

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECÍFICA EN
LÍNEAS E HÍBRIDOS DE MAÍZ”**

POR:

BLANCA MEYDA ROBLERO PÉREZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2012

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

TORREÓN CO DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE LA C. **BLANCA MEYDA ROBLERO PÉREZ** ELABORADA BAJO
LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal



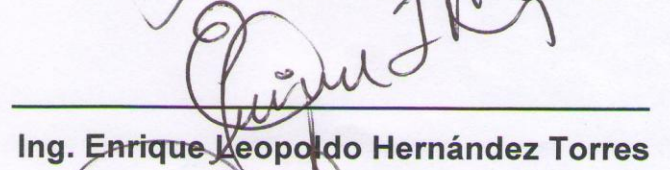
Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:



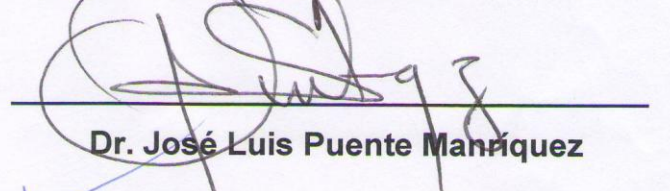
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Asesor:



Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres

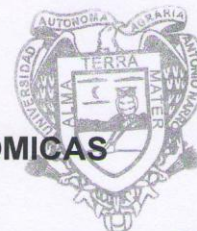
Asesor:



Dr. José Luis Puente Manríquez



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos**



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2012

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

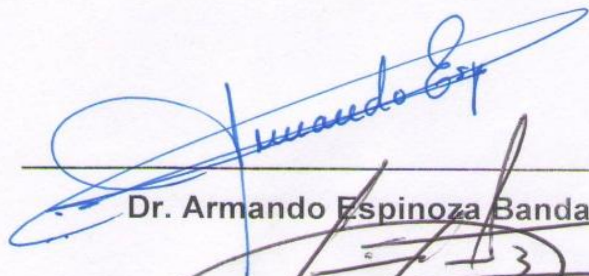
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE LA C. **BLANCA MEYDA ROBLERO PÉREZ** QUE SOMETE ALA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR Y APROBADA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

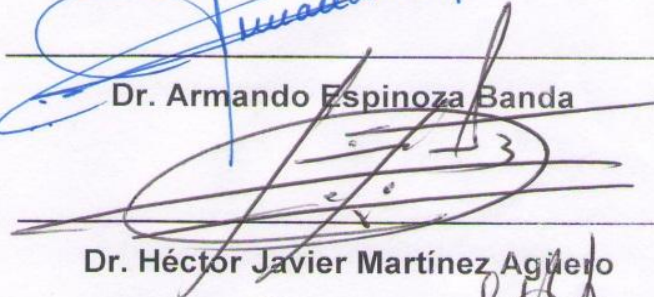
APROBADA POR:

Presidente



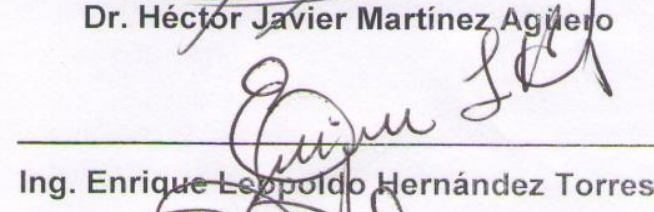
Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal:



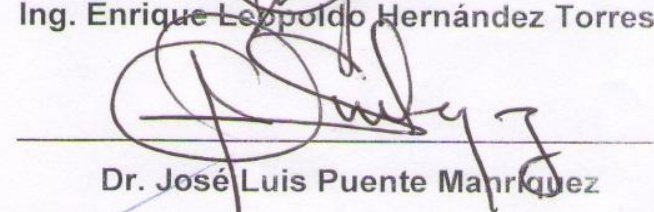
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Vocal:



Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres

Vocal:



Dr. José Luis Puente Manríquez



**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos**



**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**

TORREÓN, COAHILA, MÉXICO.

DICIEMBRE 2012

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la existencia, el amor, una maravillosa familia, por iluminar mi camino, colmar de bendiciones mi vida que con su fortaleza he logrado superar los tropiezos de la vida y a salir de ellos siempre, gracias por estar conmigo.

Con aprecio y respeto a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna**, mi “**Alma Terra Mater**” por haberme permitido cumplir uno de mis más grandes anhelos de terminar una carrera profesional, dándome conocimientos durante la estancia y la oportunidad de realizarme como profesionista y persona.

Con un gran respeto y admiración al Dr. Armando Espinoza Banda, le agradezco enormemente por brindarme su confianza, y apoyo en la realización de este trabajo. Por la disposición, paciencia, y sobre todo por compartir parte de sus conocimientos.

A **mis asesores** que formaron parte de este trabajo

Dr. Armando Espinoza Banda

Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres

Dr. José Luis Puente Manríquez

“Esforzaos y cobrad ánimo; no temáis, ni tengáis miedo de ellos, porque Jehová tu Dios es el que va contigo; no te dejará, ni te desamparará”

Deuteronomio 31:6.

DEDICATORIA

A Dios y a la virgencita

Por haberme dado la oportunidad de nacer dándome salud, amor y bienestar así como a mi familia, teniendo la dicha de poder salir adelante con mi mayor anhelo de terminar mi carrera profesional.

Sr. Rigoberto Roblero Roblero

Y

Sra. Floridalma Felipa Pérez Bartolón

Porque son el pilar de mi vida, por enseñarme a luchar y esforzarme siempre y porque gracias a su apoyo incondicional sigo adelante.

A MIS HERMANOS

Yulma que ha estado conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, al igual q en nuestras alegrías y sobre todo por el apoyo que me ha brindado cuando más lo necesitaba; y a todos mis hermanitos que aun con la distancia fueron mis motivos para concluir mi carrera, a **Elmer** por apoyarme en todo, a **Belsar** por el cariño incondicional, y a mis hermanitos más pequeños de la familia **Yuridia** y **Jimmy**, son la alegría de la casa y de mi vida siendo mis impulsos por lo que he podido salir adelante y porque son lo mejor que tengo en la vida, que Dios los bendiga siempre los quiero mucho.

A MI FAMILIA

Sabiendo que jamás encontraré la forma de agradecer su constante apoyo y confianza, sólo espero que comprendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes.

A MIS ABUELOS

A mi abuela Edelmira gracias por quererme mucho y a mis otros abuelos que aunque ya no están conmigo, les agradezco por darme a los mejores padreslos adoro mil gracias.

A MIS TÍAS Y TÍOS

Everilda, Armin por todos los consejos brindados, por ser un gran ejemplo y sobre todo por quererme tanto, tío Vicencio por el apoyo q nos brindó cuando no teníamos un hogar, y por animarme a seguir adelante, tío Abel, Bulmaro, Oracio y Ariel a todos ustedes mil gracias por el cariño, la confianza, comprensión y sobre todo por su gran ejemplo que me servirá para salir adelante y a los demás tíos gracias por quererme siempre.

MIS PRIMOS Y PRIMAS

Gracias por su gran amistad, espero que algún día los que aún están en camino puedan culminar sus estudios.

A MIS AMIGOS

En especial a Lucia, Karen, Ori, Elizabeth, Norma, Jorge y demás compañeros que me acompañaron de una u otra forma dentro de la Universidad, por brindarme su apoyo, amistad en los momentos buenos y malos, por sus consejos que han sido parte elemental en mi desarrollo en todos los ámbitos. A Reyna Isabel por ser una de mis grandes amigas también gracias por compartir mis logros y aflicciones que Dios los cuide y proteja siempre, los recordare y los llevare en mi corazón.

A todos los que confiaron en mí, y sobre todo gracias a Dios.

