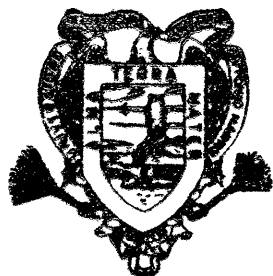


PATRONES HETEROTICOS Y HABILIDAD COMBINATORIA  
EN LINEAS DE MAIZ TROPICAL CON  
ALTA CALIDAD DE PROTEINA

FIDENCIO ANTONIO GUERRA ROCA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO



**Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DEL 2000

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**PATRONES HETEROTICOS Y HABILIDAD COMBINATORIA EN LINEAS DE  
MAIZ TROPICAL CON ALTA CALIDAD DE PROTEINA.**

**TESIS**

POR

**FIDENCIO ANTONIO GUERRA ROCA**

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada  
como requisito parcial para optar al grado de:

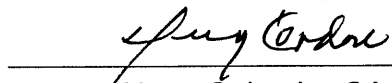
**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

COMITE PARTICULAR

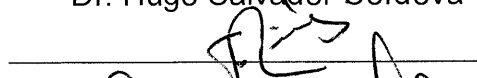
Asesor principal:

  
M.C. Humberto De León Castillo

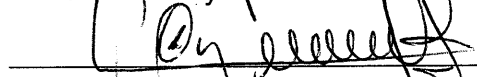
Asesor:

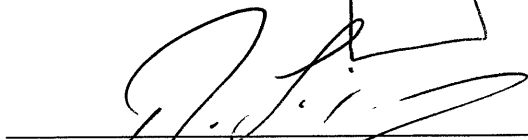
  
Dr. Hugo Salvador Córdova

Asesor:

  
Ph.D. Froylán Rincón Sánchez

Asesor:

  
M.C. Arnoldo Oyervides García

  
Ph.D. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Noviembre de 2000

## AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (MAG) y al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) por la beca que me proporcionaron durante estos dos años, sin lo cual no hubiera sido posible realizar los estudios de post grado.

Mi más sincero agradecimiento al M.C. Humberto De León Castillo y Dr. Hugo Córdova O. por su valiosa amistad y colaboración, sin las cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mis asesores Ph.D. Froylán Rincón S. y M.C. Arnoldo Oyervides G. por sus observaciones que tuvieron para mi persona y la revisión de la tesis.

Al Dr. José Luis Quemé por su desinteresada amistad y observaciones brindadas durante el desarrollo de la investigación.

A la M.Sc. Leticia Bustamante por su amistad y ayuda brindada durante mi estadía en esta Universidad.

A mis compañeros y maestros.

## DEDICATORIA

A mi esposa:

Patricia Yanira Gómez M.

A mis hijos

Rogelio Enrique

José Fidencio

A mis padres:

José Fidencio Guerra

María Elia Roca

A mis hermanos:

Yolanda E., Margarita C., Leonel O., Enrique A., Rogelio W., Armando V.

A mi madrina:

María Margarita Paz.

COMPENDIO

PATRONES HETEROTICOS Y HABILIDAD COMBINATORIA EN LINEAS DE  
MAIZ TROPICAL CON ALTA CALIDAD DE PROTEINA.

POR

FIDENCIO ANTONIO GUERRA ROCA

MAESTRIA  
FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 2000.

M.C. Humberto De León Castillo. Asesor.

Palabras clave: patrones heteróticos, habilidad combinatoria, líneas endogámicas,  
Alta calidad de proteína.

Con el objetivo de desarrollar mejores alternativas que permitan explotar el germoplasma de maíz para obtener nuevas variedades con mejor calidad de proteína y mayor adaptación en la región tropical, se evaluaron 8 líneas elite QPM en sus siglas en inglés, en un experimento y 17 en un segundo experimento, dichas líneas del programa de maíz tropical del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz Y Trigo (CIMMYT). En el primer experimento se formó un dialélico 8x8 obteniéndose 28 cruza simples; en el segundo experimento, 11 líneas fueron cruzadas con las 6 restantes para obtener 66

cruzas simples. En ambos experimentos se incluyó cuatro testigos de maíz normal y se evaluaron durante 1999 en 8 localidades: dos localidades en Centro América (San Andrés, El Salvador y Cuyuta, Guatemala) y seis localidades de México (Cardel, Cotaxtla (Ciclo A y B), Poza Rica (Ciclo A y B), Veracruz y Tlaltizapán, Morelos), todos los ambientes fueron tropicales a excepción de Tlaltizapán. Los objetivos del estudio fueron: (i) confirmar los patrones heteróticos de las líneas involucradas para rendimiento de grano, (ii) estimar los efectos de habilidad combinatoria de las líneas de maíz, (iii) estimar los componentes de varianza para rendimiento y características agronómicas, (iv) identificar las cruzas más sobresalientes.

Los dos experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques incompletos (alfa látice), el primero 4x8 y el segundo 7x10, ambos con dos repeticiones, 2 surcos por parcela; la densidad de siembra fue de 66,000 plantas por hectárea. Los datos se analizaron como un modelo mixto, para el diseño genético se utilizó el método IV modelo I de Griffing (1956) para el primer experimento y el Diseño II de Carolina del Norte propuesto por Comstock y Robinson (1948) para el segundo.

Las líneas que mostraron los mejores efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para rendimiento fueron 2 y 3 con 0.62 y 0.64 ton ha<sup>-1</sup> y porcentaje de triptófano de 0.095 y 0.103 respectivamente para el primer experimento; mientras que 1 y 11 con 0.68 y 1.32 ton ha<sup>-1</sup> y triptófano de 0.095 y 0.103 respectivamente para el segundo experimento. Las cruzas 1x4, 1x6, 2x4, 2x8, mostraron los mejores efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) (0.67, 0.62, 0.55 y 0.57 ton ha<sup>-1</sup>) para rendimiento de grano en el primer experimento y las cruzas 11x14, 13x16, 1x17, 7x13, 5x15, 4x17 y

9x17 con 1.48, 0.72, 0.69, 0.69, 0.50, 0.39 y 0.39 ton ha<sup>-1</sup> para rendimiento en el segundo experimento.

Se confirmó que las líneas 1, 2, 3, 7 y 8 derivadas de la población 62 pertenecen al grupo heterótico "B" y las líneas 4, 5 y 6 de la población 63 al grupo heterótico "A".

La varianza aditiva para rendimiento de grano fue mayor que la varianza de dominancia, con una proporción de 67 y 33 por ciento respectivamente en el segundo experimento.

Las mejores cruzas en rendimiento de grano en el primer experimento fueron 2x4, 2x8, 2x5, 2x3, 2x6, 3x4, 3x7 con un rango de 7.99 a 8.46 ton ha<sup>-1</sup> siendo similares estadísticamente a la crusa de maíz normal CML 247 x CML 254 con 8.38 ton ha<sup>-1</sup> y con porcentaje de triptófano en un rango de 0.096 a 0.106 superando al testigo que obtuvo 0.056 por ciento; para el segundo, fueron las cruzas 11x16, 1x16, 11x12, 11x14, 1x12, 11x17, 11x13, 1x13, 11x15 con un rango de 7.65 a 8.11 ton ha<sup>-1</sup>, las cuales fueron estadísticamente similares a la crusa de maíz normal CML 247 x CML 254 con 8.36 ton ha<sup>-1</sup> y con porcentaje de triptófano en un rango de 0.091 a 0.106 siendo superiores al testigo CML 247xCML 254 con 0.056. Para ambos experimentos; las cruzas mencionadas superaron a los testigos comerciales utilizados. Los resultados indican nuevas alternativas para el uso de germoplasma QPM con la finalidad de mejorar la calidad de proteína y adaptabilidad de los materiales a través de una serie de ambientes.

# ABSTRACT

## HETEROTIC PATTERNS AND COMBINING ABILITY IN LINES OF TROPICAL MAIZE WITH HIGH PROTEIN QUALITY.

BY

FIDENCIO ANTONIO GUERRA ROCA

MASTER OF SCIENCE  
PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 2000.

M.C. Humberto De León Castillo. Adviser

Key words: heterotic patterns, combining ability, inbred lines,  
High protein quality.

With the objective of developing better alternatives that allow to exploit the germoplasm of corn to obtain new varieties with better protein quality and better adaptation to the tropical region, 8 elite lines were evaluated in one experiment, 17 elite lines in a second experiment, these lines from the tropical maize program of International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). The first experiment included 28 single crosses obtained from a 8x8 diallel; in the second experiment, 11 lines were crossed with the other six to obtained 66 single crosses. Four checks of normal maize were included to both experiments, which were evaluated in 8 environment



during 1999: two environments in Central American (San Andrés, El Salvador and Cuyuta, Guatemala) and six environments of Mexico (Cardel, Cotaxtla (Cycle A and B), Poza Rica (Cycle A and B), Veracruz and Tlaltizapan, Morelos), all environments were tropical with the exception of Tlaltizapán. The objectives of the study were: (i) to confirm the heterotic patterns of the lines involved for grain yield, (ii) to estimate the combining ability effects of the lines of maize, (iii) to estimate the variance components for yield and other agronomic characteristic, (iv) to identify the best singles crosses. The two experiments were planted under an incompleted block design (alpha lattice), 4x8 the first and 7x10, the second with two replications, 2 rows per plot; with a plant density of 66,000 plants per hectare. The data were analyzed as a mixed model, for the genetic design, the method IV model I of Griffing (1956) was used for the first experiment, and the Design II of North Carolina proposed by Comstock and Robinson (1948) for the second.

The lines that showed the best effects of ACG for yield were 2 and 3 with 0.62 and 0.64 ton ha<sup>-1</sup> with triptophan percentage of 0.095 and 0.103 respectively for the first experiment; while 1 and 11 with 0.68 and 1.32 ton ha<sup>-1</sup> and triptophan of 0.095 and 0.103 respectively for the second experiment. The crosses 1x4, 1x6, 2x4, 2x8, showed the best effects for ACE (0.67, 0.62, 0.55 and 0.57 ton ha<sup>-1</sup>) for grain yield in the first experiment and the crosses 11x14, 13x16, 1x17, 7x13, 5x15, 4x17 and 9x17 with 1.48, 0.72, 0.69, 0.69, 0.50, 0.39 and 0.39 ton ha<sup>-1</sup> for yield in the second experiment.

It was confirmed that the lines 1, 2, 3, 7 and 8 derived from population 62 belong to the heterotic group "B" and the lines 4, 5 and 6 derived from the population 63 to the heterotic group "A".

The additive variance for grain yield was bigger than the dominance variance, with a proportion of 67 and 33 percent respectively in the second experiment.

The best crosses for grain yield in the first experiment were 2x4, 2x8, 2x5, 2x3, 2x6, 3x4, 3x7 with a range of 7.99 to 8.46 ton ha<sup>-1</sup> being statistically similar to the cross of normal corn CML 247 x CML 254 with 8.38 ton ha<sup>-1</sup>, with triptophan percentage ranged from 0.096 to 0.106 overcoming the check that obtained 0.056 percent; for the second experiment, the best crosses were 11x16, 1x16, 11x12, 11x14, 1x12, 11x17, 11x13, 1x13, 11x15 with a range of 7.65 to 8.11 ton ha<sup>-1</sup>, which were statistically similar to the cross of normal corn CML 247 x CML 254 with 8.36 ton ha<sup>-1</sup>, with tryptophan percentage ranged from 0.091 to 0.106 being superior to the check CML 247xCML 254 with 0.056. For both experiments, the crosses mentioned overcame the commercial checks used. The results indicate than new alternatives can be used to improve the protein quality of QPM germplasm with the purpose of improving the protein and adaptability of maize germplasm through a series of enviroments.

# INDICE DE CONTENIDO

Página

INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos .....	3
Hipótesis .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Contenido nutricional del maíz .....	4
Características del grano .....	5
Maíz de alta calidad de proteína en la nutrición humana y animal .....	9
Patrones heteróticos .....	11
Aptitud combinatoria .....	13
Heterosis .....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
Material genético .....	18
Obtención de las cruzas .....	19
Ambientes de evaluación y diseño experimental .....	19
Análisis estadístico .....	21
Análisis genético.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Análisis del experimento 1. Cruzas dialélicas .....	27
-Análisis de varianza individual .....	27
-Análisis de varianza combinado .....	31
Análisis del experimento 2. Diseño II de Carolina del Norte .....	41
-Análisis de varianza individual .....	41
-Análisis de varianza combinado .....	44
V. CONCLUSIONES	54
VI. RESUMEN	56
VII. LITERATURA CITADA	58
VIII. APENDICE	62

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pagina
2.1	Comparación de la composición nutricional entre el maíz normal y alta calidad de proteína. .... 4
2.2	Descripción de germoplasma tropical de CIMMYT de maíz de alta calidad de proteína (QPM). .... 8
2.3	Patrones heteróticos para algunas poblaciones de maíz de CIMMYT ..... 13
3.1	Genealogía de las líneas que se utilizaron para formar el experimento 1. .... 18
3.2	Genealogía de las líneas QPM que se utilizaron en el experimento 2. .... 18
3.3	Descripción de las localidades en el estudio. .... 20
3.4	Descripción de parámetros de evaluación en características agronómicas. .... 20
3.5	Forma del análisis de varianza látice ..... 23
3.6	Forma de análisis de varianza látice combinado ..... 23
4.1	Cuadrados medios, medias y coeficiente de variación en las variables medidas en la evaluación de cruzas en ocho localidades en 1999..... 31
4.2	Cuadrados medios del análisis dialélico combinado para rendimiento de grano y algunas características agronómicas..... 32
4.3	Efectos de ACG por localidad para el rendimiento de grano en ton ha <sup>-1</sup> en 8 líneas evaluadas en 1999. .... 34
4.4	Efectos de ACE para las cruzas dialélicas por localidad para rendimiento de grano en ton ha <sup>-1</sup> evaluadas en 1999. .... 35
4.5	Efectos de ACG y ACE a través de localidades para rendimiento de grano en ton ha <sup>-1</sup> de líneas evaluadas en el método 4 de Griffing. .... 37
4.6	Estimación de los efectos de ACG del análisis combinado para rendimiento de grano y características agronómicas de 8 líneas evaluadas en 1999..... 38
4.7	Efectos de ACE de las cruzas del análisis combinado para características agronómicas evaluadas en 1999. .... 39
4.8	Medias de rendimiento, heterosis, % de Triptófano y características agronómicas de las mejores cruzas a través de ocho localidades en 1999 .. 41
4.9	Cuadrados medios, medias, coeficiente de variación y varianzas en las

	variables medidas en las 66 cruzas evaluadas a través de localidades en 1999	47
4.10	Estimación de los efectos de ACG en el análisis individual para rendimiento de grano de las líneas evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.....	49
4.11	Efectos de ACG y ACE a través de localidades para rendimiento de grano de líneas evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.....	50
4.12	Estimación de efectos de ACG en el análisis combinado para proteína, triptófano y características agronómicas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.....	51
4.13	Medias de rendimiento y algunas características agronómicas de las mejores cruzas a través de ocho localidades en el Diseño II de Carolina del Norte.....	53
A.1	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de San Andrés, El Salvador. 1999.....	63
A.2	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cuyuta, Guatemala. 1999.....	63
A.3	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cardel, Veracruz, México. 1999.....	64
A.4	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99A, Veracruz, México. 1999.....	64
A.5	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99B, Veracruz, México. 1999.....	65
A.6	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99A, Veracruz, México. 1999.....	65
A.7	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99B, Veracruz, México. 1999.....	66
A.8	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Tlatizapán, Morelos, México. 1999.....	66

