	20.95	-2.74	-8.64
15X19	13.58	20.95	19.28	20.12	20.95	-32.49	-35.18
16X17	24.07	22.83	20.09	21.46	22.83	12.16	5.43
16X18	19.63	22.83	18.41	20.62	22.83	-4.80	-14.02
16X19	22.12	22.83	19.28	21.06	22.83	5.06	-3.11
17X18	15.82	20.09	18.41	19.25	20.09	-17.82	-21.25
17X19	17.63	20.09	19.28	19.69	20.09	-10.44	-12.24
18X19	17.46	18.41	19.28	18.85	19.28	-7.35	-9.44

F₁ = Media de la cruza, P_i+P_j/2 = Promedio de progenitores, h = heterosis en base al progenitor medio, h' = heterosis en base al progenitor superior.