CONTENIDO DEL INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CUADRO	vii
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	4
1.2. Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Mejoramiento genético	5
2.2. Híbridos	7
2.2.1. Híbrido simple	7
2.2.2. Híbrido triple.....	7
2.2.3. Híbrido doble.....	8
2.3. Cruzas dialélicas	8
2.4. Diseños dialélicos.....	8
2.5. Aptitud combinatoria.....	9
2.5.1. Aptitud combinatoria general.	10
2.5.2. Aptitud combinatoria específica.	10
2.5.3. Heredabilidad.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14

3.1 Localización del experimento	14
3.2. Condiciones ambientales de la Comarca Lagunera	14
3.3. Material genético	15
3.3.1. Líneas	15
3.4. Evaluación de campo	16
3.4.1. Diseño experimental	16
3.4.2. Siembra	17
3.4.3. Preparación del Terreno	17
3.4.4. Riegos.....	17
3.4.5. Fertilización.....	17
3.4.6. Control de Maleza.....	17
3.4.8. Cosecha.....	18
3.5. Variables Evaluadas.....	18
3.5.1. Altura de planta y mazorca	18
3.5.2. Días a floración masculina y femenina	18
3.5.3.....	19
Diámetro de mazorca	19
3.5.4.....	19
Numero de hileras por mazorca.....	19
3.5.5. Numero granos por hilera	19
3.5.6.....	19
Longitud de mazorca	19
3.5.6.....	19
Kilogramos por hectáreas de grano.....	19
3.5.7. Contenido de clorofila	20

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. Análisis de varianza	21
4.2. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores.	22
4.3. Aptitud combinatoria general.....	27
4.4. Aptitud combinatoria específica (ACE).....	27
V. CONCLUSIÓN	29
VI. LITERATURA CITADA	30
VII. APÉNDICE	35

ÍNDICE DE CUADRO

	Página
Cuadro 1. Superficie, rendimiento y producción de maíz para grano bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.	2
Cuadro 3.1. Medidas mensuales de temperaturas, unidades calor (UC) y precipitaciones, que se presentó durante la conducción del experimento en el año 2011.	14
Cuadro 3.2. Origen de las líneas utilizadas para el apareamiento genético de acuerdo al diseño-II de Griffing.	15
Cuadro 3.3. Referencia entre el diseño estadístico y el genético	16
Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 11 variables en 15 híbridos experimentales derivados de cruzas dialelicas de 6 progenitores. UAAAN-UL 2011.	22
Cuadro 4.2. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores. UAAAN-UL 2011.	26
Cuadro 4.3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de seis progenitores, en 11 variables. UAAAN-UL 2011.	27
Cuadro 4.4. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 15 híbridos experimentales UAAAN-UL 2011.	28

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

	Página
Cuadro A-1. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores. UAAAN-UL 2011.	32
Cuadro A-2. Codificación para el diseño de alfa latice en lenguaje SAS 9.1.3.	33

RESUMEN

Con el objeto de estimar los efectos de aptitud combinatoria general y específica de 15 cruzas simples de maíz (*zeamays*), y sus progenitores provenientes de diferente grupo genético: 3 CIMMYT y 3 UAAAN-UL. Los grupos se cruzaron bajo el esquema de apareamiento genético del diseño II de Griffing (1956). Las cruzas fueron evaluadas en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna(UAAAN-UL); durante el ciclo de primavera 2011 en Torreón, Coahuila, México. Se estableció un diseño alfa látice con seis líneas y cuatro testigos. La parcela experimental y la parcela útil se establecieron en 2 surcos de 5 metros a 75 centímetros entre surcos. Se cuantificó: Floración masculina (FM), Floración Femenina (FF), Altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), clorofila (SPAD), diámetro de mazorca (DM), longitud de mazorca (LM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), rendimiento de grano (RG) y peso de mil semillas (P1000). En resultados se obtuvo que la aptitud combinatoria específica, sea tomada en consideración, ya que las líneas con valores altos fueron las que generaron mejores híbridos, los padres con mejores cruzas son el 26 seguido del 27, 28 y 24 lo cual fueron de mayor producción.

Palabras claves: *zea mays*, Heredabilidad, y aditividad.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor relevancia a nivel mundial por el volumen de su producción, la gran diversidad de su uso y por producirse en países de todos los continentes en condiciones extremadamente diferentes. Es considerado un alimento básico para alrededor de 200 millones de personas en el mundo, especialmente en Latinoamérica, Asia y África (USDA, 2009). La producción de maíz en el 2011 fue de más de 850 millones de toneladas métricas, siendo Estados Unidos, la Unión Europea, China, Brasil, México y la India, los principales productores (International Grains Council, 2011).

El valor total de la producción nacional de maíz, representa aproximadamente el 32.4 % del total de los más de 320 cultivos (Núñez y Ayala, 2009), abarcando la mitad de la superficie destinada a todos los cultivos que se siembran en el país y emplea más del 40 % (3 millones) de la fuerza de trabajo del sector agrícola, cerca de un 8 % del total de la fuerza laboral de México (Nadal, 2000; Nadal y Wise, 2005). El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal básico de la alimentación humana en el país, ocupando el segundo lugar después de Malawi (Morris, 1998), con un consumo *per cápita* de 127 kg (Pecina *et al.*, 2011).

Específicamente en la Comarca Lagunera de Coahuila durante los últimos cinco años se sembraron en promedio 578 hectáreas de maíz para grano, 414 (72 %) de ellas se sembraron bajo condiciones de riego y el resto, 163 hectáreas (28 %) en condiciones de temporal. Los rendimientos fluctúan entre 4 y 1 t ha⁻¹ para riego y temporal respectivamente. A continuación se presentan los datos de producción y rendimientos obtenidos durante los últimos 5 años en la región Lagunera de Coahuila (Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie, rendimiento y producción de maíz para grano bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.

Año	Superficie sembrada ha⁻¹	Superficie cosechada ha⁻¹	Producción ton	Rendimiento T ha⁻¹
2006	337	337	1,115.00	3.31
2007	827	827	3,476.00	4.2
2008	625	625	2,120.00	3.39
2009	179	179	857	4.79
2010	104	97	263	2.71
Media	414.4	413	1,566.2	3.68

(SIAP, 2011)

El mejoramiento genético del maíz, es un proceso continuo para la formación de híbridos y variedades. Al mejorar un cultivo, es importante conocer el componente genético de los materiales usados como progenitores. En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma progenitor es una de las decisiones más importantes que se deben tomar. Al respecto, Gutiérrez *et al.*, (2004), y Castañón-Nájera *et al.*, (2005), mencionan que conocer la aptitud combinatoria de los progenitores, mejora la eficiencia de un programa de mejoramiento. Esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado. La evaluación de la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) mediante cruzamientos dialélicos es eficiente en la clasificación de progenitores, e identifica fuentes de germoplasma útiles en programas de mejoramiento genético (Castañón-Nájera *et al.*, 2005).

Entre los métodos existentes para estudiar las cualidades de un conjunto de progenitores se encuentran los diseños dialélicos propuestos por Griffing (1956), que permiten identificar las combinaciones superiores. El término aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una

población de combinarse con otros, medida a través de su progenie (Márquez 1988).

La evaluación de la aptitud combinatoria, además de ser un medio para poder conocer sobre la aptitud o la habilidad para combinar de ciertas líneas, generando híbridos con características definidas; también define si el carácter que se evaluara, es importante para poder mejorarlo en una población; si hay alta heredabilidad de este, entonces, la ganancia esperada por efecto de la selección, pudiera ser mayor. A mayor significancia de la aptitud combinatoria general, mayor es el efecto aditivo en la determinación de la heredabilidad. Los efectos no-aditivos dependen de la significancia de la aptitud combinatoria específica.

El conocer la aptitud combinatoria general, (ACG) de una línea en combinaciones híbridas, ayuda a saber cómo es el desempeño promedio de la misma, en función a una característica determinada; en tanto que conocer la aptitud combinatoria específica (ACE) contribuye a definir la mejor combinación híbrida para el carácter en estudio (Sprague & Tatum, 1942).