A.9	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de San Andrés, El Salvador. 1999.....	67
A.10	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cuyuta, Guatemala. 1999.....	67
A.11	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cardel, Veracruz, México. 1999.....	68
A.12	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99A, Veracruz, México. 1999.....	68
A.13	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99B, Veracruz, México. 1999.....	69
A.14	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99A, Veracruz, México. 1999.....	69
A.15	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99B, Veracruz, México. 1999.....	70
A.16	Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Tlatizapán, Morelos, México. 1999....	70
A.17	Medias ajustadas de rendimiento y diferentes características agronómicas a través de ocho ambientes de cruza dialélicas evaluadas en 1999.....	71
A.18	Estimados de porcentajes de nitrógeno, triptófano y proteína e índices de calidad para los progenitores y cruza evaluadas en el método IV de Griffing en Tlatizapán en 1999.....	72
A.19	Medias ajustadas de rendimiento y diferentes características agronómicas a través de ocho ambientes de las cruza evaluados en el Diseño de Carolina del Norte, 1999.....	73
A.20	Valores estimados para porcentaje de nitrógeno, triptófano y proteína, e índice de calidad en los progenitores y cruza QPM del Diseño II de Carolina del Norte en Tlatizapán en 1999.....	75
A.21	Medias de rendimiento de grano por localidad para cruza dialélicas evaluadas en 1999.....	77
A.22	Medias de rendimiento de grano por localidad para cruza evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.....	78

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
4.1	Rendimiento de la mejor cruza QPM con respecto al mejor testigo de maíz normal por localidad en el experimento 1.	30
4.2	Rendimiento de la mejor cruza QPM con respecto al mejor testigo de maíz normal por localidad en el experimento 2.	44

# I. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético del maíz ha contribuido a incrementar la productividad del cultivo a través de híbridos y variedades de polinización libre mejoradas, tanto en los países desarrollados así como en los países en vías de desarrollo, para estos últimos, ya no solo es importante el rendimiento si no también, obtener un maíz más nutritivo, siendo de gran importancia en México y Centro América donde se tienen consumos percapita de 240 y 136 kg/año respectivamente. Aunque los cereales proporcionan mas del 70 por ciento de la proteína que consume la humanidad, constituyen un alimento de baja cantidad y calidad proteínica. En cuanto a su valor nutritivo, la mayor deficiencia del maíz consiste en que tiene un nivel bajo de triptófano y lisína, aminoácidos esenciales que el hombre y otros animales monogástricos no son capaces de sintetizar y los deben obtener de sus alimentos. El descubrimiento de los genes recesivos *opaco-2* y *harinoso-2* son una alternativa para incrementar el nivel de lisina y triptófano en la proteína del endospermo del maíz, sin embargo dichos genes han proporcionado un tipo de grano opaco y suave. En los últimos años, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha desarrollado germoplasma de maíz con calidad de proteína llamado QPM en sus siglas en ingles, con endospermo duro, a través del uso combinado de dos sistemas genéticos que implican el gen *opaco-2* para mejorar la calidad de proteína y modificadores genéticos para mejorar el endospermo del grano (Vasal *et al.*,1993a).



La heterosis, es un aspecto muy importante en un programa de mejoramiento, cuando se está interesado en obtener como producto final híbridos; se requiere inicialmente identificar fuentes de germoplasma con buen potencial de rendimiento, características agronómicas deseables, buena capacidad para generar progenitores endogámicos y no endogámicos, así como identificar patrones heteróticos bien definidos y manejarlos por separado. Se han realizado muchas investigaciones para identificar patrones heteróticos y los que han dado mayor heterosis han sido los materiales que poseen características contrastantes (en tipo de grano, mazorca, adaptación etc).

En estudios realizados sobre germoplasma de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en complejos genéticos (pooles), poblaciones y variedades de polinización libre, se ha encontrado el siguiente patrón heterótico: población 62 (QPM blanco cristalino tropical) x 63 (QPM blanco dentado tropical), los cuales se pueden utilizar para el desarrollo de híbridos (Vasal *et al.*, 1993a).

El desarrollo de híbridos superiores con alta calidad de proteína pueden proporcionar mayores beneficios a los agricultores dedicados al cultivo del maíz, desde el punto de vista de consumo humano y animal.

## Objetivos

- Definir o confirmar los patrones heteróticos de las líneas de la población 62 y 63 involucradas en este estudio para el rendimiento de grano.
- Estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas y aptitud combinatoria específica (ACE) de las cruzas para rendimiento de grano, triptófano y características agronómicas.
- Estimar componentes de varianza y heredabilidad para rendimiento de grano y características agronómicas.
- Identificar híbridos simples con alto potencial de rendimiento y alta calidad de proteína.

## Hipótesis

- Todas las líneas presentarán diferente comportamiento en sus combinaciones híbridas.
- Existen diferencias entre los efectos de ACG de las líneas y también existen diferencias entre los efectos de la ACE de sus cruzas para rendimiento y triptófano.
- La heredabilidad en sentido estricto es baja para rendimiento y pudrición de mazorca.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Contenido nutricional del maíz

Mertz *et al.* (1964), en estudios realizados en la Universidad de Purdue, descubrieron el gen mutante recesivo simple opaco-2 en el cromosoma 7 del maíz, el cual duplica la cantidad de lisina y triptófano en el endospermo que le una mayor calidad nutricional, así como también dicho gen ocasiona cambios drásticos en el fenotipo del grano. Similar comportamiento presenta el gen harinoso-2 (Nelson *et al.*, 1965).

López (1992), menciona que los maíces de alta calidad de proteína desarrollados por mejoradores en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), con el gen recesivo opaco-2, poseen diferente composición nutritiva al compararlos con maíces normales (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Comparación de la composición nutricional entre el maíz normal y alta calidad de proteína.

Nutrientes	Unidades	Maíz normal	Maíz QPM
Energía metabolizable (cerdos)	Kcal/Kg	3430	3430
Energía metabolizable (pollo)	Kcal/Kg	3840	3480
Proteína cruda	%	9.70	9.70
Calcio	%	0.02	0.02
Fósforo digestible	%	0.09	0.09
Metionina	%	0.15	0.16
Metionina más cistina	%	0.30	0.34
Treonina	%	0.33	0.37
Arginina	%	0.39	0.56
Valina	%	0.43	0.46
Fenilalanina	%	0.45	0.40
Isoleusina	%	0.30	0.28
Leusina	%	1.14	0.85
Lisina	%	<b>0.24</b>	<b>0.42</b>
Triptófano	%	<b>0.06</b>	<b>0.11</b>

Fuente: Laboratorio de calidad de proteína, CIMMYT

Se puede observar que la cantidad de energía y proteína en maíz de alta calidad de proteína (QPM) no es diferente a la del maíz normal, sin embargo, los valores relativos de lisina y triptófano son sustancialmente altos en los maíces QPM al compararlos con los normales (aproximadamente en 75 por ciento para lisina y 83 por ciento para triptófano).

Aunque el maíz contiene cerca del 10 por ciento de proteína, el principal limitante de aminoácidos en los cereales de grano es lisina para alimentar animales monogástricos en sus raciones. Aproximadamente la mitad de la proteína en maíz es zeína y esta es baja en lisina y triptófano. Investigaciones encontraron que un efecto del gen opaco-2 es duplicar el contenido de lisina y triptófano al compararlo con el maíz normal. El contenido del maíz con alta lisina, la zeína es del 15 por ciento comparado con un 50 por ciento del maíz normal. Además, la lisina que está presente en el maíz QPM tiene diferente composición de aminoácidos que la zeína del maíz normal (Kniep *et al.*, 1987).

### **Características del grano**

El endospermo de un grano maduro de maíz comprende cerca del 82 por ciento del grano. El endospermo maduro de un maíz normal está compuesto de regiones harinosas y cornea en una relación de cornea harina de 2:1. La proteína del endospermo consiste de una proteína matriz y componentes granulares insertados en la matriz. La proteína matriz está compuesta en mayor cantidad por zeína, una proteína prolamina, con el endospermo del grano. Zeína es la proteína de mayor fracción en un maíz normal, abarcando cerca del 55 por ciento del total de la proteína, además, zeína es el factor más importante que tiene influencia en el peso del grano, rendimiento de grano y la calidad

nutricional del grano (Kniep, *et al.*, 1987).

Tsai *et al.* (1978), mencionan que la síntesis de zeína comienza cerca de los 12 días después de la polinización y es mas activa entre los 16 y 35 días después. En cambio en el mutante opaco-2, se da poco o no incremento de zeína mas allá de los 35 días después de la polinización, mientras que en genotipos de maíz normal incrementos de zeína pueden ocurrir hasta los 50 días después de la polinización (Tsai, 1979).

El endospermo harinoso proporcionado por el gen opaco-2, presenta grandes diferencias entre el maíz normal y el de alto contenido de lisina. El alto contenido de lisina de los maíces QPM tiene mayor contenido de harina en el endospermo en comparación con el maíz normal. Una preponderancia del endospermo harinoso en granos con alta lisina resulta en baja densidad del grano y disminución en el peso al compararlo con maíz normal. Inicialmente las criticas para el maíz QPM incluyeron, pobre vigor en la germinación, bajo secamiento de grano, menor rendimiento (10 por ciento), problemas de almacenamiento, pudrición de mazorca, ataque de insectos y la necesidad de aislamiento en el campo para evitar la polinización cruzada con maíz normal. La adopción de los maíces QPM por los productores de grano o productores de puercos ó de aves de corral, depende grandemente de la estabilidad de producción en el campo con disponibilidad de nuevos híbridos de mejores rendimientos y características agronómicas deseables por los productores (Kniep *et al.*, 1987).

Wessel-Beaver *et al.* (1985), en estudios realizados con variabilidad genética y correlaciones para modificación de endospermo, evaluaron 240 familias S<sub>2</sub>, encontraron que la varianza genética aditiva fue significativa para porcentaje de lisina y proteína,

lisina por 100 gramos de proteína; la varianza de dominancia fue significativa para modificación de endospermo, peso de 100 granos, volumen y densidad del grano. Además, encontraron que la modificación del endospermo fue negativamente correlacionada con porcentaje de lisina, proteína y lisina en 100 gramos de proteína, por lo tanto, la selección para modificación podría ser acompañada por selección para contenido de lisina y la modificación de endospermo fue positivamente correlacionada con densidad de grano.

Letchworth y Lambert (1998), en estudios realizados en el efecto del polen en la concentración de la proteína, determinaron que la concentración de la proteína fue alta en granos autofecundados, comparados con que los provenientes de polinización abierta y además, en cruzas recíprocas mostraron un fuerte efecto maternal para la concentración de proteína en grano.

Pixley y Bjarnason (1994), realizaron un estudio para ver el efecto del polen en la modificación del endospermo, encontraron que el maíz con endospermo normal redujo el triptófano en grano en 37 por ciento y triptófano en proteína en 38 por ciento, pero el polen de maíz normal y maíz QPM no difieren en el efecto en la concentración de proteína en grano.

Ortega *et al.* (1986), en estudios realizados con procesos químicos de las proteínas en maíz Tuxpeño-I y Blanco Dentado-I (QPM), evaluaron la calidad de proteína del grano en nixtamal, masa y tortillas, concluyeron que en las tortillas que fueron hechas con el maíz QPM, fueron superior en el contenido de aminoácidos de

lisina (73 por ciento) y triptófano (82 por ciento), estos últimos no fueron significativamente afectados al preparar la tortilla.

Vasal *et al.* (1993a), describen los materiales desarrollados en CIMMYT con alta calidad de proteína de maíz tropical, los cuales se citan a continuación:

Cuadro 2.2. Descripción de germoplasma tropical de CIMMYT de maíz de alta calidad de proteína (QPM).

Germoplasma	Nombre	Descripción
Pool 23 QPM	Blanco cristalino tardío	Complejo tropical QPM, compuesto por familias QPM de las poblaciones Tuxpeño QPM, mezcla tropical blanca QPM, Tuxpeño caribe QPM, la posta QPM.
Pool 24 QPM	Blanco dentado tardío QPM	Complejo maíz tropical QPM, formado por familias QPM de pool 23 resistentes a <i>Phyllachora maydis</i> .
Pool 25 QPM	Amarillo cristalino tardío QPM	Complejo maíz tropical amarillo cristalino, formado por familias QPM amarillas resistentes a <i>Phyllachora maydis</i> .
Pool 26 QPM	Amarillo dentado tardío QPM	Complejo de maíz tropical amarillo dentado QPM, formado por familias QPM dentado amarillo resistente a <i>Phyllachora maydis</i> .
Población 62	Blanco cristalino QPM	Maíz tropical blanco semicristalino, compuesto por amplia base genética, formado por Tuxpeño 1, mezcla tropical blanca, blanco cristalino, tuxpeño caribe, la posta y pools 20, 23 y 24.
Población 63	Blanco dentado 1QPM	Maíz tropical blanco QPM, formado por tuxpeño1, la posta QPM. pool 24 QPM.
Población 64	Blanco dentado 2 QPM	Formado por versiones de Tuxpeño caribe y mezcla tropical blanca
Población 65	Amarillo cristalino QPM	Maíz tropical amarillo cristalino con granos modificados de opaco-2, formado por familias QPM amarillas cristalinas de pool QPM y segregantes de amarillo cristalino, dentado, Tuxpeño caribe.
Población 66	Amarillo dentado QPM	Formado por familias de amarillo dentado de pool QPM, amarillo dentado.
Poza Rica 7737	Variedad experimental de población 37 (Tuxpeño 02)	Maíz blanco dentado tropical, formado con germoplasma Tuxpeño con opaco-2 endospermo suave.

Kniep y Mason (1991), en estudios realizados para determinar la concentración

de la lisina y proteína en maíz normal y QPM, bajo fertilización con nitrógeno e irrigación, encontraron que para rendimiento de grano y calidad nutricional son influenciados por selección del híbrido, irrigación y fertilización nitrogenada, los cuales podrían ser considerados por los productores.

### **Maíz de alta calidad de proteína en la nutrición humana y animal**

Pradilla *et al.* (1985), describen los resultados de experimentos con maíz de alta calidad de proteína en la nutrición humana, determinaron que hay mayor valor nutricional en el endospermo del maíz opaco-2, en comparación con el maíz normal. A los niños en los que se les hicieron las pruebas, 9.7 gramos de maíz opaco-2/kilo de peso/día, son suficientes para satisfacer el mínimo de aminoácidos esenciales. Independientemente de la ingestión de nitrógeno total, cantidades menores arrojan balances negativos. Además menciona que la utilización de este maíz podría disminuir el precio de otros productos como el pan y espagueti, al reducir la necesidad de importar trigo, a la vez podría aumentar el valor nutricional de estos productos.

Bressani *et al.* (1969), realizaron estudios con maíces de alta calidad de proteína QPM, incluyendo una dieta de caseína o leche. Determinaron que el contenido proteínico obtenido en sus resultados, fue similar tanto de calidad de proteína de maíz como la de leche.

En 1966-1967 la Universidad del Valle en Calí, Colombia y el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) de Guatemala, realizaron estudios en niños, donde se adicionó una dieta de maíz opaco. La Universidad del Valle reporta que



los niños de 5 y 6 años que presentaban desnutrición avanzada, se recuperaron al consumir una dieta que contenía 80 por ciento de proteína de maíz opaco. En cambio, el INCAP reporta que el contenido nutricional de la proteína del maíz opaco contenía 10 por ciento menos que la proteína presente en la leche (Bressani, 1972).

Maner (1985), en trabajos realizados con maíz de alta calidad de proteína en la nutrición de porcinos, cita que el trabajo inicial con opaco-2 en cerdos fue reportado por Beeson y colaboradores de la Universidad de Purdue. Se demostró que el crecimiento de cerdos de 13.8 a 25.7 kg fue tres veces más rápido con maíz opaco-2 que con maíz normal. Los cerdos alimentados con opaco-2 crecieron a una velocidad igual que los alimentados con maíz normal más una cantidad de harina de frijol soya. En sus trabajos determinó que se puede usar el maíz opaco-2 como fuente proteínica durante los periodos finales, anterior a la gestación y durante la gestación en el ciclo de vida de los cerdos, sin afectar su desarrollo en comparación con las dietas basadas en los requisitos usadas “consejo nacional de investigación”. El maíz opaco-2 no solo es adecuado para cerdos lactantes, si no también en crecimiento o para cerdas en periodo de lactancia, la ventaja del maíz opaco-2 es que contiene un mayor balance de aminoácidos especialmente lisina y triptófano, lo cual permite un comportamiento igual a los cerdos alimentados con proteína suplementaria y maíz común.

Sullivan *et al.* (1989), demostraron las ventajas de dietas con maíz de alta calidad de proteína QPM para las etapas de iniciación y crecimiento en cerdos.

Pinter *et al.* (1995), en comparación de maíz de alta calidad de proteína QPM y

maíz normal en la alimentación con cerdos. El resultado mostró que el maíz opaco-2 fue superior en retención de nitrógeno y en el valor biológico de la proteína comparada con los genotipos de maíz normal, como consecuencia usando el opaco-2 puede balancearse el alimento y reducir los contenidos de soya por 27 por ciento. Además la calidad de la carne de los cerdos alimentados con opaco-2 y menos soya fue similar a la de los cerdos alimentados con maíz normal y mayores cantidades de suplemento de proteína de soya. Los genotipos de maíz mejorados con opaco-2 pueden ser una alternativa como fuente de proteína en las raciones para la producción de cerdos en países donde el clima no es muy favorable para la producción de soya y donde la alternativa en los suplementos de proteína no son realmente disponibles.

En pollos, el maíz opaco-2 ha mostrado ventajas sobre el maíz normal, por que este es alto en el contenido de lisina (Rogler 1966; Cromwell *et al.*, 1967). Además, se reportado que el aminoácido metionina es limitante, en una dieta basada en maíz opaco-2 y frijol soya (Cromwell *et al.*, 1968). Otra sugerencia importante es que los pollos necesitan carotenos, precursores de la vitamina A, y estos son mejores en los maíces QPM amarillos que en los maíces normales amarillos (Bosque and Bressani 1987).

### **Patrones heteróticos**

Hallauer (1993), menciona que 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 mismo autor indica que el mejoramiento del maíz incluye dos componentes de igual importancia: 1). Elección del germoplasma y 2). Desarrollo de líneas para su uso en híbridos.

A través del tiempo se han identificado y definido patrones heteróticos que poseen características claramente contrastantes siendo los más comunes, maíces de grano dentado vs. Cristalinos; maíces tropicales vs. Subtropicales; materiales de madurez precoz vs. madurez intermedia y tardía; maíces subtropicales vs. clima templado; Tuxpeño vs. Eto, mazorca cónica vs. Cilíndrico (para valles altos), Reid Yellow Dent vs. Lancaster Sure Crop en EUA; braquíticos vs. Altos.

Mickelson *et al.* (1995), mencionan que los patrones heteróticos más utilizados actualmente son: Tuxpeño x Eto en Latino América; Reid Yellow Dent y Lancaster Sure Crop en el clima templado de los Estados Unidos de Norte América.

Vasal *et al.* (1999), mencionan que según estudios realizados por CIMMYT, las poblaciones se desarrollaron inicialmente por selección intrapoblacional de acuerdo a las zonas agro-ecológicas de tierras bajas, subtropical, transición y tierras altas. En muchas de estas poblaciones actualmente se está realizando selección recurrente interpoblacional, de acuerdo a cada zona, en las tierras tropicales se esta enfatizando en cinco pares de poblaciones heteróticas que son: Tuxpeño (Pob. 21)x ETO (Pob. 32), Mezcla Tropical Blanca (Pob. 22)x La Posta (Pob. 43), Amarillo Dentado (Pob. 28)x Cogollero (Pob. 36), Amarillo Cristalino (Pob. 27)x Antigua Ver. 181 (Pob. 24) y Blanco Cristalino-1 (Pob. 23)x Blanco Dentado-2 (Pob. 49). Para las zonas subtropicales se esta usando selección interpoblacional con énfasis en los patrones heteróticos siguientes: Subtropical (Pob. 33)x Amarillo Bajío (Pob. 45), A.E. Dentado-Tuxpeño (Pob. 44)x ETO Illinois (Pob. 42) y SIW-HG 88 A (Pob. 501)x SIW-HT 88 B (Pob.

502). En el programa de tierras altas se tiene un solo patrón heterótico que lo forman las poblaciones Pob. 902 x Pob. 903. Además los mismos autores mencionan que la heterosis del germoplasma del CIMMYT no ha sido alta, debido que posee una amplia base genética y muchos de los parientes se han identificado con alta ACG, debido a esto, se tienen posibles patrones heteróticos como se describe en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Patrones heteróticos para algunas poblaciones de maíz de CIMMYT.

Población	Posibles patrones heteróticos
21	Pob 25, Pob 32, Pob 23
22	Pob 25, Pob 32
23	Pob 49, Pool 20
24	Pob 27, pob 36, suwan-1, pool 25
25	Pob 21, Pob 22, Pob 43, Pool 24
26	Pool 21
27	Pob 24, Pob 36, Pool 26
29	Pob 25, Pob 32
31	Pob 26, Pool 22
33	Pob 21, Pob 22, Pob 29, Pob 44
34	Pob 44, Pob 47, pob 501, Pool 32
32	Pob 27, Pool 25, suwan-1
42	Pob 43, Pob 44, Pob 501, Pob 502, pool 32
43	Pob 42, Pob 44, Pool 32
49	Pob 33, pool 19

Vasal *et al.* (1993a), en estudios realizados en maíces tropicales de alta calidad de proteína (QPM) identificaron el patrón heterótico entre población 62 x población 63, recomendando el uso de estas poblaciones para el desarrollo de híbridos QPM.

### **Aptitud combinatoria**

De acuerdo con los objetivos que se planteen, las cruzas dialélicas pueden tomar diferente estructura de todas las posibles que se pueden hacer. Griffing (1956) describe 4 técnicas para poder realizar las cruzas dialélicas, siendo estas las siguientes: 1.)

Autofecundaciones y sus cruzas  $F_1$  directas y recíprocas, haciendo un total de  $p^2$  cruzas posibles; 2.) Los progenitores y sus cruzas  $F_1$  directas, para un total de  $p(p + 1)/2$  cruzas; 3.) Cruzas directas y recíprocas para un total de  $p(p-1)$  combinaciones y 4.) Cruzas directas para un total de  $p(p-1)/2$  cruzas directas, siendo este método uno de los que más se utilizan en maíz ya que no toma los efectos maternos. Dos términos que se han difundido con relación a la aptitud combinatoria son, la aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE), por medio del cual se permite interpretar la forma en que actúan los genes, si es de acción aditiva o no aditiva, así como la importancia relativa de estas pruebas siendo de interés para ACG, cuando se quiere hacer selección de líneas *per se* y cuando se quieren identificar cruzamientos específicos, entonces tiene importancia la ACE (Vasal *et al.*, 1987).

Vasal *et al.* (1993a), evaluaron un dialélo en ocho localidades (en México, Colombia, Guatemala y Filipinas) formado por las cruzas de 10 materiales QPM de CIMMYT (Cuatro pools 23, 24, 25, 26 y seis poblaciones 62, 63, 64, 65, 66 y PR 7737); los progenitores también fueron incluidos en el estudio. Encontraron que las poblaciones 62, 63 blancas y PR 7737 amarilla obtuvieron los efectos de ACG mas altos para rendimiento de grano, y para dureza de endospermo en población 63; recomendando que la población 62 y 63 se pueden utilizar como patrón heterótico en el desarrollo de híbridos.

Vasal *et al.* (1993b), en estudios realizados en maíces subtropicales de alta calidad de proteína, evaluaron un dialélo en seis localidades, tres en México y tres en USA formado de 10 materiales QPM de CIMMYT, seis pools 27, 29, 31, 32, 33, 34 y

cuatro poblaciones 67, 68, 69, 70. De acuerdo a los resultados, encontraron que para las regiones subtropicales de México, la población 68, pool 24, población 69 y pool 34 presentan potencial para el desarrollo de híbridos, además presentan la característica de endospermo duro. En cambio, para los programas de USA, pool 27, pool 29 y población 70 podrían ser usadas como fuente de introgresión de material exótico en materiales de alta calidad de proteína de la faja maicera y para desarrollo de endospermo duro en híbridos QPM.

Pixley y Bjarnason (1993), en estudios realizados con maíz de alta calidad de proteína QPM, evaluaron 4 dialélos con 28 líneas de 5 poblaciones a través de 5 localidades, encontraron que los mejores híbridos en cada experimento fueron mejores que los testigos de maíz con endospermo normal, superándolos en 14 por ciento para rendimiento de grano, 48 por ciento para la concentración de triptófano en grano y 60 por ciento para la concentración de triptófano en proteína. Concluyendo que los efectos de acción génica aditiva fueron principalmente los responsables para la variación para la concentración de proteína en grano, triptófano en grano y triptófano en proteína y los efectos de ACE no significativos para la calidad de proteína. Indicando que la selección para el uso en híbridos ó formación de variedades de polinización libre QPM pueden ser basados en evaluación de ACG para estas características entre líneas agrónomicamente aceptables.

Spaner y Matter (1992), en estudios realizados con el desarrollo de híbridos precoces de alta calidad de proteína QPM con endospermo duro y altos en lisina, evaluaron un grupo de líneas QPM en áreas templadas del este de Canadá, usando 8

líneas derivadas de las poblaciones NTR-1 y NTR-2 para el dialélo, en dos localidades y concluyeron que los efectos de habilidad combinatoria general ACG fueron altamente significativos para rendimiento, humedad a la cosecha y granos opacos. En cambio los efectos de habilidad combinatoria específica ACE fueron significativas para rendimiento de grano y humedad a la cosecha, además algunos híbridos QPM rindieron bien pero tuvieron altos niveles de humedad a la cosecha.

### **Heterosis**

Shull (1908) fue el que utilizó el término de heterosis basado en el concepto de heterocigosis el que nada tiene que ver con las leyes mendelianas y fue propuesto hasta en 1914, definiéndolo como el incremento en vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia a regiones climáticas de cualquier clase, manifestado por los organismos cruzados al compararse con los organismos endogámicos correspondientes, como resultado de la disimilitud en la constitución de los gametos paternos.

Según Márquez (1988) la heterosis es el resultado de la diferencia entre la media de la población  $F_1$  y la media de la población del mejor padre. La heterosis se determina como la  $F_1$  menos un medio de la suma de sus parentales  $H = F_1 - 1/2(p_1 + p_2)$  (Falconer, 1984).

Muchos son los trabajos que se han realizado para poder probar o rechazar por completo las teorías propuestas para dar una explicación científica a este fenómeno (Hallauer y Miranda, 1981), las cuales son formuladas varias como se presentan algunas

a continuación:

1) Hipótesis de la sobredominancia, según Márquez (1988), esta teoría se basa en la disimilitud de los gametos paternos respecto a la progenie, siendo el híbrido un heterocigote y la línea un homocigote, dando como resultado, que la cruce es superior a su parental en cualquier sentido, siendo la estructura genética  $Aa > AA$  o  $aa$ .

2) Hipótesis de dominancia: Márquez (1988), dice que se basa en el hecho frecuentemente observado en los efectos perjudiciales que los genes recesivos tienen sobre los fenotipos o los efectos benéficos de los genes dominantes donde  $Aa > aa$ .

Hallauer y Miranda (1981), indican que si la heterosis se debe a la acumulación de genes dominantes favorables, sería posible obtener líneas endocriadas tan productivas como los híbridos de dos líneas.

Falconer (1984) demostró teóricamente el fenómeno de la heterosis y señala que los requisitos que pueden ser necesarios para que este se exprese son la presencia de algún grado de dominancia y la diferencia en frecuencias génicas de los progenitores que se cruzan.

Molina y Lobato (1998), encontraron una correlación significativa en heterosis para rendimiento calculada en base al promedio de rendimiento *per se* de las dos líneas progenitoras y la heterosis calculada en base al promedio de la ACG de las líneas progenitoras, donde el segundo corresponde a una correlación casi perfecta, indicando que en la mayoría de los casos las cruces con mayor rendimiento fueron también las de mas heterosis.



### III. MATERIALES Y METODOS

#### Material genético

El material genético utilizado en el presente estudio fueron líneas desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las líneas de alta calidad de proteína QPM se seleccionaron de las poblaciones 62, 63 y variedades de polinización libre, con relación a su comportamiento *per se* y se usaron como progenitores para dos tipos de experimentos: 1. Cruzas dialélicas (Cuadro 3.1) y 2. Sistema de apareamiento del Diseño II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948) entre las líneas indicadas en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.1. Genealogía de las líneas que se utilizaron para formar el experimento 1.

Número de línea	Genealogía
1	P62C3HC163-3-1-3-1-B-1-3-B-B-3-BB
2	CML 144 P62C5HC182-2-1-2-BB-3-1--##-BBB
3	CLQ 63-6701
4	CML 146 AC8563MH35-3-1-B-2-1-BB-1-BB-#-BBB
5	P63C2HC23-1-2-1-B-1-BB
6	CML159 P63C2HC5-1-3-1-B-2-1-1-B-#-BBB
7	P63C2HC161-1-3-B-B-2-BB
8	G24MH169-2-1-B-3-1-1-BBBB

Cuadro 3.2. Genealogía de las líneas QPM que se utilizaron en el experimento 2.

GRUPO 1 (POB. 62) Patrón heterótico "B"	GRUPO 2 (POB. 63) Patrón heterótico "A"
1. CML 144 P62C5HC182-2-1-2-BB-3-1- ##-BBB	12. P63C2HC5-1-3-1-B-1-BB
2. P62C1HC24-5-3-1-1-B-1-BB	13. CML 159 P63C2HC5-1-3-1-B-2-1-1-B-#-BBB
3. P62C3HC163-3-1-3-1-B-1-3-B-B-3-BB	14. P63C2HC161-1-3-B-B-2-BB
4. P62C5HC24-5-3-2-1-BBBB	15. AC8363MH44-1-1-B-B-B-BB
5. P62C6HC13-1-3-BBB-10-BB	16. P63C0HC124-1-3-1-####-1-BBBB
6. P62C5HC2-1-2-2-1-1-B-5-BB	17. G24MH169-2-1-B-3-1-1-BBBB
7. S 8662 Q-7-2-BB-BB	
8. P62C5HC117-2-1-1-2-1-BB-BB	
9. P62C1HC24-5-3-2-1-B-7-1-##-B	
10. P62C3HC163-3-3-3-#-2-1-1-B-2- BBBB	
11. CLQ 63-6701	

### **Obtención de las cruzas**

Las 8 líneas QPM (Cuadro 3.1), se utilizaron para el experimento 1, donde se formó un dialelo 8x8 usando el método IV de Griffing (Griffing, 1956), obteniéndose un total de 28 cruzas. Los cruzamientos se realizaron en la estación experimental de CIMMYT en Tlaltizapán, Morelos en el ciclo de verano 1988-B, mediante polinización manual, obteniéndose la semilla que se utilizó en la evaluación de ensayos uniformes.