Sin embargo, en una población la aptitud combinatoria debe determinarse en varios individuos con el objeto de seleccionar los que exhiban la más alta aptitud combinatoria. La aptitud combinatoria general (ACG) explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la aptitud combinatoria específica (ACE) explica la proporción de la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia (Gutiérrez *et al.*, 2002).

En el presente trabajo se persigue determinar los efectos de aptitud combinatoria general y específica en líneas e híbridos de maíz que intervinieron en el dialélico de Griffing (1956).

1.1. Objetivo

Determinar los efectos de aptitud combinatoria general y específica en líneas e híbridos de maíz para rendimiento de grano y características agronómicas.

1.2. Hipótesis

H_0 : Los cruces de las líneas tienen diferente nivel de aptitud combinatoria específica.

H_a : Los cruces de las líneas no difieren en el nivel de la aptitud combinatoria específica.

H_1 : Las líneas difieren en la magnitud de la aptitud combinatoria general

H_a : Las líneas no difieren en la magnitud de la aptitud combinatoria general.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Mejoramiento genético

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo la herramienta más importante para mantener una elevada productividad.

El mejoramiento genético del maíz es una herramienta que permite la formación de híbridos y variedades para uso comercial. En el mejoramiento de plantas es importante el conocimiento relativo al componente genético de los materiales usados como progenitores (Gutiérrez *et al.*, 2004); en los programas de mejoramiento genético modernos para maíz, el enfoque principal ha sido orientado a desarrollar paquetes tecnológicos para producir variedades con alta uniformidad y potencial de rendimiento, este conjunto de factores ha contribuido a reducir las opciones de diversidad genética utilizada en el desarrollo de variedades mejoradas. La diversidad genética del germoplasma de maíz tropical, así como los criterios de selección aplicados en la evaluación del potencial genético, justifica a emprender estudios de diversidad genética asociados a características de rusticidad, tolerancia a enfermedades y alto rendimiento (Maya y Ramírez, 2002).

Griffing (1956) estableció cuatro métodos de diseños dialélicos para estimar la aptitud combinatoria general y específica de líneas, las cuales son adecuadas cuando el número de progenitores es reducido, pero cuando este número se incrementa el progenitor es más difícil.

Las cruas dialélicas generalmente son utilizadas por los programas de mejoramiento de planta para obtener información de aptitud combinatoria y parámetros genéticos de sus fuentes de germoplasma (Hallauer y Miranda, 1981).

Conocer la acción génica que controla los caracteres de interés económico es básico para la planeación de un programa de mejoramiento genético. Mediante la aptitud combinatoria de los progenitores, el mejorador logra mayor eficiencia en su programa de mejoramiento, pues le permite seleccionar progenitores con un comportamiento promedio aceptable en una serie de cruzamientos e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado, con base en el promedio de los progenitores que intervienen en el cruzamiento (Gutiérrez, *et al.*, 2004).

Los cruzamientos dialélicos son utilizados para estimar los efectos genéticos de las poblaciones en mejoramiento y la información analizada críticamente es valiosa para definir patrones heteróticos, los cuales constituyen una fuente de germoplasma para la generación de líneas élite de suma utilidad en un programa de mejoramiento dinámico. En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que el mejorador debe tomar, ya que puede ser determinante en el éxito del programa. El mejoramiento del maíz incluye dos componentes de igual importancia: la elección del germoplasma y el desarrollo de líneas para su uso en híbridos (Castañon-Najera, *et al.*, 2005).

La elección de variedades para ser usados como población base en un programa de selección recurrente dependerá de, 1) media de comportamiento de las variedades, 2) heterosis varietal, y 3) de la variación genética dentro de la población (Maya y Ramírez, 2002).

El objetivo de la hibridación es la producción de materiales que presenten nuevas combinaciones genéticas que obtengan mayor vigor y producción. La hibridación es un método de mejoramiento genético donde los resultados reflejan un incremento marcado en la producción sobre los niveles de rendimiento en las variedades de polinización libre (De la Loma, 1954).

2.2. Híbridos

Allard(1980) define a un híbrido como el aumento de tamaño o en vigor de este con respecto a sus progenitores.

Stadler (1994) menciona que todas las líneas puras de maíz son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Hasta que no se desarrolla en líneas decididamente más productivas el uso final de las líneas puras es la producción de híbridos. Lo cual especifica las razones para el cruzamiento de las plantas. Shull(1952) inicia una nueva era en el mejoramiento del maíz sugiriendo un método para la producción de semilla híbrida de maíz

2.2.1. Híbrido 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.

2.2.2. Híbrido 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.

2.2.3. Híbrido doble.

El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrida obtenida de una cruda entre dos cruza simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruzad simples, presentan variabilidad; es importante señalar que una cruda simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

2.3. Cruzas dialélicas

Martínez (1975), menciona que las cruza dialélicas, se componen de las cruza simples que pueden lograrse entre los elementos de un conjunto básico de líneas progenitoras, lo cual se emplean para estimar los componentes genéticos de variación entre los rendimientos de las propias cruza, así como su capacidad productiva. Su empleo actual tiene su origen en el desarrollo en los conceptos de aptitud combinatoria general y específica.

2.4. Diseños dialélicos

Griffing (1956) conceptualiza las cruza dialélicas como el procedimiento en el cual un grupo de P líneas o progenitores se cruzan entre si tantas veces como sea posible para generar así un máximo de P^2 cruzamientos, los cuales pueden ser representados en una matriz de $P \times P$ elementos. Con respecto a lo anterior el autor presentó cuatro métodos para el análisis de cruza dialélicas: 1) Incluye padres, F1 directas y F1 recíprocas, 2) incluyendo padres y F1 directas, 3) incluye F1 directas y F1 recíprocas, 4) incluye solamente las F1 directas.

Martínez (1983), menciona que existen fundamentos dos clases de experimentos de cruza dialélicas, a saber: 1) los experimentos dialélicos completos, 2) los experimentos dialélicos parciales. Los primeros fueron introducción formalmente por Griffing (1956) y que tienen las limitaciones de tamaños 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.

Alvarado (1987), señala 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 en 1966 provee la máxima información. Debido a que el modelo asume frecuencias de genes arbitrarios en todos los loci, es aplicable 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 que las variedades y las cruzas pueden ser predichas y, cuando los efectos específicos y los efectos heteróticos son de poca importancia, los valores predichos para las cruzas tienen errores estándar menores que los errores correspondientes a las medias de los valores observados. Además, los estimados de los efectos génicos son definidos en función de frecuencias de genes.

Los diseños dialélicos son usados en fitomejoramiento para obtener información de efectos genéticos cuando los padres no son elegidos al azar, o para estimar la aptitud combinatoria general y específica, heterosis y parámetros genéticos, (Burow y Coors, 1994).

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

2.5. Aptitud combinatoria

El conocimiento sobre la aptitud combinatoria es esencial para seleccionar parentales adecuados para la hibridación e identificación de híbridos prometedores para el desarrollo de variedades mejoradas para una

agro-ecología diversa (Alabi *et al.*, 1987). La aptitud combinatoria de una línea se basa en la habilidad de la misma para producir híbridos superiores en combinación con otras líneas.

Gutiérrez(2002) menciona que el termino aptitud combinatoria significa la capacidad de un individuo o de una población de combinarse con otros, dicha capacidad es por medio de su progenie y debe determinarse no sólo en un individuo de la población sino en varios, con la finalidad de seleccionar los cruzamientos más adecuados para sustituir los híbridos comerciales.

2.5.1. Aptitud combinatoria general.

Sprague y Tatum (1942) definieron la aptitud combinatoria general (ACG) como el comportamiento promedio o general de una línea en una serie de cruza. Es el rendimiento promedio de un genotipo en combinaciones híbridas. Falconer (1985) observó que la ACG está directamente relacionada con el valor genético del padre y está asociado con efectos génicos aditivos. Los estimados del efecto aditivo es una característica cuantifican la proporción de su varianza, la cual se da debido a alelos individuales, independientes de los efectos de otros alelos en el mismo o en otro loci.