En el segundo experimento se utilizaron 11 líneas QPM como macho y 6 líneas QPM como hembras (Cuadro 3.2), en un sistema de apareamiento del Diseño II de Carolina del Norte propuesto por Comstock y Robinson (1948). Los cruzamientos se realizaron en la estación experimental de CIMMYT en Tlaltizapán, Morelos en el ciclo de verano 1998-B, los cruzamientos se hicieron en forma manual, obteniéndose un total de 66 cruzas.

### **Ambientes de evaluación y Diseño experimental**

Los dos tipos de experimentos se sembraron bajo un diseño alfa látice, el primero fue de 4x8 para un total de 32 tratamientos, de las cuales 28 cruzas QPM y 4 testigos de maíz normal; el segundo experimento fue un látice 7x10 para un total de 70 tratamientos, donde 66 cruzas QPM y 4 testigos de maíz normal. Los testigos utilizados fueron CML 247 x CML 254 que es un híbrido simple de maíz normal tropical de CIMMYT; el híbrido P-3086 de la compañía Pioneer; el híbrido H-515 de INIFAP y un testigo local, dichos testigos se utilizaron para ambos experimentos. Se usaron en ambos experimentos 2 repeticiones por localidad, 2 surcos por parcela de 5 m de largo

espaciados a 0.75 m entre hileras y 0.20 m entre plantas. A la siembra se utilizaron 2 semillas por postura para posteriormente ralea a una planta por postura y tener una densidad de población de 66,000 plantas por hectárea. Los experimentos se evaluaron en 1999 a través de 8 ambientes (Cuadro 3.3) y los parámetros de evaluación se describen en el Cuadro 4.4.

Cuadro 3.3. Descripción de las localidades en el estudio.

Localidades	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	Evaluador
San Andrés, El Salvador	460	13° 49' N	89° 24' W	CENTA
Cuyuta, Guatemala	48	14° 18' N	90° 53' W	ICTA
Cardel, Veracruz, México	85	19° 20' N	96° 23' W	UAAAN
Cotaxtla 99A, Veracruz, México	15	18° 50' N	96° 10' W	INIFAP
Cotaxtla 99B, Veracruz, México	15	18° 50' N	96° 10' W	INIFAP
Poza Rica 99A, Veracruz, México	60	20° 32' N	97° 26' W	CIMMYT
Poza Rica 99B, Veracruz, México	60	20° 32' N	97° 26' W	CIMMYT
Tlaltizapán, Morelos, México	940	18° 41' N	99° 68' W	CIMMYT

msnm=Metros sobre el nivel del mar.

Cuadro 3.4. Descripción de parámetros de evaluación en características agronómicas.

Característica	Medida	Descripción
Días a flor	días	Días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de las parcelas tienen estigmas de 2-3 cm de largo y 50% de emisión de polen.
Altura de Planta	cm	Distancia en centímetro desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja).
Altura de Mazorca	cm	Distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca mas alta, se puede medir de 2-3 semanas después de la floración.
Enfermedades	1-5	Se registrara según una escala de 1 a 5, donde 1 indica la ausencia de la enfermedad y 5, una infección muy severa.
Acame de raíz	%	Este se toma al final del ciclo, justo antes de la cosecha, se registra el número de plantas con una inclinación de 30 grados o más a partir de la perpendicular en la base de la planta, donde comienza la base radical.
Acame tallo	%	Se registra el número de plantas con tallos rotos abajo de las mazorcas.
Aspecto de mazorca	1-5	Escala de 1 a 5 (1 muy buena, 5 muy malo), considerando para esta calificación, la apreciación visual conjunta de daño por insectos y enfermedades, tamaño de mazorca y uniformidad de la misma.
Dureza de grano	1-5	Escala visual de 1-5 donde 1 es excelente tipo de grano muy parecido al maíz normal y 5 muy harinoso.
Pudrición de mazorca	%	Se registra el número de mazorcas podridas a la cosecha por parcela útil.
Cobertura de mazorca	%	Se registra el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha tengan expuesta alguna parte de la mazorca.
Proteína triptófano	y %	En proteína, se usa el método de micro Kjeldahl y en triptófano el método Opienska-Blaut.
Rendimiento	ton ha <sup>-1</sup>	Rendimiento en ton ha <sup>-1</sup> , al 15 por ciento de humedad y 80 por ciento de desgrane.

## Rendimiento de grano

El rendimiento de grano fue expresado en  $\text{ton ha}^{-1}$ ; al 15 por ciento de humedad, mediante la siguiente ecuación:

$$Rc = Pc * \left(1 - \frac{Hum}{100}\right) * \frac{80}{85} * \frac{10,000}{APU}$$

Donde: Rc, rendimiento calculado en  $\text{ton ha}^{-1}$  al 15% de humedad; Pc, peso de campo (kg); Hum, porcentaje de humedad de grano en el campo; 80, porcentaje de desgrane; 85, humedad al 15% de humedad; APU, área de parcela útil; 10,000, área equivalente a una hectárea.

## Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza por localidad (Cuadro 3.5). Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico SAS (SAS, 1989) con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \beta_{j(i)} + \tau_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$ , efecto de la  $i$ -ésima repetición, del  $j$ -ésimo bloque, del  $k$ -ésimo tratamiento;  $\mu$ , la media general;  $\gamma_i$ , efecto de la  $i$ -ésima repetición;  $\beta_{j(i)}$ , efecto del  $j$ -ésimo bloque dentro de la  $i$ -ésima repetición;  $\tau_k$ , efecto del  $k$ -ésimo tratamiento;  $\varepsilon_{ijk}$ , efecto del error experimental.

También se realizó un análisis combinado (Cuadro 3.6) usando el paquete PC SAS (SAS, 1989).

El modelo para el análisis combinado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + l_i + \gamma_{j(i)} + \beta_{k(ij)} + \tau_l + l\tau_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijk\ell}$ , efecto de la  $j$ -ésima repetición, del  $k$ -ésimo bloque, del  $\ell$ -ésimo tratamiento, en la  $i$ -ésima localidad;  $\mu$ , la media general;  $l_i$ , efecto de la  $i$ -ésima localidad;  $\gamma_{j(i)}$ , efecto de la  $j$ -ésima repetición dentro de la  $i$ -ésima localidad;  $\beta_{k(ij)}$ , efecto de la interacción entre la  $j$ -ésima repetición y la  $i$ -ésima localidad dentro del  $k$ -ésimo bloque;  $+ \tau_\ell$ , efecto del  $\ell$ -ésimo tratamiento;  $l\tau_{i\ell}$ , efecto de la interacción entre del  $\ell$ -ésimo tratamiento y la  $i$ -ésima localidad;  $\varepsilon_{ijkl}$ , efecto del error experimental.

Para comparar las medias de rendimiento y de otros caracteres estudiados en los cruzamientos, se aplicó la prueba de rango múltiple diferencia mínima significativa (DMS).

$$DMS = t_\alpha(glee) * \sqrt{\frac{2CMEE}{r}} \quad (\text{individual})$$

$$DMS = t_\alpha(glee) * \sqrt{\frac{2CMEE}{rl}} \quad (\text{combinado})$$

Donde:

$t_\alpha(glee)$  = valor de  $t$  según los grados de libertad del error

CMEE = cuadrado medio del error experimental

$r$  = número de repeticiones

$l$  = número de localidades

Además también se calculó el coeficiente de variación (CV).

$$CV(\%) = \frac{CMEE}{x} * 100$$

Donde:

CMEE = cuadrado medio del error experimental

$$x = \text{media} - \text{general}$$

Cuadro 3.5. Forma del análisis de varianza látice

Fuentes de variación	G.L
Repeticiones	$r-1$
Bloques/Repeticiones	$r(k-1)$
Tratamientos	$((k^2-1))$
Error	$(k-1)(rk-k-1)$
Total	$rk^2-1$

Donde  $r$  es el número de repeticiones y  $k$  es el tamaño de bloque.

Cuadro 3.6. Forma de análisis de varianza combinado.

Fuentes de variación	G.L.
Localidades (L)	$\ell-1$
Repeticiones (R)/L	$\ell(r-1)$
Bloque / R / L	$r\ell (k-1)$
Tratamientos	$t-1$
Localidades* Tratamientos	$(\ell-1)(t-1)$
Error	$(k-1)(rk-k-1)$
Total	$rt\ell-1$

Donde  $r$  es el número de repeticiones,  $t$  es el número de tratamientos,  $\ell$  es el número de localidades, y  $k$  es el tamaño del bloque.

### Análisis genético

**Diseño genético:** se realizó un análisis estadístico para cada experimento bajo los siguientes modelos lineales:

#### Método 4 de Griffing (Griffing, 1956)

Modelo lineal:

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

Donde:  $Y_{ijk}$ , el valor observado;  $\mu$ , la media general;  $g_i$ , efecto de la habilidad combinatoria general del padre  $i$ ;  $g_j$ , efecto de la habilidad combinatoria general del padre  $j$ ;  $s_{ij}$ , efecto de la habilidad combinatoria específica de los padres  $i$  y  $j$ ;  $\varepsilon_{ijk}$ , error experimental para observación  $ij$ .

El análisis del diseño genético combinado, los valores de sumas de cuadrados de habilidad combinatoria general (ACG) y habilidad combinatoria específica (ACE) en el método IV de Griffing se obtienen indirectamente, multiplicando el valor obtenido en el ANVA combinado por el número de localidades. En cuanto a la suma de cuadrados de ACGxLoc se obtiene restando el valor de ACG del análisis combinado, el valor de la suma de ACG de las localidades individuales, el mismo procedimiento se utiliza para obtener el valor de ACExLoc.

## **Diseño II de Carolina del Norte**

El modelo lineal de este diseño es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + m_i + h_j + \phi_{ij} + R_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$ , observación de  $i$   $j$  - ésimo apareamiento;  $\mu$ , efecto promedio del experimento.;  $m_i$ , efecto del  $i$  - ésimo macho;  $h_j$ , efecto de la  $j$  - ésima hembra;  $\phi_{ij}$ , efecto del  $i$   $j$  - ésimo apareamiento;  $R_k$ , efecto de la  $k$ - ésima repetición ( $k = 1,2,3\dots r$ );  $\varepsilon_{ijk}$ , desviación de la  $k$  - ésima parcela en el  $i$   $j$  - ésimo apareamiento.

### **Estimación de parámetros genéticos**

La estimación se realizó utilizando las varianzas del análisis combinado en base al procedimiento VARCOMP de SAS (SAS, 1989).

Para el Diseño de Carolina del Norte la varianza genética aditiva y la varianza de dominancia se estimaron de la siguiente manera:

Varianza genética aditiva en base a machos

$$\sigma^2_M = \text{Cov MH}$$

$$\text{Cov MH} = (1 + F/4) \sigma^2_A$$

Donde:  $F=1$  (Coeficiente de endogamia)

$$\text{Cov MH} = (1 + 1/4) \sigma^2_A$$

$$\text{Cov MH} = 1/2 \sigma^2_A$$

$$\text{Entonces } \sigma^2_A = 2 \sigma^2_M$$

Varianza genética aditiva en base a hembras

$$\sigma^2_H = \text{Cov MH}$$

$$\text{Cov MH} = (1 + F/4) \sigma^2_A$$

Donde:  $F=1$  (Coeficiente de endogamia)

$$\text{Cov MH} = (1 + 1/4) \sigma^2_A$$

$$\text{Cov MH} = 1/2 \sigma^2_A$$

$$\text{Entonces } \sigma^2_A = 2 \sigma^2_H$$

Varianza de dominancia

$$\sigma^2_{M*H} = [(\text{Cov HC}) - ((\text{Cov MH paternos}) + (\text{Cov MH maternos}))]$$

$$\sigma^2_{M*H} = ((1+F)/2 \sigma^2_A + (1+F)/4 \sigma^2_D) - ((1+F)/4 \sigma^2_A) + (1+F)/4 \sigma^2_A$$

Donde  $F=1$  (Coeficiente de endogamia)

$$\sigma^2_{M*H} = (\sigma^2_A + 1/2 \sigma^2_D) - [(1/2 \sigma^2_A) + (1/2 \sigma^2_A)]$$

$$\sigma^2_{M*H} = (\sigma^2_A + 1/2 \sigma^2_D) - (\sigma^2_A)$$



$$\sigma^2_{M*H} = 1/2\sigma^2_D$$

$$\sigma^2_D = 2\sigma^2_{M*H}$$

### Estimación de la heredabilidad

A partir de los componentes de varianza estimados en base a machos y hembras, se calcularon los valores de heredabilidad, en sentido estrecho ( $h^2$ ), para los caracteres en estudio.

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_F}$$

Donde:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_{AL} + \sigma^2_{DL} + \sigma^2_e$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis del experimento 1. Cruzas dialélicas.

#### Análisis de varianza individual

De acuerdo a los cuadrados medios del análisis de varianza por localidad para rendimiento ( $\text{ton ha}^{-1}$ ) y características agronómicas se presentan en los Cuadros A1 al A8. La fuente de variación repeticiones, presenta diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para rendimiento en las localidades de Cuyuta, Cotaxtla 99 B, Poza Rica 99 B y Tlaltizapán. Mientras que días a flor, altura de planta fue significativa ( $p < 0.05$ ) en Cotaxtla 99 B, aspecto de mazorca y dureza de endospermo presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en la localidad de Cotaxtla 99 B.

Por su parte acame de raíz presentó alta significancia ( $p < 0.01$ ) en tres localidades y significancia ( $p < 0.05$ ) en una, en cambio mazorcas podridas fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en Poza Rica 99 A y significativa ( $p < 0.05$ ) en Poza Rica 99 B.

La significancia encontrada en repeticiones se debe a las diferencias en la condición de bloques indicando que las que las repeticiones logro extraer la diferencia del terreno y evito que se acumularan en el error del diseño.

La fuente de variación bloques presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) y significativas ( $p < 0.05$ ) para días a flor en dos localidades, mientras que altura de mazorca presentó alta significancia ( $p < 0.01$ ) en dos localidades y significancia ( $p < 0.05$ ) en una localidad. Por su parte, aspecto de mazorca fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en una localidad y significativa ( $p < 0.05$ ) en otra. El acáme de raíz fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en Cuyuta, Cotaxtla 99 A y significativa ( $p < 0.05$ ) en Poza Rica 99 B. Mientras que acame de tallo fue significativa ( $p < 0.05$ ) en dos localidades, mazorcas podridas presentaron alta significancia ( $p < 0.01$ ) en una localidad y mala cobertura presentó significancia ( $p < 0.05$ ) en una localidad.

En general, las variables que presentaron significancia en bloques mostraron las diferencias por variación en el terreno, evitando que las repeticiones dieran mayor beneficio a una cruz determinada, donde se confirma la eficiencia del diseño alfa látece y el ajuste de las medias entre bloques.

La fuente de variación tratamientos (cruzas), mostró diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para rendimiento de grano en cuatro localidades (Cuyuta, Cotaxtla 99 B, Poza Rica 99 A y 99 B) y significativa ( $p < 0.05$ ) en dos localidades (Cotaxtla 99 A y Tlaltizapán). Del mismo modo las variables días a flor y dureza del endospermo presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en todas las localidades, mientras que altura de planta fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en dos localidades y significativa ( $p < 0.05$ ) en dos localidades, acame de raíz presento alta

significancia ( $p < 0.01$ ) en dos localidades y significancia ( $p < 0.05$ ) en una localidad, mientras que acame de tallo fue altamente significativa ( $p < 0.001$ ) en una localidad y significativa ( $p < 0.05$ ) en tres localidades, mazorcas podridas fueron altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en tres localidades y mala cobertura de mazorca presento diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en cinco localidades.

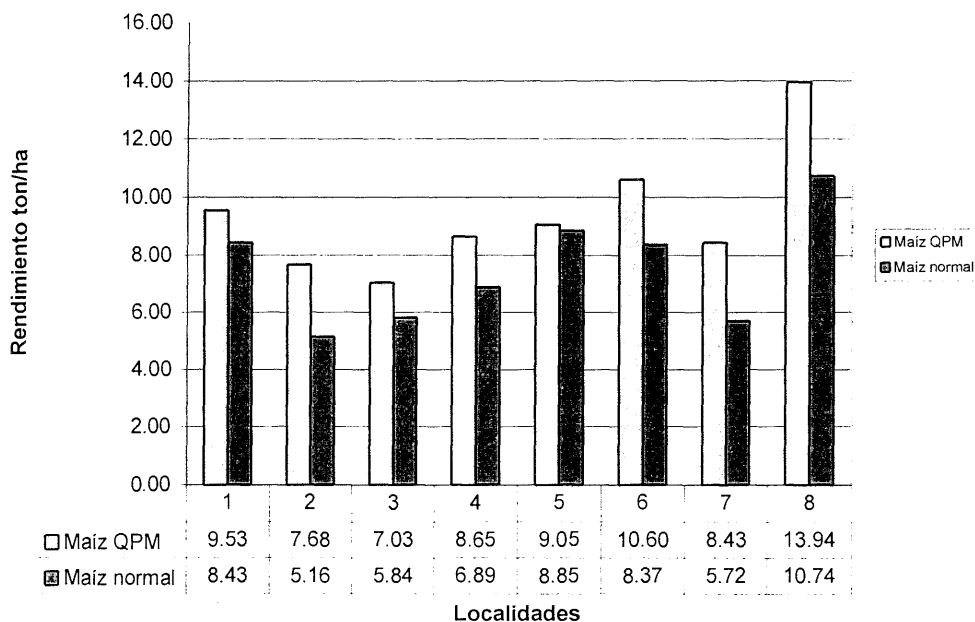
En tanto que la diferencia encontrada en la fuente de variación tratamientos (cruzas) para rendimiento de grano y características agronómicas en cada localidad significa que las cruzas presentaron un comportamiento diferente entre ellas. Esto fue debido a que los progenitores de dichas cruzas fueron desarrolladas de germoplasma diferente, como en condiciones ambientales diferentes. Los resultados indican que se pueden identificar cruzas superiores con certeza que unas son diferentes a otras.

Por otro lado, las medias de rendimiento de grano para los ambientes, presentaron un rango de 5.20 en Cardel a 10.97  $\text{ton ha}^{-1}$  en Tlaltizapán, mientras que el coeficiente de variación (CV) mostró un rango de 5.67 en Poza Rica 99 B a 13.06 por ciento en la localidad de San Andrés, con respecto del coeficiente de variación, para la mayoría de las variables medidas, se registraron valores aceptables, excepto para aquellas variables expresadas en porcentajes como mazorcas podridas, mala cobertura y acame.

Los valores bajos de coeficientes de variación encontrados para rendimiento de

grano, en cada uno de los análisis individuales en cada localidad, pueden atribuirse al uso del diseño alfa látice y manejo agronómico de los experimentos, la misma tendencia se mostró para las demás características agronómicas a excepción de las variables expresadas en porcentajes.

En la Figura 4.1 se muestran las cruzas con mas alto rendimiento de grano por localidad.



1=San Andrés (3x4); 2=Cuyuta (2x4); 3= Cardel (3x8); 4= Cotaxtla 99A (1x4); 5=Cotaxtla 99B (3x7); 6= Poza Rica 99A(2x6)7= Poza Rica 99-B (3x7); Tlaltzapán (2x6).

Figura 4.1. Rendimiento de la mejor cruz QPM con respecto al mejor testigo por localidad en el experimento 1.

Se puede observar que la mejor cruz de maíz QPM obtuvo un rendimiento mas alto que los maíces normales en cada una de las localidades, en un rango de 2.16 en la localidad de Cotaxtla 99 B a 47.04 por ciento en Cuyuta, además con porcentaje de triptófano en un rango de 0.095 a 0.100, siendo superior al testigo de maíz normal que

obtuvo 0.067 (Cuadro A.18).

### Análisis de varianza combinado

En el Cuadro 4.1. se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado del experimento 1, para las diferentes variables evaluadas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios, medias y coeficiente de variación en las variables medidas en la evaluación de cruzas en ocho localidades en 1999.

F.V.	G.L	Rend	DF	AP	Dur	Aspmz	Mcov	MP
Loc.	7	205.11 **	9122.68 **	23208.60 **	9.88 **	10.68 **	1471.91 **	901.56
R/loc.	8	4.69 **	5.61 **	418.26 **	0.14 ns	0.60 *	81.46 ns	54.41
Cruzas	27	6.75 **	14.13 **	1824.49 **	3.08 **	1.75 **	1321.04 **	148.52
L*cruzas	189	1.54 **	2.54 **	215.76 **	0.34 **	0.49 **	170.62 **	38.42
Error	216	0.58	0.90	148.76	0.14	0.26	55.16	19.79
Media		7.39	64.12	230.5	2.32	3.19	8.86	5.79
C.V. (%)		10.28	1.48	5.29	16.4	16.07	83.85	76.79

\*, \*\*. Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; ns. no significativo.

DF (días a flor); AP (altura de planta en cm); Dur (dureza del endospermo del grano); Asp (aspecto de mazorca); Mcov (% de mala cobertura); MP (% de mazorcas podridas); Rend (rendimiento en ton ha<sup>-1</sup>).

Se observan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en las localidades, cruzas y localidades por cruzas para todas las variables, lo que indica la diversidad de ambientes donde se establecieron los experimentos así como la diversidad de los materiales evaluados y la interacción que presentaron con el ambiente. Las repeticiones dentro de localidades fue altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para rendimiento de grano, días a floración, altura de planta, porcentaje de mazorcas podridas, en cambio fueron no significativas para las variables de dureza de grano y porcentaje de mala cobertura.

### Análisis genético

En el Cuadro 4.2. se presentan los cuadrados medios del análisis dialélico

combinado del experimento 1 para diferentes variables evaluadas.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis dialélico combinado para rendimiento de grano y algunas características agronómicas.

FV	GL	Rendimiento ton ha <sup>-1</sup>	Días a Floración	Altura de planta (cm)	Mazorcas Podridas (%)	Asp. Mz (1-5)
Loc.	7	205.11 **	9122.68 **	23208.60 **	901.56 **	10.68 **
R/Loc.	8	4.69 **	5.61 **	418.26 **	54.41 **	0.60 *
Cruzas	27	6.75 **	14.14 **	1824.49 **	148.52 **	1.75 **
ACG	7	15.55 **	42.17 **	6012.65 **	443.14 **	5.04 **
ACE	20	3.67 **	4.32 **	358.63 **	45.37 **	0.59 **
CruzasxLoc	189	1.54 **	2.54 **	215.76 **	38.42 **	0.49 **
ACGxLoc	49	3.44 **	6.38 **	404.49 **	70.37 **	1.00 **
ACExLoc	140	0.88 **	1.19 **	149.71 ns	27.24 **	0.32 **
Error	216	0.58	0.90	148.76	19.78	0.26

\*, \*\*. Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; ns. no significativo.

En el análisis dialélico combinado para rendimiento de grano se encontró que los efectos de ACG fueron más importantes que los efectos de ACE obteniendo valores de cuadrados medios de 15.55 y 3.67 respectivamente (Cuadro 4.2) mostrando que esta característica está altamente controlada por efectos de acción génica aditiva. Vasal *et al.* (1993a) observaron un control genético aditivo similar para rendimiento en las poblaciones QPM. Por su parte, Pixley y Bjarnason (1991 y 1993) encontraron similar control genético aditivo para proteína y triptófano en grano. Además los efectos de ACG para las variables de días a floración, altura de planta, porcentajes de mazorcas podridas y aspecto de mazorca fueron más importantes que los efectos de ACE, pero ambos efectos fueron altamente significativos, indicando que los efectos de ACG (efectos aditivos), tienen mayor contribución al comportamiento de las cruzas. En cuanto a rendimiento de grano los efectos de ACG (aditivos) representaron el 80.9 por ciento y los efectos (no aditivos) ACE sólo el 19.1 por ciento. En cambio, los efectos de ACGx Localidad presentaron significancia al nivel de ( $p < 0.01$ ) para todas las variables a

excepción de aspecto de mazorca y en los efectos de ACExLocalidad también fueron altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para todas las variables a excepción de altura de planta (Cuadro 4.2).

En general, la varianza ambiental es una fuente de error que reduce la precisión en los estudios genéticos y el mejorador tiene como propósito reducirla tanto como sea posible por medio de un manejo cuidadoso, o un diseño apropiado de los experimentos (Falconer, 1984). Además, la evaluación en un mayor número de localidades representa una mejor estimación de los efectos genéticos de los genotipos (Dudley y Moll, 1969).

La interacción genotipo ambiente se reduce con respecto a la varianza total al incrementar el número de ambientes de evaluación. Cosa que no ocurre al incrementar el número de repeticiones (Eberhart *et al.*, 1995). Los fitomejoradores observan y evalúan fenotipos que son la expresión de los genotipos en un grupo particular de ambientes, por lo tanto el efecto del ambiente es un parámetro muy importante en el mejoramiento del maíz por que este frecuentemente esta fuera de control del fitomejorador. Existen algunos factores macroambientales que se pueden controlar (Humedad de suelo por riego, fertilización, herbicidas insecticidas y fungicidas, etc.), también se pueden recolectar información sobre tipos de suelo, densidades de siembra, datos de clima de años anteriores. Pero existen otros que no son controlables por la variación rápida que tienen como días nublados, lluvias y enfermedades causadas por condiciones favorables del clima, por lo tanto el fenotipo no solo tiene efecto del genotipo si no también la influencia de muchos factores ambientales, tiene mucha importancia ya que el fenotipo



es una expresión tanto del efecto genotípico y ambiental, el principal interés del mejorador es determinar que proporción de la expresión fenotípica se debe a efectos genotípicos y ambientales (Hallauer y Miranda, 1988).

### Efectos de ACG y ACE por localidad

En el Cuadro 4.3, se muestran los efectos de ACG para rendimiento de grano por localidad, donde se observa que en la localidad de San Andrés, las líneas 8, 5, 3, y 2 presentan los valores positivos de 0.35, 0.23, 0.21 y 0.15 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en la localidad de Cuyuta, las líneas 2, 4 y 3 obtuvieron los valores positivos de 0.77, 0.61 y 0.34 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente; en Cardel, las líneas 3 y 8 con valores de 0.37 y 0.19; para Cotaxtla 99 A y 99 B fueron 2 y 3, en Poza Rica 99 A 3 y 4 con 0.78 y 0.59, en Poza Rica 99 B las líneas 2 y 8 con 1.19 y 0.26, en Tlaltizapán los valores positivos fueron 2,3 y 4 con 1.73, 0.76 y 0.43 ton ha<sup>-1</sup>. En general, las líneas 2 y 3 presentaron valores positivos de ACG en todas las localidades de evaluación, siendo el valor mas alto a través de localidades el de la línea 3 con 1.73 ton ha<sup>-1</sup> en la localidad de Tlaltizapán, Morelos. Por otra, parte la línea 1 tuvo la respuesta más baja al ser negativa en todas las localidades.

Cuadro 4.3. Efectos de ACG por localidad para el rendimiento de grano en ton ha<sup>-1</sup> en 8 líneas evaluadas en 1999.

Línea	San Andrés	Cuyuta Guatemala	Cardel México	Cotaxtla 99 A	Cotaxtla 99 B	Poza Rica 99 A	Poza Rica 99 B	Tlaltizapán
1	-0.01	-0.72	-0.58	0.30	-0.09	-0.51	-0.48	-0.69
2	0.15	0.77	0.11	0.40	0.56	0.03	1.19	1.73
3	0.21	0.34	0.37	0.70	1.80	0.78	0.09	0.76
4	-0.09	0.61	-0.36	-0.31	-1.21	0.59	-0.51	0.43
5	0.23	-0.02	0.046	0.07	-0.43	0.11	-0.56	0.24
6	-0.75	-1.09	0.06	-0.26	0.15	-0.45	0.02	-0.49
7	-0.09	-0.06	0.16	-0.97	-0.54	-0.27	-0.004	-0.29
8	0.35	0.15	0.19	0.02	-0.24	-0.29	0.26	-1.68

En el Cuadro 4.4 se muestran los efectos de ACE por localidad para las 28 cruzas evaluadas.

Cuadro 4.4. Efectos de ACE para las cruzas dialélicas por localidad para rendimiento de grano en ton ha<sup>-1</sup> evaluadas en 1999.