2.5.2. Aptitud combinatoria específica.

Sprague y Tatum (1942) la definieron como comportamiento de las combinaciones híbridas específicas con un desempeño mejor o peor que el esperado sobre la base del rendimiento promedio. La ACE, está asociada con efectos génicos no aditivos (Rojas y Sprague, 1952).

El efecto no aditivo se da debido a las interacciones entre alelos; incluye efectos de dominancia que se derivan de interacción entre alelos en el mismo locus; los efectos epistáticos, los cuales dependen de combinaciones de alelos en múltiples loci (Falconer y Mackay, 1996) y de la interacción entre

genotipo y medio ambiente, la cual se refiere a la respuesta diferencial de genotipos o cultivares a través de una serie de ambientes (Kang, 1998, 2004).

Poehlman (1987) mencionan que se pueden obtener información sobre la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones, mediante el ensayo comparativo de las cruzas simples entre ellos. Se cruzan 10 ó más de los clones originales con progenies de poli cruzas sobresalientes, para formar cruza simples en todas las combinaciones posibles (también se llama a este cruzamiento dialelo). Se compara al comportamiento de las progenies de las cruza simples, para determinar la aptitud combinatoria específica (ACE) de los clones.

Martínez, (1983) dice que la aptitud combinatoria específica es un término que se emplea para mencionar aquellos casos en las cuales ciertas combinaciones lo hacen relativamente mejor o peor de lo que se podría esperar sobre la base comportamientos de las líneas involucradas.

Sprague y Tatum, (1942). La aptitud combinatoria específica es el resultado del efecto de dos líneas en particular. Esta medida no es característica de cada línea en particular, sino de una combinación especial de padres de líneas.

2.5.3. Heredabilidad

El conocimiento de la heredabilidad es de gran importancia 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 carácter está determinada por factores genéticos y ambientales. Reyes (1985) cita que la proporción 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 término 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.

Falconer (1985) define heredabilidad como el cociente de la varianza aditiva sobre la varianza fenotípica y la función más importante de la heredabilidad es su papel predictivo, 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.

Allard (1980) lo define como la proporción de la variabilidad observada debido a los efectos aditivos de los genes.

Dudley y Moll (1969) lo define 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.

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

$$\text{Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza – genotípica}}{\text{Varianza – fenotípica}} \times 100$$

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

$$(h^2) \text{ Heredabilidad} = \frac{\text{Varianza } \Sigma \text{ aditiva}}{\text{Varianza } \Sigma \text{ fenotípica}} \times 100$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El trabajo se desarrolló en el ciclo agrícola primavera 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), localizada en Torreón, Coahuila, México. Geográficamente se localiza entre 24° 30´ y 27 latitud norte y entre 102° y 105° longitud Oeste, a 1120 msnm (Palomo et al.,)

3.2. Condiciones ambientales de la Comarca Lagunera

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

Cuadro 3.1. Medidas mensuales de temperaturas, unidades calor (UC) y precipitaciones, que se presentó durante la conducción delexperimento en el año 2011.

Mes	2011				
	Máxima	Mínima °C	Media	UC	Precipitación mm
Abril	35.07	15.03	25.84	475.20	0.00
Mayo	35.37	18.02	27.24	534.44	0.60
Junio	36.29	21.53	29.76	592.80	0.00
Julio	34.35	22.05	28.38	569.78	0.80
Agosto	35.94	22.72	29.67	609.77	6.40
Septiembre	33.18	18.34	26.38	491.40	1.20
Octubre	30.92	14.16	22.67	392.77	0.00
Noviembre	26.19	7.88	17.09	212.70	0.20
Totales	33.41*	17.47*	25.88	0.879*	9.20*

* Promedios, +Acumulados. Fuente: Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas: Campo Experimental La Laguna 2011.

3.3. Material genético

3.3.1. Líneas

Se utilizaron 6 líneas endogámicas, tres del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) y tres del programa de mejoramiento de maíz de la UAAAN-UL, Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Origen de las líneas utilizadas para el apareamiento genético de acuerdo al diseño-II de Griffing.

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

Estas seis líneas se cruzaron en el verano de 2010 de acuerdo al diseño-II de Griffing (1956), generándose 15 cruzas de acuerdo a $p(p-1)/2$, donde “p” representó el número de líneas. Estas 15 cruzas se evaluaron en campo en el ciclo primavera del 2011. Además, se incluyeron cuatro híbridos comerciales como testigos.

Cuadro 3.3. Referencia entre el diseño estadístico y el genético

TRAT	CRUZA	I	J	CRUZA	PEDIGREE
16	23	1	1	1	AN-77-185
1	23x24	1	2	2	AN-77-185 X CML-506-41
2	23x25	1	3	3	AN-77-185 X CML-508-43
3	23x26	1	4	4	AN-77-185 X CML-509-44
4	23x27	1	5	5	AN-77-185 x AN-82-190
5	23x28	1	6	6	AN-77-185 X AN-78-186
17	24	2	2	7	CML-506-41
6	24x25	2	3	8	CML-506-41 x CML-508-43
7	24x26	2	4	9	CML-506-41 x CML-509-44
8	24x27	2	5	10	CML-506-41 x AN-82-190
9	24x28	2	6	11	CML-506-41 x AN-78-186
18	25	3	3	12	CML-508-43
10	25x26	3	4	13	CML-508-43 x CML-509-44
11	25x27	3	5	14	CML-508-43 X AN-82-190
12	25x28	3	6	15	CML-508-43 X AN-78-186
19	26	4	4	16	CML-509-44
13	26x27	4	5	17	CML-509-44 X AN-82-190
14	26x28	4	6	18	CML-509-44 X AN-78-186
20	27	5	5	19	AN-82-190
15	27X28	5	6	20	AN-82-190XAN-78-186
21	28	6	6	21	AN-78-186

3.4. Evaluación de campo

3.4.1. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en alfa látice con 15 bloques y 5 entradas o tratamientos por bloque en tres repeticiones. Cada tratamiento estuvo conformado por dos surcos de 3m de longitud con separación de 0.19m entre plantas y 0.75m entre surcos, para una población de 24 plantas distribuidas en una superficie de 2.25 m² (3m x 0.75m) y una densidad de población de 53 mil plantas/ha.

3.4.2. Siembra

La siembra se realizó el día 08 de abril. Se realizó en seco a una profundidad de 3 cm de forma manual depositando tres semillas por mata. A los 15 días después de la siembra se realizó un raleo dejando una planta útil por mata.

3.4.3. Preparación del Terreno

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

3.4.4. Riegos

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

3.4.5. Fertilización

La dosis de fertilización utilizada fue 180-100-00, el cual se aplicó en dos fracciones: la primera se realizó cuando el cultivo estaba en la etapa de crecimiento, y la segunda en la etapa de la floración, con el objetivo de favorecer el crecimiento, desarrollo de planta y llenado de grano, con urea (46% N₂) en dosis disuelta en el agua de riego (fertirrigación).

3.4.6. Control de Maleza

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

3.4.7. Control de Plagas

Para las plagas de el follaje específicamente gusano cogollero (*Spodopterafrugiperda*) el cual se controló con Clorpirifos en dosis de 0.75 L/ha y al final del ciclo presencia de araña roja (*Tetranychusspp*) controlada con Dimetoato en dosis de 1.0 L/ha.

3.4.8. Cosecha

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

3.5. Variables Evaluadas.

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

3.5.1. Altura de planta y mazorca

Esta variable se determinó las 3 semanas posteriores a la floración que es cuando la planta termina su crecimiento. En 3 plantas seleccionadas al azar de cada parcela con, un estadal se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). De la cual de las mismas 3 plantas para la altura de mazorca se midió de la base del tallo hasta la inserción de la última mazorca registrando las distancias en centímetros.

3.5.2. Días a floración masculina y femenina

Se consideró como floración masculina y femenina en número de días a partir de la fecha de siembra hasta que más de 50% de emisión de polen en

floración masculina y la femenina es cuando más del 50 % plantas tengan el estigma de 2 a 3 cm de largo en cada parcela.

3.5.3. Diámetro de mazorca

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

3.5.4. Numero de hileras por mazorca

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

3.5.5. Numero granos por hilera

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

3.5.6 Longitud de mazorca

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

3.5.6 Kilogramos por hectáreas de grano

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

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

Donde;

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

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

AU = Área de parcela útil.

HC = Humedad de campo o de cosecha.

85 = humedad deseada al 15 %

3.5.7. Contenido de clorofila

Con un SPAD (Soil Plant Analysis Developmet) que es un medidor compacto, diseñado para mejorar la calidad y producción de los cultivos mediante la indicación de la cantidad de clorofila y nitrógeno presente en las hojas de la planta para optimizar las condiciones nutricionales en la plantas ya que al medir la clorofila, podemos determinar el fertilizante adicional necesario. En el campo, se muestrearon tres plantas de maíz tomadas al azar de cada parcela, para determinar el contenido de clorofila en unidades SPAD.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza

En el cuadro 4.1 del análisis de varianza de cuadrados medios para la fuente de variación híbrido en las variables altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), longitud de mazorca (LM), granos por hilera (GH), rendimiento de grano (RG) y peso de mil semillas (P1000) con resultaron altamente significativos ($P < 0.01$). En clorofila (SPAD), número de hileras por mazorca (NHM) resultaron significativas ($P < 0.05$), y no significativas para floración masculina (FM), floración femenina (FF) y diámetro de mazorca (DM).

Para la aptitud combinatoria general (ACG) la altura de mazorca (AM), número de granos por hilera (NGH), rendimiento de grano (RG), peso de mil semillas (P1000) resultaron altamente significativos ($P < 0.01$) y altura de planta (AP) es significativa ($P < 0.05$).

La aptitud combinatoria específica (ACE) para AP, LM, NGH, RG, P1000 resultaron altamente significativos ($P < 0.01$) y significativos ($P < 0.05$) para SPAD y NHM.

De acuerdo a lo anterior, los efectos de ACE fueron mucho más importantes que los efectos de ACG, en relación al número de valores significativos en ambos. La relación ACG/ACE muestra que la acción génica aditiva fue de mayor importancia para FM, FF, AM, NHM, NGH y P1000, en tanto que los efectos no aditivos lo fueron para altura de planta SPAD, DM, LM y RG. De acuerdo a lo anterior los caracteres con efectos aditivos pueden ser explotados con método de mejoramiento de selección recurrente, en cambio los efectos no aditivos se explotarían por hibridación. Ruelas-Hernández (2008).

En coeficiente de variación oscilan desde 3.2 en floración masculina (FM) hasta 13.8 en rendimiento de grano (RG). En lo que respecta a las medias el rendimiento de grano fue el mayor número con 8767.4.

Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios de 11 variables en 15 híbridos experimentales derivados de cruzas dialélicas de 6 progenitores. UAAAN-UL 2011.

FV	REP	HIBRIDO	ACG	ACE	EE	ACG/ACE	CV.	MEDIA
GL	2	20	5	15	40			
FM	14.7	5.7	9.3	4.6	5.4	2.02	3.2	73.5
FF	78.3	61.2	63.1	60.6	74.2	1.04	11.4	75
AP	415.6	432.4**	428.9*	433.5**	159.9	0.99	5.3	237.8
AM	403.5	309.4**	620.4**	205.7	130	3.02	8.3	136.6
SPAD	26.1	16.9*	7.8	19.9*	8.6	0.39	7.6	38.6
DM	13.3	8.6	2.1	10.8	6.7	0.19	5.4	48.3
LM	0.9	3.8**	3.6	3.9**	1.6	0.92	6.7	18.8
NHM	0.5	1.5*	1.5	1.5*	0.7	1	5.9	14.6
NGH	2.5	29.2**	34.5**	27.4**	6.6	1.26	6.3	40.8
RG(x106)	0.13	11.40**	5.39**	13.41**	1.46	0.4	13.8	8767.4
P1000	1264.2*	2403.3**	4183.1**	1809.9**	297.1	2.31	5.4	321.4

FV= Fuentes de variación;*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM, FF= Floración Masculina y femenina; AP, AM= Alturas de Planta y Mazorca; SPAD= clorofila; DM, LM, NHM= Diámetro, Longitud y numero de hileras por Mazorca; NGH= Granos por Hilera; RG=Rendimiento de Grano; P1000S= Peso de mil semillas

4.2. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores.

Floración masculina (FM)

Para la floración masculina el promedio general fue 73 días después de la siembra (dds) y osciló de 72 a 77 días. Se observó que el tratamiento 7 y 9CML-506-41 x CML-509-44, CML-506-41 x AN-78-186 fueron los más tardíos en mostrar la aparición de la espiga con 77 días. En contraste el tratamiento con mayor precocidad fue el tratamiento 4 y 21, AN-77-185 x AN-82-190, AN-78-186 con 72 días.

Floración femenina (FF)

La respuesta en cuanto a la floración femenina indica un promedio de 75 días con un rango de variación 58 a 82 días lo cual indica variación entre híbridos. Se observó que el tratamiento 9 CML-506-41 x AN-78-186 fue el que tardo más en mostrar la aparición de la espiga con 82 días. En contraste, el tratamiento con mayor precocidad fue el tratamiento 12 (CML-508-43 X AN-78-186) con 58 días después de la siembra (dds).

Altura de planta (AP)

Se midió desde la base del suelo donde se encuentra el nudo de la panoja. Se observó un promedio para altura de planta de 2.3 metros, donde se observa q la mayor altura la presento el tratamiento 12 (AN-78-186) con 2.56 metro en promedio. En contraste, el tratamiento 19 (CML-509-44) con menor altura con 2.12 metros.

Altura de mazorca (AM)

Se midió de la base del suelo hasta donde emerge la mazorca principal, con un promedio de 1.37 metros y una variación de 1.10 a 1.52 metros destacando por su mayor altura de mazorca el tratamiento 21 (AN-78-186) con 1.52 metros, estadísticamente el tratamiento 12 (CML-508-43 X AN-78-186) también fue igual con 1.51 metros; por el contrario el tratamientos de menor altura fue 19 (CML-509-44) con 1.10 metros.

Medición de clorofila (SPAD)

El valor promedios de la lectura de Spad tomadas en las 6 líneas de maíz fue de 38.5 con una variación entre 33.2 a 42.8 destacando por su mayor dosis de nitrógeno el tratamiento 11 (CML-508-43 X AN-82-190) con 42.8 en promedio estadísticamente igual el tratamiento 13, 14 y 16 respectivamente. El tratamiento de menor contenido de nitrógeno fue 10 (CML-508-43 x CML-509-44) con 33.2 y le sigue el tratamiento 6.

Diámetro de mazorca (DM)

Se observó un promedio de 48 y una variación de 44 a 52 de diámetro destacando con mayor diámetro el tratamiento 2 (AN-77-185 X CML-508-43) seguido los tratamientos 1, 4, 5 y 19 respectivamente. El de menor diámetro fue el tratamiento 16 (AN-77-185) con 44 de diámetro.

Longitud de mazorca (LM)

En promedio fue de 19 con una variación entre 17 a 21. En contraste, el tratamiento de menor longitud fue el tratamiento 16 (AN-77-185), estadísticamente el tratamiento 17, 18 y 19 también fueron iguales y de mayor longitud fue el tratamiento 9 (CML-506-41 x AN-78-186) le siguen los tratamientos 4, 5, 8, 12 y 14 respectivamente.

Numero de hileras por mazorca (NHM)

La respuesta en cuanto a esta variable indica un promedio de 15 hileras de mazorca con un rango de variación entre 14 a 17 lo cual indica que no hubo tanta variación entre los tratamientos.