Cruzas	San Andrés	Cuyuta Guatemala	Cardel México	Cotaxtla 99 A	Cotaxtla 99 B	Poza Rica 99 A	Poza Rica 99 B	Tlaltizapán
1x2	-0.43	0.26	-0.12	-0.65	-1.05	-0.48	-0.64	-0.10
1x3	-0.45	-1.60	-0.17	0.04	-0.21	0.17	-0.27	-0.68
1x4	1.20	0.34	-0.06	1.34	0.42	0.49	0.002	1.63
1x5	-0.13	0.09	-0.12	-0.06	0.57	0.29	-0.10	0.17
1x6	0.69	0.27	0.85	0.27	1.40	0.17	0.98	0.37
1x7	-0.57	0.50	-0.15	-0.32	-0.83	-0.55	0.01	-0.20
1x8	-0.32	0.14	-0.22	-0.64	-0.30	-0.09	0.03	-1.20
2x3	-1.56	-0.24	-0.20	-0.19	-0.63	-0.31	-0.35	-0.16
2x4	0.72	0.98	0.35	0.08	0.91	0.64	0.73	0.01
2x5	0.10	0.66	1.06	0.31	1.04	0.42	0.70	-0.99
2x6	0.52	-0.27	-0.005	0.63	0.43	0.71	0.27	1.74
2x7	0.32	-0.25	-0.16	0.54	-0.68	-0.42	-0.09	-0.53
2x8	0.33	-1.14	-0.93	-0.72	-0.03	-0.57	-0.62	0.02
3x4	2.06	0.58	-0.86	0.20	0.34	-0.86	-0.003	0.21
3x5	-0.68	0.31	0.36	-0.22	0.16	0.47	-0.27	-0.27
3x6	-0.06	-0.49	-0.67	0.28	-0.29	-0.59	0.34	0.51
3x7	0.39	0.93	0.23	-0.33	0.62	1.21	-0.15	-1.45
3x8	0.30	0.51	1.31	0.22	0.02	-0.09	0.71	1.54
4x5	-0.68	-1.51	-0.20	-0.77	-1.82	-0.47	-0.55	-0.07
4x6	-2.18	-0.89	0.07	-0.79	-1.28	-0.19	-0.56	-1.44
4x7	-0.45	-0.07	0.76	-0.64	0.39	0.28	-0.35	0.28
4x8	-0.66	0.58	-0.07	0.58	1.04	0.11	0.73	-0.63
5x6	0.64	0.49	-0.07	-0.07	0.58	-0.43	-0.40	-1.02
5x7	0.17	-0.49	-1.16	0.92	-0.68	-0.67	0.40	1.52
5x8	0.59	0.45	0.13	-0.12	0.16	0.38	0.22	0.66
6x7	0.39	0.40	0.27	-0.57	0.62	0.12	0.32	0.14
6x8	0.01	0.48	-0.44	0.26	-1.46	0.23	-0.94	-0.31
7x8	-0.25	-1.02	0.21	0.40	0.55	0.03	-0.13	-0.08

Se puede observar que las cruzas 1x6 y 2x4 presentaron efectos positivos de ACE en cada una de las localidades para rendimiento de grano, seguidas de las cruzas 1x4, 2x5, 3x8 y 5x8 que presentaron valores positivos en siete localidades. El efecto de ACE

mas alto para cada localidad fueron las cruzas 3x4 con (2.06 ton ha<sup>-1</sup>) en San Andrés; 2x4 con 0.98 ton ha<sup>-1</sup> en Cuyuta; 3x8 con 1.31 ton ha<sup>-1</sup> en Cardel; 1x4 con 1.34 ton ha<sup>-1</sup> en Cotaxtla 99 A; 1x6 con 1.40 ton ha<sup>-1</sup> en Cotaxtla 99 B; 3x7 con 1.21 ton ha<sup>-1</sup> en Poza Rica 99 A; 1x6 con 0.98 ton ha<sup>-1</sup> en Poza Rica 99 B y 2x6 con 1.74 ton ha<sup>-1</sup> en Tlaltizapán.

### **Efectos de ACG y ACE del combinado**

Las líneas que presentaron mayores efectos de ACG a través del análisis combinado fueron la 2 y 3 con valores de 0.62 y 0.64 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, el resto de las líneas presentaron valores negativos, siendo las que presentaron los efectos de ACG más bajos las líneas 1 y 6 ambas con -0.35 ton ha<sup>-1</sup> (Cuadro 4.5).

Por medio de los efectos de ACE de las cruzas del análisis combinado se logró conformar dos grupos heteróticos: "A" y "B", dicha clasificación se realizó en base a la craza con mas alto efectos de ACE (1x4). Las cruzas que presentaron efectos de ACE positivos con cada uno de estos progenitores significa que las cruzas pertenecen a grupos heteróticos opuestos y cruzas con efectos negativos significa que pertenecen a un mismo grupo heterótico. Las líneas que se identificaron como grupo heterótico "A" fueron 4, 5 y 6, siendo que los cruzamientos de estas líneas con el progenitor 4 (pob. 63) presentan valores negativos, 4x5 y 4x6 con -0.76 y -0.91 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. Las líneas que se identificaron como grupo heterótico "B" fueron 1, 2, 3, 7 y 8, ya que los valores de ACE de las cruzas con el progenitor 1 (pob. 62) presentaron valores negativos 1x2 (-0.40), 1x3 (-0.40), 1x7 (-0.26), 1x8 (-0.32) y los valores con el progenitor 4 presentan

valores positivos 4x1 (0.67), 4x2 (0.55), 4x3 (0.21), 4x7 (0.03), 4x8 (0.21) (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Efectos de ACG y ACE a través de localidades para rendimiento de grano en ton ha<sup>-1</sup> de líneas evaluadas en el método 4 de Griffing.

Líneas	ACG		ACE					
	2	3	4	5	6	7	8	
1	-0.35	-0.40	-0.40	0.67	0.09	0.62	-0.26	-0.32
2	0.62		-0.45	0.55	0.41	0.50	-0.16	-0.46
3	0.64			0.21	-0.02	-0.12	0.22	0.57
4	-0.11				-0.76	-0.91	0.03	0.21
5	-0.04					-0.04	0.02	0.30
6	-0.35						0.21	-0.27
7	-0.25							-0.04
8	-0.16							

La línea 3 presenta efectos de ACG (negativos) para la mayoría de características agronómicas, lo que indica que además del rendimiento que obtuvo ACG positiva, esta influyendo en buenas características a las cruzas, a excepción de altura de plantas y mazorcas que mostraron efectos de ACG positivos; también la línea 2 presenta similar comportamiento donde presentó efectos negativos de ACG para las características de aspecto de mazorca, dureza del endospermo de grano, acame de raíz, mazorcas podridas, y mala cobertura de mazorca. Por otra parte, las líneas que presentan los mejores efectos de ACG para días a floración son 8, 3 y 4 con ACG de -1.15, -0.38 y -0.33 días respectivamente lo que indica que proporcionan mayor precocidad a las cruzas; en altura de planta las líneas 1, 8 y 5 con efectos de -15.23, -5.59 y -3.15 cm proporcionan menor altura a las cruzas donde intervienen, para altura de mazorca son 4 y 8 con efectos de -5.58 y -5.56 cm, en aspecto de planta y dureza del endospermo las líneas con ACG negativa son 2 y 3 agregando mejores características a las cruzas, mientras que para acame de tallo la línea 4 con -5.98 por ciento y acame de raíz las líneas 4, 6 y 7 con

ACG de  $-1.92$ ,  $-1.88$  y  $-1.70$  por ciento, para mazorcas podridas las líneas 1, 2, 3 y 7 con efectos de  $-2.22$ ,  $-2.239$ ,  $-1.16$  y  $-1.65$  por ciento y para mala cobertura de mazorca las líneas 1, 2, 3, 4 y 7 presentan ACG negativa.

Cuadro 4.6. Estimación de los efectos de ACG del análisis combinado para rendimiento de grano y características agronómicas de 8 líneas evaluadas en 1999.

línea	rend t ha <sup>-1</sup>	días a flor	altura de planta cm	altura mazorca cm	aspecto mazorca (1-5)	dur grano (1-5)	acame raíz %	acame tallo %	maz. Podridas %	mala cobertura %
1	-0.35	-0.04	-15.23	-1.67	0.02	-0.01	0.27	1.47	-2.22	-3.06
2	0.62	0.94	8.76	8.03	-0.26	-0.44	-1.99	3.91	-2.39	-6.57
3	0.64	-0.38	11.48	6.93	-0.36	-0.45	6.70	-0.32	-1.16	-3.22
4	-0.11	-0.33	-1.76	-5.56	0.03	0.23	-5.98	-1.92	0.89	-3.97
5	-0.04	-0.04	-3.15	1.33	0.24	0.12	-1.02	1.29	3.24	15.5
6	-0.35	0.26	3.55	-1.37	0.19	-0.01	5.10	-1.88	2.31	4.59
7	-0.26	0.74	1.95	-2.10	-0.10	-0.07	-1.49	-1.70	-1.65	-3.80
8	-0.16	-1.15	-5.59	-5.58	0.25	0.63	-1.58	-0.87	0.99	0.48

En el Cuadro 4.5 se muestran los efectos de ACE de las cruzas a través de localidades, donde se observa que los mejores efectos de ACE de las cruzas para rendimiento de grano correspondieron a 1x4, 1x6, 3x8, 2x4, 2x6, 2x5 y 5x8 con efectos de ACE de 0.67, 0.62, 0.57, 0.55, 0.50, 0.41 y 0.30 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. Además las cruzas 2x5, 2x6 y 3x8 poseen efectos de ACE negativos para la mayoría de caracteres agronómicos (Cuadro 4.7). Por otra parte, el mejor efecto de ACE para días a floración corresponde a la cruz 7x8, con  $-1.03$  días, para altura de planta es la cruz 4x7 con  $-10.48$  cm; en cambio, en altura de mazorca fue la cruz 6x8 con  $-6.28$  cm; aspecto de mazorca y dureza de endospermo de grano la cruz 5x8, acame de raíz 6x8 con  $-5.21$ , acame de tallo 2x7 con  $-4.88$ , mazorcas podridas y mala cobertura de mazorca la cruz 2x5 con efectos de ACE de  $-2.15$  y  $-8.92$  por ciento (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Efectos de ACE de las cruzas del análisis combinado para características agronómicas evaluadas en 1999.

ent.	cruzas	rend t ha <sup>-1</sup>	días a flor	altura planta cm	altura mazorca cm	aspecto mazorca (1-5)	dur. grano (1-5)	acame raíz %	acame tallo %	maz. podridas %	mala cober. %
1	1x2	-0.40	-0.44	-4.54	-2.73	-0.04	-0.16	1.29	-0.14	0.95	4.65
2	1x3	-0.40	0.33	1.82	-0.69	0.001	-0.25	0.69	-0.94	0.11	-2.02
3	1x4	0.67	-0.58	5.56	1.37	0.04	-0.25	0.19	0.95	-1.26	0.29
4	1x5	0.09	0.14	-5.48	-1.10	-0.19	0.24	-1.95	-1.32	-1.18	-0.73
5	1x6	0.62	0.04	6.89	8.61	-0.09	0.17	4.12	0.25	-1.36	-4.81
6	1x7	-0.26	0.01	-2.79	-3.41	0.02	0.01	-3.51	0.98	1.46	3.89
7	1x8	-0.32	0.50	-1.46	-2.05	0.27	0.24	-0.83	0.13	1.27	-1.29
8	2x3	-0.45	0.05	-1.95	-1.70	0.06	-0.07	0.05	0.05	0.63	1.94
9	2x4	0.55	-0.30	1.43	0.35	-0.11	0.14	0.94	-2.36	0.13	3.71
10	2x5	0.41	-0.23	2.47	0.83	-0.23	0.10	-0.25	4.27	-2.15	-8.92
11	2x6	0.50	-0.03	0.97	-3.46	-0.15	-0.12	3.20	-2.68	-1.70	-1.50
12	2x7	-0.16	0.63	7.92	3.27	0.18	0.02	-4.61	-4.88	1.22	2.16
13	2x8	-0.46	0.33	-6.31	3.43	0.29	0.09	2.38	5.76	0.92	-2.05
14	3x4	0.21	0.27	0.86	-0.04	-0.13	0.12	1.55	1.38	0.14	-1.17
15	3x5	-0.02	-0.02	-2.25	0.88	0.22	-0.13	0.27	-0.89	-0.04	9.43
16	3x6	-0.12	-0.57	1.26	0.27	0.01	0.25	-1.03	1.68	-1.70	-6.02
17	3x7	0.22	-0.10	-3.78	-1.88	-0.03	0.14	-3.03	1.09	1.14	0.18
18	3x8	0.57	0.04	4.05	3.17	-0.13	-0.06	1.48	-2.36	-0.27	-2.33
19	4x5	-0.76	0.28	4.56	-4.32	0.29	0.08	1.16	-0.18	2.12	-4.99
20	4x6	-0.91	-0.07	-3.21	1.23	0.09	-0.21	-1.11	0.21	1.69	-1.80
21	4x7	0.03	-0.55	-10.48	0.67	0.07	0.11	-1.11	0.19	-0.89	5.88
22	4x8	0.21	0.94	1.28	0.72	-0.24	0.001	-1.62	-0.19	-1.92	-1.91
23	5x6	-0.04	0.10	-5.83	-0.89	0.13	0.04	-3.72	-0.41	3.31	10.16
24	5x7	0.001	0.47	4.49	2.22	0.05	0.03	6.10	0.94	-0.60	-7.33
25	5x8	0.31	-0.74	2.03	2.38	-0.26	-0.36	1.39	-2.52	-1.45	2.39
26	6x7	0.21	0.57	2.07	0.49	-0.18	-0.26	3.74	1.72	-2.01	-2.99
27	6x8	-0.27	-0.04	-2.16	-6.28	0.18	0.14	-5.21	-0.78	1.77	6.97
28	7x8	-0.04	-1.03	2.57	-1.37	-0.11	-0.05	2.41	-0.04	-0.31	-1.79

En el Cuadro 4.8 se presentan las medias de rendimiento del grupo de cruzas estadísticamente similares entre sí y al testigo de maíz normal de CIMMYT (CML 247x CML 254). El mejor grupo de cruzas a través de localidades fue de ocho, la cruz que numéricamente ocupó el primer lugar fue la 2x4 con 8.455 ton ha<sup>-1</sup> de rendimiento, 29.36 por ciento más que el promedio de los tres testigos comerciales (H-515 y P-3086),

además con una heterosis de 11.12 por ciento en base al promedio de los dos progenitores (rendimiento en base a la ACG de los progenitores (Molina y Lobato, 1998). Las cruzas restantes 3x8, 2x5, 2x3, 3x4 y 3x7 obtuvieron rendimientos de 8.435, 8.38, 8.19, 8.16, 8.12 y 7.98 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La cruz de menor rendimiento fue 4x6 con 6.02 ton ha<sup>-1</sup> (Cuadro A.17). Además, las mejores cruzas obtuvieron porcentajes de mazorcas podridas, mala cobertura de mazorca y altura de mazorca, menores a la media general y al promedio de los testigos comerciales (Cuadro 4.8); los valores máximos para estas características fueron de la cruz 5x6 con 14.0 y 34.8 por ciento, respectivamente, la cruz que obtuvo el valor más bajo para pudrición de mazorca la 2x3 con 1.9 por ciento y mala cobertura la cruz 1x3 con 0.7 por ciento; para acame de raíz, el valor más bajo fue la cruz 4x7 con 3.1 por ciento y acame de tallo la cruz CML 247 x CML 254 con 0.6 por ciento (Cuadro A.17). En forma general, este grupo de cruzas con alta calidad de proteína superó a la media general de los testigos comerciales en un rango de 22.23 a 29.36 por ciento en rendimiento y con un rango de heterosis de 3.32 a 11.12 por ciento; para triptófano, las cruzas obtuvieron un rango de 0.095 a 0.103 por ciento, superando al maíz normal H-515 de INIFAP con un rango de 41.79 a 53.73 por ciento (Cuadro 4.8). Para proteína las cruzas obtuvieron un rango de 9.95 a 11.12 por ciento siendo menores al testigo con un valor de 11.84 por ciento (Cuadro 4.8). En cambio, el valor máximo de triptófano y proteína fue para la cruz 5x8 de 0.113 y 11.80 por ciento, respectivamente (Cuadro A.18). Lo anterior indica que puede ser factible la producción de dichos híbridos QPM en las áreas tropicales.

Cuadro 4.8. Medias de rendimiento, heterosis, % de Triptófano y características agronómicas de las mejores cruzas a través de ocho localidades en 1999.