Numero de granos por hilera (GH)

El valor promedio fue de 41 granos por hilera, con un rango de variación entre 35 a 48. En contraste, el tratamiento de menor grano por hilera fue el 21 (AN-78-186) y el de mayor numero fue el 4 (AN-77-185 x AN-82-190) respectivamente.

Rendimiento de grano (RG)

En promedio el rendimiento de grano fue de 8.8 ton/ha, hubo una variación de 5.9 a 11.3 ton/ha. Se observó que el tratamiento con mayor rendimiento fue el 8 (CML-506-41 x AN-82-190) con 11.3, le sigue el

tratamiento 1 (AN-77-185 X CML-506-41) 11.3, el 7 (CML-506-41 x CML-509-44) con 11.2. El tratamiento de menor rendimiento fue el tratamiento 19 (CML-509-44) con 5.9 ton/ha⁻¹ le sigue el tratamiento 21 (AN-78-186), 16 (AN-77-185), 15 (AN-82-190XAN-78-186) y el 9 (CML-506-41 x AN-78-186) respectivamente.

Peso de mil semillas (P1000)

La respuesta en cuanto a esta variable indica un promedio de 32.1g a un rango de variación entre 23.8g a 39.4 lo cual indica variación entre tratamientos. El de menor número fue el tratamiento 16 (AN-77-185) le sigue el 19. Los tratamientos de mayor gramo es el 21 (AN-78-186) estadísticamente le sigue los tratamientos 11 y el 6.

Cuadro 4.2. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores. UAAAN-UL 2011.

Pedigree	Trat	Dial	Variables											
			FM	FF	AP	AM	SPAD	DM	LM	HM	GH	RG	P1000	
AN-78-186	28	21	21	72	73	256	152	39.7	50.0	18.5	15	35	6023	349
AN-82-190	27	20	19	73	74	248	146	37.2	47.5	18.2	14	40	6742	337
CML-509-44	26	19	16	73	77	212	110	39.0	49.1	17.4	14	41	5989	267
CML-508-43	25	18	12	73	75	234	131	38.6	45.5	17.1	14	36	7976	341
CML-506-41	24	17	7	74	75	225	136	39.3	47.7	17.4	15	41	6721	301
AN-77-185	23	16	1	73	73	227	124	41.0	43.7	16.9	15	40	6057	238
AN-82-190XAN-78-186	27x28	15	20	73	76	221	133	40.2	47.8	19.0	14	44	6089	302
CML-509-44 X AN-78-186	26x28	14	18	73	74	233	139	41.6	48.6	20.1	15	40	9335	317
CML-509-44 X AN-82-190	26x27	13	17	73	75	228	125	41.6	46.9	18.8	14	42	9983	342
CML-508-43 X AN-78-186	25x28	12	15	75	58	250	151	38.6	47.9	20.0	14	42	10632	342
CML-508-43 X AN-82-190	25x27	11	14	73	74	228	133	42.8	48.5	17.9	14	37	9337	348
CML-508-43 x CML-509-44	25x26	10	13	74	75	226	123	33.2	48.1	19.0	15	38	8681	341
CML-506-41 x AN-78-186	24x28	9	11	77	82	249	144	36.9	48.2	21.2	14	43	6681	343
CML-506-41 x AN-82-190	24x27	8	10	74	77	252	146	36.5	48.9	19.9	16	43	11340	317
CML-506-41 x CML-509-44	24x26	7	9	77	81	245	141	39.4	48.3	18.9	15	42	11229	320
CML-506-41 x CML-508-43	24x25	6	8	76	80	245	134	34.0	49.0	17.8	15	38	10598	347
AN-77-185 X AN-78-186	23x28	5	6	73	73	240	139	37.8	49.7	19.7	15	45	9993	298
AN-77-185 x AN-82-190	23x27	4	5	72	77	250	144	36.4	49.2	19.9	14	48	10089	319
AN-77-185 X CML-509-44	23x26	3	4	73	76	248	140	38.7	47.7	19.0	15	38	9378	331
AN-77-185 X CML-508-43	23x25	2	3	73	75	240	142	37.8	52.4	18.7	17	42	9957	316
AN-77-185 X CML-506-41	23x24	1	2	73	74	237	136	39.2	49.1	19.5	15	44	11287	334
DMS				3.3	12.1	17.8	16.0	4.1	3.6	1.8	1.2	3.6	1700.3	24.2

4.3. Aptitud combinatoria general

En efectos de aptitud combinatoria general (ACG) se presentan en el cuadro 4.3. Los valores obtenidos para efectos de ACG mostraron una estimación del potencial de progenitores para transmitir algunas de sus características a sus descendientes, los mayores efectos positivos significativos ($P \leq 0.01$) expresados por el P25 fue para las variables RG (473.2), y P1000 (15.7), y negativos para LM y GH; también resalta el P28 con valores significativos para AP, AM, y LM, pero con un valor significativo negativo para rendimiento ($P \leq 0.01$);

Cuadro 4.3. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de seis progenitores, en 11 variables. UAAAN-UL 2011.

PADRE	FM	FF	AP	AM	SPAD	DM	LM	AM	GH	RG	P1000
P23	-0.7	-0.3	0.4	-1.1	0.3	-0.3	-0.1	0.3	1.2*	180.6	-21.8**
P24	1.1*	2.3	1.7	2.2	-0.6	0.1	0	0.3	0.7	400.7	1.6
P25	0.1	-1.5	-1.1	-1.4	-0.8	-0.1	-0.5*	0.1	-2.1**	473.2*	15.7**
P26	0.1	1.2	-8**	-8.5**	0.3	0	-0.1	-0.2	-0.4	-98.6	-8.1*
P27	-0.5	0.2	1.4	2.1	0.2	-0.2	0	-0.3*	0.9	-131.3	6.5
P28	-0.1	-1.9	5.1*	6.7**	0.6	0.5	0.7**	-0.2	-0.3	-824.6**	6.1

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM, FF= Floración Masculina y femenina; AP, AM= Alturas de Planta y Mazorca; SPAD= clorofila; DM, LM, NHM= Diámetro, Longitud y número de hileras por Mazorca; NGH= Granos por Hilera; RG=Rendimiento de Grano; P1000S= Peso de mil semillas

4.4. Aptitud combinatoria específica (ACE)

Respecto a los valores de ACE, sobresalen 8 de las 15 cruzas con valores positivos y significativos ($p < 0.01$ y $p < 0.05$) para la variable rendimiento. Aun cuando en la ACG de los progenitores solo se detectó significativo para P25 y negativa para P28, al combinarse se observó una respuesta para esta variable de manera significativa en las cruzas donde el mayor efecto de ACE se observó en 23x24, 22x27, 22x28, la 24x26, 24x27, la 25x28, la 26x27, y la 26x28.

Se observa que los padres más frecuentes en las mejores cruzas, fueron el 26 seguido del 27, 28 y 24. Así mismo, estas cruzas fueron de mayor producción, lo anterior se explica en virtud de que participan germoplasma diferente como NARROxCIMMYT, y en el caso de CIMMYTxCIMMYT participan dos líneas que pertenecen a dos grupos heteroticos diferentes.

Cuadro 4.4. Efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) de 15 híbridos experimentales UAAAN-UL 2011.

CRUZA	FM	FF	AP	AM	SPAD2	DM	LM	HM	GH	RG	P1000S
23x24	-1.3	-2.6	-2.6	-1.9	1	1	0.7	-0.5	0.8	1938.3**	33.3**
23x25	0.1	1.6	2.6	7.5	-0.3	4.6**	0.5	1.7**	1.7	536.1	0.8
23x26	0.4	0.1	17.3**	12.6*	-0.4	-0.3	0.5	0	-3.4**	528.3	39.7**
23x27	-0.7	2.1	10.6	6.2	-2.7	1.4	1.2	-0.2	4.8**	1272.2*	13
23x28	-0.1	0.6	-3.7	-3.6	-1.6	1.2	0.3	0.2	2.9*	1869.2**	-8.2
24x25	1	3.9	6.3	-3.1	-3.1	0.7	-0.6	0.2	-1.5	957	8.4
24x26	2.3	2.8	12.9	11.1	1.2	-0.1	0.1	0	0.8	2159.2**	5.5
24x27	-0.5	-1	10.9	5.5	-1.7	0.7	1	1.1*	0.2	2303.1**	-12.9
24x28	2.1	6.3	4.7	-1	-1.6	-0.7	1.7**	-0.8	2.2	-1662.6**	13.4
25x26	0	0.6	-3	-3.6	-4.9**	-0.1	0.8	0.1	0	-461.3	12.3
25x27	-0.1	0.6	-9.9	-4.5	4.8**	0.5	-0.4	0	-3*	227.3	4.8
25x28	1.2	-13.2**	8	8.6	0.3	-0.8	1	-0.2	3.3**	2215.6**	-1.7
26x27	0.2	-1.2	-3.7	-5.5	2.5	-1.1	0.1	-0.6	1	1445.1*	22*
26x28	-0.9	-0.7	-2	4.6	2.1	-0.2	0.8	0.9	-0.2	1490.4*	-2.3
27x28	-0.3	2.6	-23**	-12.8*	0.9	-0.8	-0.5	-0.4	3*	-1722.6**	-32.1**

*** , ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM, FF= Floración Masculina y femenina; AP, AM= Alturas de Planta y Mazorca; SPAD= clorofila; DM, LM, NHM= Diámetro, Longitud y numero de hileras por Mazorca; NGH= Granos por Hilera; RG=Rendimiento de Grano; P1000S= Peso de mil semillas**

V. CONCLUSIÓN

El sistema de cruzamientos dialelicos en seis líneas de maíz permitiódeterminar los efectos de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de grano y características agronómicas.

Los efectos de mayor importancia aditivas fueron FM, FF, AM, NHM, NGH, y P1000; para efectos no aditivos AP, SPAD, DM, LM, y RG.

La aptitud combinatoria específica debe ser tomada en consideración, ya que las líneas con valores altos en estos efectos de ACE, fueron las que generaron mejores híbridos, los padrescon mejores cruzas fueron el 26 seguido del 27, 28 y 24 lo cual fueron de mayor producción, en virtud de que participan germoplasma diferente como NARROxCIMMYT, y en el caso de CIMMYTxCIMMYT participan dos líneas que pertenecen a dos grupos heterotico diferentes.

VI. LITERATURA CITADA

Allard R W (1980) Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.

Alabi S.O., Obliana A.B., Nwasike C.C. 1987. Gene acción y habilidad combinatoria para caracteres cuantitativos en algodón. 59-64 p.

Alvarado L. 1987. Efectos génicos y heterosis en cultivares tropicales de maíz. Memorias de la 33ra Reunión Anual. PCCMCA. Guatemala. p. 80-99.

Burow MD, Coors JG. (1994) DIALLEL: A Microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. *Agronomy J.* 86: 154-158.

Castañón-Nájera, G., L. Latournerie-Moreno y M. Mendoza-Elos (2005). Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia* 21: 27-35 p.

Chávez Araujo J L (1995) Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. 136 pp.

De la Loma, J. L. 1954. Genética General Aplicada. Segunda edición. Editorial UTEA. México. 427 p.

Dudley J W, Moll, (1969). Interpretation and use of Estimates of Heritability and Genetic Variances in plant Breeding. *Crop Science* 257-262 p.

Eastmond A. y M. L. Robert, 1992. Biotecnología y Agro ecología: paradigmas opuestos. *Agrociencia* 3: 7-22 p.

Falconer D S. (1985) Introducción a la Genética Cuantitativa. CECSA. México. 135 p.

Falconer D S, Mackay T F C, 1996. Introducción a la Genética Cuantitativa. 4^a Edición. Longman.

Gardner, C O; Eberhart, S A 1966. Analysis and interpretation of The variety cross dialled and related populations. *Biometrics* 22(3): 439-452.

Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. *Australian Journal of Biological Science* 9: 463-93 p.

Gutiérrez del R., E., A. Espinoza B., A. Palomo G., J. Lozano G. y O. Antuna G. (2004). Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (Núm. Especial 1): 7-11 p.

Gutiérrez del R., E., A. Palomo G., A. Espinosa B. y E. De la Cruz L. (2002). Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 271-277 p..

Hallauer R A, F O Miranda (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. The Iowa State University Press Ames, Iowa, 50010. First Edition 468 p.

International Grains Council. 2011. World market maize. <http://www.igc.int/en/grainsupdate/sd.aspx?crop=Maize> from: June 2012.

Kang H. J. *et al.* Del 2004. Efectos de la infusión intracoronaria de células madre de sangre periférica movilizada con el factor estimulante de colonias de granulocitos en la función sistólica del ventrículo izquierdo y la reestenosis coronaria después de mirar fijamente en el infarto de miocardio: la magia todo ensayo clínico aleatorizado. 363: 751-756 p.

Márquez S. F. (1988) Genotecnia vegetal. Métodos, teoría, resultados. Tomo II Primera edición. Editorial AGTESA México pp. 563-665.

Márquez S. F. (1991) Geotecnia Vegetal. Tomo III. 1a ed. AGT Editor, México. PP: 7-20.

Martínez G. A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Segunda edición. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. P 252.

Martínez, G. A. 1975 Diseño y análisis de los experimentos de cruzas dialélicas. CEC-ENA. Chapingo, México. 229 p.

Morris M. L. 1998. Overview of the world maize economy. In: Maize Seed Industries in Developing Countries. Lynne Rienner Publishers, Inc. and CIMMYT, Int.

Nadal, A y Wise, T. 2005. "Los costos ambientales de la liberalización agrícola: el comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA". Globalización y Medio Ambiente: Lecciones desde las Américas. Santiago de Chile: RIDES-GDAE. PP.: 49-92.

Nadal, A. 2000. The Environmental & Social Impacts of Economic Liberalization on Corn Production in Mexico. Gland, Switzerland and Oxford, UK, WWF International and Oxfam GB: 1-113.

Núñez G, L. D y Ayala O, D. A. 2009. Impacto de la producción de bioetanol en el mercado del maíz. Un análisis desde la dinámica de sistemas. Economía y Sociedad, Vol. XIV, Núm. 23. PP. 105-124.

P. G. Ruelas-Hernández; F. de J. Caro-Velarde; R. Pérez- González; R. Valdivia-Bernal (2008). Aptitud combinatoria y heterosis en un cruzamiento dialélico en Jamaica (*Hibiscussabdariffa*L.)

Pecina M. J A., Mendoza C. M del C., López S. J A., Castillo G. F., Mendoza R. M., y Ortiz C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 34 (2): 85-92.

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

Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A (1998) Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. Ciencia Agropec. FAUNAL 8:11-16.

Reyes Castañeda Pedro (1985). Diseños de experimentos aplicados. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. 125 p.

Rojas B. A., G. F. Sprague 1952. Una comparación de los componentes de la varianza en el rendimiento de maíz. III. General y específico que combina habilidad y su interacción con la ubicación y años. Agron p. 44:462-466.

SAGARPA (2005) Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. Fichas por Estado. SAGARPA. Avances reportados de siembras y cosechas.

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

SIAP^a, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. ^aInicio/producción/mensual/resumen nacional por estado. Consultado el 15 de junio del 2011 en:

http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=347.

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.

Superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción.
(www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichedos.html; 14 noviembre, 2005).