Ent	Cruzas	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	% sobre tes. com	Heterosis (%)	Triptófano (%)*	Proteína (%)*	Mz P (%)	M cob (%)	Alt mz cm
9	2 x 4	8.455	29.36	11.123	0.096	10.29	4.8	2.7	117
18	3 x 8	8.435	29.05	11.059	0.095	10.36	4.0	4.9	119
10	2 x 5	8.380	28.21	9.729	0.101	10.79	3.7	8.0	127
29	CML 247x CML 254	8.314	27.20	-	0.056	-	2.8	5.0	120
8	2 x 3	8.190	25.31	3.321	0.103	10.92	1.9	1.8	128
11	2 x 6	8.160	24.85	8.739	0.100	11.12	3.6	6.5	120
14	3 x 4	8.127	24.34	6.703	0.098	10.30	3.6	1.7	114
17	3 x 7	7.989	22.23	5.790	0.100	9.95	3.1	2.6	116
Media General		7.378			0.101	10.66	5.3	9.4	114
DMS (0.05)		0.537							
Media test comerc. (H-515 y P-3086)		6.536			0.067 (H-515)	11.84 (H-515)	5.6	8.4	124

\* valores de una muestra de la localidad de Tlaltizapán.

## Análisis del experimento 2. Diseño II de Carolina del Norte

### Análisis de varianza individual

Los resultados de cuadrados medios del análisis de varianza por localidad para rendimiento de grano y características agronómicas se muestran en los cuadros A.9 a A.16. Se puede observar que la fuente de variación repeticiones para rendimiento de grano fueron altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en Cardel, Cotaxtla 99 B, Poza Rica 99 B y Tlaltizapán. Mientras que días a floración presentó diferencias altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en San Andrés, Cotaxtla 99 A, 99 B, Poza Rica 99 A, y Tlaltizapán, altura de planta fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en cuatro localidades, aspecto de mazorca fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en dos localidades, dureza de endospermo presento diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en una localidad. Mientras que acame de tallo presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en tres localidades, mazorcas



podridas fueron significativas ( $p < 0.05$ ) en una localidad y mala cobertura fue significativa ( $p < 0.05$ ) en Tlaltizapán.

Para la variable bloques dentro de repeticiones en rendimiento se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en Cardel y Cotaxtla 99 B, días a floración presento ser altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en San Andrés, Tlaltizapán y significativa ( $p < 0.05$ ) en Cuyuta. Por otra parte altura de planta fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en tres localidades y significativa ( $p < 0.05$ ) en una, aspecto de mazorca fue significativa ( $p < 0.05$ ) en dos localidades. Dureza de endospermo fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en dos localidades y significativa ( $p < 0.05$ ) en una, acame de raíz fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en una localidad y acame de tallo significativo ( $p < 0.05$ ) en una localidad.

Los resultados para tratamientos (cruzas) para rendimiento de grano presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en todas las localidades a excepción de San Andrés, que fue significativa ( $p < 0.05$ ). En general todas las características agronómicas presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en todas las localidades a excepción de acame de raíz en San Andrés, Cardel, Poza Rica 99 B y Tlaltizapán, acame de tallo en San Andrés, Cotaxtla 99 B y Tlaltizapan, mazorcas podridas en Cardel que presentaron ser no significativas.

En general, las variables que presentaron significancia en bloques extrajeron las diferencias por variación en el terreno, evitando que las repeticiones dieran mayor beneficio a una cruz determinada, donde se confirma la eficiencia del diseño alfa látice

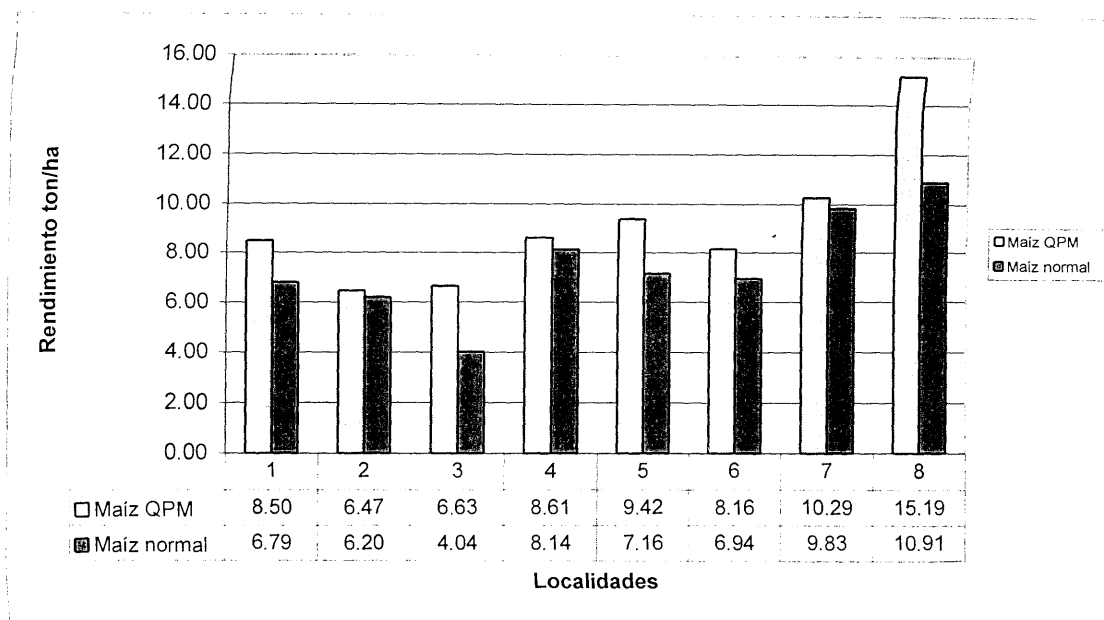
en el ajuste de las medias entre bloques, mientras que la significancia encontrada en repeticiones se debe a las diferencias en la condición de bloques indicando que las que las repeticiones logro extraer la diferencia del terreno y evitó que se acumularan en el error del diseño.

Los tratamientos (cruzas) para rendimiento de grano y características agronómicas en cada localidad presentaron un comportamiento diferente entre ellas, lo que indica que se puede identificar cruzas superiores en el germoplasma de alta calidad de proteína. Además los coeficientes de variación en rendimiento de grano fueron bajos para cada localidad y puede atribuirse a la elección del diseño alfa látice y al manejo agronómico de los experimentos, también los coeficientes para características agronómicas presentaron valores bajos a excepción de las medidas en porcentajes.

Por otra parte, las medias de rendimiento en las diferentes localidades presentaron un rango de 4.63 ton ha<sup>-1</sup> en Cardel, a 10.18 ton ha<sup>-1</sup> en Tlaltizapán. Con respecto al coeficiente de variación para rendimiento presentaron un rango de 7.14 en Tlaltizapán 16.78 por ciento en Cardel, para las demás variables evaluadas, se registraron valores aceptables, excepto las variables medidas en porcentajes.

En la Figura 4.2 se muestran las cruzas con mas alto rendimiento comparada con el mejor testigo de maíz normal, se puede observar que en cada localidad la mejor cruza superó al testigo de maíz normal en cuanto a rendimiento en un rango de 5.83 en la localidad de Cotaxtla 99 A a 64.33 por ciento en Cardel y los porcentajes de triptófano

para las cruzas fueron de 0.092 a 0.106, siendo superiores al testigo con un valor de 0.067 (Cuadro A.20).



1=San Andrés (11x12); 2=Cuyuta (11x17); 3= Cardel (11x16); 4= Cotaxtla 99-A (10x13); 5=Cotaxtla 99-B (11x14); 6= Poza Rica 99-A (5x14) 7= Poza Rica 99-B (5x17); Tlaltizapán (1x12).

Figura 4.2. Rendimiento de la mejor cruz QPM con respecto al mejor testigo de maíz normal por localidad en el experimento 2.

### Análisis de varianza combinado

Los cuadrados medios del análisis de varianza combinado para el Diseño II se presentan en el Cuadro 4.9. Se observan diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para localidades de todas las variables estudiadas lo que indican diferencias de suelo, precipitación, temperatura etc., para cada localidad. Además, se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) en las repeticiones dentro de localidades para todas las variables a excepción de aspecto de mazorca y mazorcas podridas que fueron no significativas. Los bloques dentro de repeticiones x localidad presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para rendimiento, días a floración y altura de planta y

significativo ( $p < 0.05$ ) para mazorcas podridas.

En general, el efecto del ambiente es un parámetro muy importante en el mejoramiento del maíz, por lo que este es frecuentemente fuera de control del mejorador, por lo tanto, el fenotipo no solo tiene el efecto del genotipo si no también la influencia de muchos factores ambientales y su importancia radica en que la expresión fenotípica es el resultado de los efectos genotípicos más el ambiental, por lo que el propósito del mejorador es determinar que proporción de la expresión fenotípica se debe a efectos genotípicos y ambientales (Hallauer y Miranda, 1988).

Los valores de los cuadrados medios para rendimiento muestran que la ACG para el grupo de líneas del patrón heterótico B (machos con 22.62) fue más importante, seguido por la ACE de las líneas machos x hembras (2.37) siendo altamente significativos ( $p < 0.01$ ), no así la ACG para el grupo de líneas del patrón heterótico A (hembras con 1.03) que fue la más baja y estadísticamente no significativa, lo cual indica que los efectos aditivos son mayores en la población 62 (machos) que en la población 63 (hembras) y que los efectos no aditivos también fueron importantes. Vasal *et al.* (1993a) reportan efectos de acción génica aditiva para rendimiento en poblaciones de maíz QPM de CIMMYT.

Por otra parte las características agronómicas, días a floración, altura de planta, dureza de grano, aspecto de mazorca, porcentaje de mala cobertura y mazorcas podridas los cuadrados medios de ACG de los machos y hembras fueron altamente significativos ( $p < 0.01$ ), además, fueron más importante que los cuadrados medios de ACE machos x

hembras que también fueron altamente significativos  $p < 0.01$  (Cuadro 4.9). En general, la proporción de los efectos de ACG fueron mayores que los de ACE para características agronómicas (Cuadro 4.9).

Por su parte, las interacciones para rendimiento fueron altamente significativa ( $p < 0.01$ ) en las fuentes de variación machos x hembras, localidades x machos, localidades x hembras y localidades x machos x hembras; así como también, todas las características agronómicas fueron altamente significativas ( $p < 0.01$ ) para las interacciones a excepción de altura de planta que fue no significativa en localidad x machos x hembras (Cuadro 4.9). Por lo tanto, la evaluación en un mayor número de localidades representa una mejor estimación de los efectos genéticos de los genotipos (Dudley y Moll, 1969). Además, interacción genotipo ambiente se reduce con respecto a la varianza total al incrementar el número de ambientes de evaluación. Cosa que no ocurre al incrementar el número de repeticiones (Eberthart *et al.*, 1995).

Con respecto a los componentes de varianza estimados, en la variable rendimiento de grano determinaron que la varianza de machos (Pob. 62) fue más importante (0.1809), mientras que para hembras (Pob. 63) fue negativa (-0.0227) y para la varianza de machos x hembras (Pob. 62 x Pob. 63) fue de (0.0885) según se observa en el Cuadro 4.9. Por su parte, para características agronómicas se observa que las varianzas de machos y hembras son mayores que las varianzas de machos x hembras. Dichas varianzas reflejan la tendencia que se presentan al calcular la varianza aditiva y varianza de dominancia.

Cuadro 4.9. Cuadrados medios, medias, coeficiente de variación y varianzas en las variables medidas en las 66 cruzas evaluadas a través de localidades en 1999.

F.V.	G.L	Rend	DF	AP	Dur	Asp	Mcov	MP
Loc.	7	461.41 **	19467.2 **	98154.4 **	6.42 **	9.55 **	15942.4 **	6236.55
R/Loc.	8	6.32 **	9.18 **	2078.00 **	0.57 **	0.27 ns	734.80 **	62.77
B/R/Loc.	144	0.86 **	1.98 **	235.39 **	0.14 ns	0.23 ns	88.33 ns	50.99
M	10	22.62 **	72.79 **	6664.30 **	1.88 **	4.31 **	12879.4 **	1781.50
H	5	1.03 ns	67.15 **	3759.27 **	2.96 **	3.30 **	4233.39 **	2114.22
M*H	50	2.37 **	2.46 **	422.40 **	0.57 **	0.87 **	1165.55 **	363.24
L*M	70	4.67 **	6.18 **	304.84 **	0.30 **	1.21 **	819.18 **	314.68
L*H	35	2.39 **	6.41 **	263.67 **	0.61 **	1.05 **	486.93 **	327.66
L*M*H	350	0.84 **	1.42 ns	121.57 ns	0.17 **	0.29 **	170.53 **	102.59
Error	376	0.51	1.44	111.39	0.12	0.19	105.74	39.44
Media		6.83	63.54	231.25	2.15	3.15	21.07	10.09
C.V(%)		10.44	1.89	4.56	15.96	14.17	48.79	62.27
$\sigma^2_M$		0.1809	0.844	77.04	0.014	0.034	138.83	14.24
$\sigma^2_H$		-0.0227	0.662	33.28	0.014	0.034	21.26	10.24
$\sigma^2_{M \times H}$		0.0885	0.082	25.29	0.028	0.013	68.15	18.91
$\sigma^2_{A m}$		0.3618	1.689	154.08	0.029	0.068	277.68	28.47
$\sigma^2_{A h}$		-0.045	1.323	66.56	0.027	0.026	42.53	20.47
$\sigma^2_D$		0.177	0.164	50.59	0.056	0.085	136.30	37.81
$h^2$		0.0812	0.2888	0.2863	0.0760	0.0662	0.2463	0.983

\*, \*\*. Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; ns. no significativo.

DF (días a flor); AP (altura de planta en cm); Dur (dureza del endospermo del grano); Asp (aspecto de mazorca); Mcov (% de mala cobertura); MP (% de mazorcas podridas); Rend (rendimiento en ton ha<sup>-1</sup>).

Los efectos de varianza aditiva en rendimiento para la población 62 (machos) fue mas alta con 0.3618, mientras que la población 63 (hembras) presentó varianza cero y la varianza de dominancia de Pob. 62 x pob. 63 (machos x hembras) fue de 0.177. Para los demás caracteres agronómicos en general las varianzas aditivas son mayores que las varianzas de dominancia, esto es debido a que las poblaciones se han mejorado por muchos ciclos por selección recurrente intrapoblacional, además, por que cuentan con una base genética amplia (Vasal *et al.*, 1999). Lo que indica estas tendencias, que se pueda realizar una selección reciproca recurrente, para explotar simultaneamente los efectos aditivos y dominantes, y a la vez mejorar ciclicamente el comportamiento de la

cruza, es decir incrementar los efectos de dominancia que definiran mejor el patrón heterótico.

La heredabilidad para rendimiento fue de termino baja ( $h^2 = 0.0812$ ) ya que el rendimiento esta controlado por muchos pares de genes y es mas afectado por el ambiente. En forma similar se comportan los caracteres aspecto de mazorca, mazorcas podridas y dureza del endospermo, y fue de termino medio para los caracteres días a floración, altura de planta y mala cobertura (Cuadro 4.9).