USDA. United States Department of Agriculture. 2009.
National nutrient database for standard reference. Available from:
<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Valores medios de 11 variables de 15 híbridos experimentales y sus progenitores. UAAAN-UL 2011.

i	j	REP	Cruza	YIELD	FM	FF	AP	AM	SPAD	DM	LN	H/M	G/H	RG	P1000
1	1	1	1	6064	71	74	235.7	127.0	44.4	42.4	16.7	14.8	40.2	6064	244.1
1	2	1	2	11866	72	73	245.3	150.0	39.6	48.0	20.0	14.8	39.6	11866	336.9
1	3	1	3	10063	72	74	255.0	158.7	40.4	48.7	18.7	16	41.8	10063	351.1
1	4	1	4	11977	72	75	261.7	147.3	39.2	50.4	21.0	14.4	42.6	11977	342.3
1	5	1	5	10025	68	77	246.7	144.0	38.9	48.4	21.1	14.4	47.2	10025	317.3
1	6	1	6	9965	71	72	243.0	148.0	41.1	50.4	18.2	15.6	43.6	9965	296.9
2	2	1	7	6084	72	73	225.0	127.3	42.3	47.1	16.2	14.4	44.4	6084	306.2
2	3	1	8	11867	80	85	252.0	143.0	33.8	48.8	18.5	15.6	38.2	11867	326.2
2	4	1	9	11590	78	82	232.7	135.0	40.0	48.6	18.8	15.2	43.2	11590	308.1
2	5	1	10	9921	77	80	261.7	160.0	40.2	45.5	20.5	13.2	42.6	9921	304.2
2	6	1	11	6016	77	80	244.3	159.7	39.1	46.0	18.4	14	38.6	6016	308.8
3	3	1	12	8095	72	76	233.0	128.3	36.9	46.2	17.6	13.6	38.6	8095	343.4
3	4	1	13	9724	77	80	230.3	120.0	38.7	46.9	18.9	15.2	38.6	9724	328.8
3	5	1	14	7992	73	77	216.7	126.0	38.8	48.3	18.4	14.4	42.6	7992	339
3	6	1	15	10051	74	81	256.7	155.0	34.8	48.4	18.8	15	39.6	10051	337.1
4	4	1	16	5996	76	79	211.7	114.3	43.3	46.5	17.2	14.8	41.6	5996	273
4	5	1	17	8045	74	77	223.3	122.7	40.0	48.8	18.3	13.6	41.6	8045	340.9
4	6	1	18	9878	72	74	213.3	128.3	46.1	47.3	19.6	15.2	40	9878	318.9
5	5	1	19	7970	73	75	240.0	145.0	38.0	46.2	19.0	14	40.4	7970	340.2
5	6	1	20	6146	73	78	223.3	127.7	39.3	47.9	18.2	14	44.4	6146	301.6
6	6	1	21	7825	72	75	266.7	165.0	42.0	49.3	19.5	13.6	35.4	6052	372.2
1	1	2	1	7950	74	75	225.00	118.33	38.47	46.49	17.50	14	39	7950	265.3
1	2	2	2	10018	74	78	233.3	127.7	40.5	48.0	20.1	13.6	46.2	10018	356
1	3	2	3	10062	72	79	248.3	143.3	38.6	60.3	19.6	16.8	42	10062	309.9
1	4	2	4	8071	75	78	245.0	141.3	34.6	47.2	18.0	15.2	33.2	8071	332
1	5	2	5	12079	74	79	280.0	165.0	34.3	51.0	20.1	15.2	48.2	12079	328.2
1	6	2	6	10085	72	74	246.7	145.0	34.8	48.4	20.2	14	43.8	10085	299
2	2	2	7	6114	77	80	233.3	140.7	37.6	48.5	17.8	14.8	40.2	6114	317.6
2	3	2	8	10103	74	80	236.7	124.3	35.2	48.9	19.1	14	39.8	10103	365.2
2	4	2	9	11976	80	88	245.0	141.0	40.3	47.3	19.1	15.2	40.2	11976	320.5
2	5	2	10	12013	74	78	241.7	134.3	33.2	49.9	21.1	17	43.8	12013	319.5
2	6	2	11	6007	80	90	270.0	151.7	34.6	49.8	20.7	14.4	47.2	6007	373
3	3	2	12	7897	73	79	233.7	135.0	38.1	45.1	16.6	14	34.6	7897	346.1
3	4	2	13	10028	72	73	224.0	124.7	30.5	48.7	19.1	14.4	38.2	8159	347.5
3	5	2	14	10005	73	73	234.0	136.3	44.8	48.6	17.7	14.4	33.6	10009	353
3	6	2	15	9910	77	17	246.0	152.0	40.0	47.8	20.2	13.6	43	9910	330.8
4	4	2	16	6067	75	77	223.3	121.0	36.9	57.1	18.1	13.6	43	6067	266.6
4	5	2	17	10023	73	75	233.3	122.7	43.1	43.3	19.2	13.6	43.2	10023	344

4	6	2	18	10011	73	74	253.3	153.7	42.7	49.6	20.1	15.6	35.8	10011	323.9
5	5	2	19	6158	74	75	242.7	140.3	40.1	49.4	16.7	14.8	39	6158	351.1
5	6	2	20	5952	73	76	209.7	128.7	40.6	48.2	20.0	13.6	44	5952	296.5
6	6	2	21	6052	72	75	266.7	165.0	42.0	49.3	19.5	13.6	35.4	6052	372.2
1	1	3	1	4156	74	71	219.0	127.0	40.3	42.3	16.7	15.2	40.2	4156	205.9
1	2	3	2	11977	72	72	233.3	130.0	37.6	51.5	18.4	15.6	44.8	11977	310.5
1	3	3	3	9747	75	71	216.0	123.0	34.4	48.4	17.9	17.2	41	9747	287
1	4	3	4	8085	73	75	237.0	130.3	42.5	45.6	18.2	14.8	38.6	8085	319.1
1	5	3	5	8163	73	75	224.0	122.7	36.0	48.3	18.6	13.6	47.4	8163	311.5
1	6	3	6	9928	75	74	229.0	123.0	37.7	50.4	20.8	15.2	46.2	9928	296.7
2	2	3	7	7966	73	72	216.7	139.0	38.2	47.7	18.3	16.4	38.6	7966	278.7
2	3	3	8	9825	73	74	245.3	135.7	33.2	49.4	15.8	16	35.8	9825	349.8
2	4	3	9	10120	73	74	256.7	148.3	38.0	49.0	18.8	14	42.2	10120	332.6
2	5	3	10	12086	70	72	252.0	145.0	36.1	51.4	18.2	16.8	41.2	12086	326.2
2	6	3	11	8020	73	75	233.3	122.0	37.1	49.0	24.5	13.6	44.4	8020	345.8
3	3	3	12	7937	73	71	234.3	131.0	40.9	45.4	17.2	14	36	7937	332.1
3	4	3	13	8159	72	73	224.0	124.7	30.5	48.7	19.1	14.4	38.2	8159	347.5
3	5	3	14	10009	73	73	234.0	136.3	44.8	48.6	17.7	14.4	33.6	10009	353
3	6	3	15	11934	73	77	246.7	144.7	41.2	47.5	21.1	14.6	42.6	11934	356.7
4	4	3	16	5905	67	74	200.7	94.7	37.0	43.7	17.1	14	38.2	5905	260.2
4	5	3	17	11880	73	74	227.3	128.7	41.8	48.8	18.9	13.6	41.8	11880	340.4
4	6	3	18	8115	73	73	233.3	136.3	36.1	49.0	20.8	14.8	43.8	8115	308.7
5	5	3	19	6099	73	72	262.3	153.7	33.5	47.1	19.0	13.2	39.2	6099	319.8
5	6	3	20	6169	72	74	230.0	141.3	40.9	47.4	18.9	13.6	44.4	6169	307.7
6	6	3	21	5966	73	70	235.0	126.3	35.1	51.5	16.6	16.4	33	5966	302.8

Cuadro 2A. Codificación para el diseño de alfa latice en lenguaje SAS 9.1.3.

```
options nodatepageno=1;
data a;
input blo rep trat AP AM FM FF DM NHM GH LM PH rend ;
cards;
```

DATOS

```
procglm data=a;
class blo rep trat;
model ap--rend=rep blo(rep) trat/ss3;
random rep blo(rep)/test;
meanstrat/lsd;
Run;
```