### **Efectos de ACG y ACE individual**

Los efectos de ACG por localidad se muestran en el cuadro 4.10, se observa que las líneas macho con mejores efectos para rendimiento de grano son 11, 1 y 5 con 1.10, 0.34 y 0.22 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, y para hembras 14, 15 y 17 con 0.12, 0.16 y 0.11 ton ha<sup>-1</sup> en la localidad de San Andrés; las líneas macho 1, 3 y 11 con 0.64, 0.55 y 0.52 ton ha<sup>-1</sup> y la hembra 14 con 0.33 ton ha<sup>-1</sup> en la localidad de Cuyuta; las líneas macho 5, 11 y 2 con 0.89, 0.44 y 0.18 y líneas hembras 17, 16 y 12 con 0.57, 0.32 y 0.18 en Cardel; las líneas machos 5, 1 y 11 con 0.88, 0.70 y 0.67 y las hembras 17, 13 y 12 con 0.43, 0.30 y 0.23 en Cotaxtla 99 A; las líneas machos 11, 1 y 4 con 1.50, 0.79 y 0.69 y las hembras 15 y 13 con 0.56 y 0.35 en Cotaxtla 99 B; las líneas 5, 11 y 8 con 1.06, 0.80 y 0.36 y hembras 16 y 12 con 0.43 y 0.35 en Poza Rica 99 A; las líneas macho 11, 1 y 5 con 1.06, 0.81 y 0.77 y hembra 15 con 0.24 en Poza Rica 99 B; Las líneas macho 1, 11, 8, 7 y 10 con 2.96, 2.02, 1.25, 0.37 y 0.36 y las hembras 14 y 13 con 0.70 y 0.19 ton ha<sup>-1</sup> en Tlaltizapán.

Cuadro 4.10. Estimación de los efectos de ACG en el análisis individual para rendimiento de grano de las líneas evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.

<b>Líneas macho</b>	San Andrés El Salvador	Cuyuta Guatemala	Cardel México	Cotaxtla 99A	Cotaxtla 99B	Poza Rica 99A	Poza Rica 99B	Tlaltizapán
1	0.34	0.64	-0.36	0.70	0.79	-0.05	0.81	2.96
2	-0.31	-0.16	0.18	-0.73	0.30	-0.49	-0.60	-2.43
3	-0.05	0.55	-0.27	0.16	-0.87	-0.39	-0.48	-0.43
4	-0.32	-0.25	-0.07	-0.30	0.69	-0.18	0.39	-0.64
5	0.22	-0.11	0.89	0.88	-0.20	1.06	0.77	-1.29
6	-0.45	-0.24	0.12	0.27	-0.97	-0.09	-1.23	-0.86
7	-0.09	-0.22	0.02	-0.77	-0.41	0.08	-0.41	0.37
8	0.07	-0.24	0.25	-0.52	0.02	0.36	0.02	1.25
9	-0.53	-0.78	-0.39	-0.53	0.10	-0.64	0.01	-1.13
10	0.02	0.28	-0.82	0.17	-0.94	-0.44	-0.35	0.36
11	1.10	0.52	0.44	0.67	1.50	0.80	1.06	2.02
<b>Líneas hembras</b>								
12	-0.07	-0.23	0.18	0.23	-0.19	0.35	-0.09	0.12
13	-0.08	-0.02	-0.15	0.30	0.27	0.08	-0.20	0.19
14	0.12	0.33	-0.56	0.01	-0.13	0.05	0.05	0.70
15	0.16	0.06	-0.37	-0.62	0.56	-1.06	0.24	-0.09
16	-0.25	-0.19	0.32	-0.34	-0.28	0.43	0.003	0.05
17	0.11	0.05	0.57	0.43	-0.25	0.15	-0.01	-0.96

En general, la línea 11 mostró valores positivos de ACG para rendimiento en todas las localidades y la línea 1 tuvo un comportamiento similar, solo fue negativa en las localidades Poza Rica 99 A y Cardel, ambas líneas pertenecen al grupo de los machos (Pob. 62) y para hembras (Pob. 63) la línea 14, presentó ser positiva en seis localidades, además los efectos de ACG de las líneas macho (Pob. 62) fueron mas altos que las de líneas hembras (Pob. 63).

### **Efectos de ACG y ACE combinado**

En el Cuadro 4.11 se presentan los efectos de ACG de las líneas y ACE de las cruza estimadas para rendimiento de grano a través de localidades con base en el



## Diseño II de Carolina del Norte.

Cuadro 4.11. Efectos de ACG y ACE a través de localidades para rendimiento de grano de líneas evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.

Líneas		Líneas hembras ACG (pob. 63)					
Macho (pob.62)		12	13	14	15	16	17
	ACG	-0.01	0.03	0.19	-0.15	-0.07	0.02
		<b>ACE</b>					
1	0.68	0.23	0.18	-0.55	-0.12	0.47	-0.20
2	-0.54	0.14	-1.11	0.22	-0.32	0.37	0.69
3	-0.25	-0.68	0.39	-0.23	0.15	0.74	-0.37
4	-0.13	0.15	0.17	-0.12	0.01	-0.60	0.39
5	0.22	0.09	-0.49	-0.12	0.50	0.10	-0.08
6	-0.43	0.25	0.04	0.02	0.13	-0.26	-0.18
7	-0.25	-0.06	0.69	-0.25	0.19	-0.50	-0.07
8	0.15	0.08	-0.21	0.06	-0.10	-0.07	0.24
9	-0.53	-0.06	0.38	-0.07	-0.20	-0.44	0.39
10	-0.24	0.06	0.40	-0.44	0.22	0.28	-0.53
11	1.32	-0.21	-0.45	1.48	-0.45	-0.10	-0.27

Se muestran los valores mas altos y positivos de ACG para el grupo de líneas utilizadas como macho (Pob. 62) fueron para 1 y 11 con 0.68 y 1.32 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente, seguida de 5 y 8 con valores de 0.22 y 0.15 ton ha<sup>-1</sup>, el resto presentaron valores negativos (Cuadro 4.11). En el grupo de líneas utilizadas como hembras (Pob. 63) la línea que presento el valor mas alto fue la 14 con 0.19 ton ha<sup>-1</sup> seguida de la 13 y 17 con 0.03 y 0.02 ton ha<sup>-1</sup>, respectivamente el resto presentaron valores negativos, los valores de ACG de líneas hembras fueron menores a las líneas usadas como macho.

En las estimaciones de efectos de ACE la crusa que presento el valor mas alto correspondió a la 11x14 con 1.48 ton ha<sup>-1</sup> seguidas de las cruza 3x16, 2x17, 7x13, 5x15, 1x16, 10x13, 3x13. 4x17 y 9x17 con valores de 0.74, 0.69, 0.69, 0.50, 0.47, 0.40, 0.39 0.39 y 0.39 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente, el resto de las cruza presentaron valores bajos

y negativos de ACE (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.12. Estimación de efectos de ACG en el análisis combinado para proteína, triptófano y características agronómicas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.

Líneas macho	Proteína %*	Triptóf. %*	Días a flor	Altura planta cm	Asp maz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz %	Acame tallo %	Maz. Pod. %	Mala Cober. %
1	0.32	-0.0036	1.37	9.0	-0.31	-0.12	-3.44	3.93	-5.77	-0.18
2	-1.31	-0.0081	-0.19	2.83	-0.28	0.08	2.86	-0.59	0.73	-2.19
3	0.61	-0.0031	0.47	-11.50	-0.16	0.15	-2.05	2.36	-4.90	-11.28
4	-1.48	-0.0117	-0.69	3.33	0.10	-0.02	2.78	-1.07	2.95	9.42
5	0.35	0.0029	1.30	5.50	0.09	-0.02	-4.42	-1.89	7.86	14.94
6	-0.08	0.0006	-1.86	-19.17	0.09	-0.07	-4.54	-1.20	-0.47	-6.15
7	0.95	0.0038	-0.53	-0.17	0.24	0.33	3.41	1.28	2.23	11.17
8	2.48	0.0139	1.14	3.33	-0.06	-0.03	-2.04	-2.64	-0.25	-1.31
9	-1.37	-0.0031	-0.53	3.67	0.44	0.07	3.86	-0.20	6.35	21.22
10	-0.48	0.0067	-0.19	-8.0	-0.05	-0.20	-1.72	3.11	-4.17	-3.60
11	0.01	0.0019	-0.03	11.17	-0.35	-0.18	5.28	-3.17	-4.54	-14.03
Líneas hembra										
12	0.36	0.0007	1.02	2.21	-0.02	-0.13	2.73	-2.35	0.70	3.95
13	0.01	-0.0013	0.11	-0.15	0.02	-0.10	-1.40	-1.22	-0.51	-2.19
14	-0.26	-0.0012	0.83	1.30	-0.15	-0.05	-5.02	-0.64	-4.12	-6.42
15	0.01	-0.0006	-1.17	-6.88	0.05	-0.09	1.86	4.04	0.57	1.67
16	0.07	0.0018	-0.17	9.85	0.25	0.12	4.18	0.21	6.53	8.10
17	-0.20	0.0060	-0.62	-6.33	-0.14	0.24	-2.36	-0.03	-3.18	-5.12

\* Datos de la localidad de Tlaltizapán

Las características agronómicas que mostraron mejores efectos de ACG para días a flor fueron la línea 6 con -1.89 días que proporcionan mayor precocidad a las cruza, además la misma línea en altura de planta con -19.18 cm, para aspecto de planta y dureza de endospermo fue la línea 11 con -0.35 y -0.18, en la variable acame de raíz fue la 6 con -4.54 por ciento, en acame de tallo la 11 con -3.17 por ciento, en mazorcas podridas la 1 con -5.77 por ciento y en mala cobertura la 11 con -14.03 por ciento (Cuadro 4.12).

En general, la línea 1 proporciona mejores características agronómicas a las cruza a excepción de altura de planta y acame de tallo que son de ACG positivas, similar comportamiento tiene la línea 11 que mostró efectos negativos para las características a excepción de altura de planta y acame de raíz. En cambio, en las líneas utilizadas como hembras fue la línea 14 (Cuadro 4.12). Además, para por ciento de

triptófano la línea 8 mostró el mejor efecto de ACG con 0.0138 para los machos y en las hembras la 16 con 0.0018 por ciento; en proteína la línea 8 con 2.48 por ciento para machos y línea 12 con 0.36 por ciento para hembras (Cuadro 4.12). Además en por ciento de triptófano la línea 8 obtuvo el valor mas alto dentro de la población 62 con 0.130 por ciento y en el grupo de la población 63 fue la línea 15 con 0.118 por ciento (Cuadro A.20).

En el Cuadro 4.13, se presentan las medias de rendimiento y algunas características agronómicas de las mejores 10 cruzas evaluadas a través de ocho ambientes. Se puede observar que las cruzas son estadísticamente similares entre sí y al testigo de maíz normal CML 247xCML 254 a excepción de la entrada 64. Los rendimientos de las cruzas tuvieron un rango de 7.65 a 8.36 ton ha<sup>-1</sup> siendo superior al promedio de los testigos comerciales (6.053) en un rango de 26.42 a 34.03 por ciento respectivamente. En cuanto a características agronómicas como dureza de endospermo de grano las cruzas presentaron valores menores que a la media general y al promedio de los testigos con 2.15 y 2.2 (en escala de 1 a 5), además las cruzas en su mayoría presentaron valores menores en las características de porcentaje de pudrición de mazorcas, altura de mazorca y mala cobertura (Cuadro 4.13). En la característica de altura de planta, los testigos tuvieron menor altura con 222 cm que las cruzas con un rango de 235 a 254 cm (Cuadro 4.13). Los porcentajes de triptófano para las mejores cruzas muestran un rango de 0.091 (1x16) a 0.106 (11x17), siendo superiores a la cruza de maíz normal (H-515) que obtuvo 0.067 por ciento, dichos resultados son similares a los reportados por López (1992), donde los maíces QPM presentaron 0.11 por ciento y los maíces normales 0.06 por ciento para triptófano. Además, las cruzas que poseen

efectos positivos de ACE en porcentaje de triptófano son 11x17 con 0.0052, seguida de las cruzas 11x12 con 0.0019 y 1x13 con 0.0015 por ciento respectivamente (Cuadro 4.13). Los rangos del contenido de triptófano (%) fueron de 0.085 a 0.117 y un promedio de las cruzas de 0.098 (Cuadro A.20).

Cuadro 4.13. Medias de rendimiento y algunas características agronómicas de las mejores cruzas a través de ocho localidades en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.

Ent.	Cruzas	Rend ton ha <sup>-1</sup>	% Sobre testigos comer.	Dur (1-5)	Prot+ %	Tript+ %	ACE + Triptóf. %	Maz. Podr. %	Mala Cob. %	Alt. Plant cm	Alt. Maz. cm
67	247* x 254*	8.360	38.11	1.7	-	0.056	-	1.0	6.3	223	122
65	11 x 16	8.113	34.03	1.7	10.48	0.100	-0.0220	5.6	8.6	248	130
5	1 x 16	8.038	32.79	1.8	11.08	0.091	-0.0057	6.2	7.9	254	137
61	11 x 12	8.007	32.28	2.1	11.02	0.103	0.0019	6.2	8.0	246	125
63	11 x 14	7.971	31.69	2.0	10.65	0.094	-0.0052	3.8	2.3	246	115
1	1 x 12	7.917	30.79	1.9	11.65	0.092	-0.0036	3.4	0.5	240	121
66	11 x 17	7.917	30.79	2.1	10.93	0.106	0.0052	4.5	8.4	240	117
62	11 x 13	7.848	29.65	2.0	10.66	0.097	-0.0020	8.8	5.2	240	119
2	1 x 13	7.809	29.01	1.8	11.20	0.095	0.0015	3.6	3.4	239	122
64	11 x 15	7.652	26.42	1.9	10.89	0.102	0.0023	4.4	8.8	235	116
Media general		6.908		2.15	10.76			9.8	20.3	231	120
DMS (0.05)		0.5952									
Media Testigos (H-515 y P-3086)		6.053		2.20	11.84	0.067		6.15	9.25	222	124
					H-515	H-515					

\*. Líneas CML; += Valores de triptófano y proteína de una muestra en Tlaltizapán.

Los porcentajes de proteína de las cruzas seleccionadas tuvieron un rango de 10.48 a 11.65, siendo menor que el testigo H-515 que obtuvo un valor de 11.84 por ciento.

En general las cruzas obtuvieron mayores porcentajes en promedio de triptófano e índice de calidad de la proteína con valores de 0.098 y 0.92 y los testigos con valores de 0.067 y 0.57 respectivamente. Además los progenitores presentaron porcentaje de triptófano de 0.110 e índice de calidad de 0.95, siendo similares a los valores de las cruzas (Cuadro A.20).

## V. CONCLUSIONES

1. En el experimento 1 (dialélico) las líneas que presentaron los mayores efectos de ACG para rendimiento de grano fueron la 2 (CML 144 P62C5HC182-2-1-2-BB-3-1-##-BBB) y 3 (CLQ 63-6701) con valores de 0.62 y 0.64  $\text{ton ha}^{-1}$  respectivamente; en el experimento 2 (Diseño II de Carolina del Norte) fueron las líneas 1 (CML 144 P62C5HC182-2-1-2-BB-3-1-##-BBB) y 11 (CLQ 63-6701) con valores de 0.68 y 1.32  $\text{ton ha}^{-1}$ , en ambos diseños las mismas líneas presentaron los valores más altos en ACG.

2. Los efectos mas altos de ACE para rendimiento de grano, lo proporcionan las líneas de la población 62 por líneas de la población 63, para el método 4 de Griffing fue la crusa 1x4 (P62C3HC163-3-1-3-1-B-1-3-B-B-3-BB x CML 146 AC8563MH35-3-1-B-2-1-BB-1-BB-#-BBB) con un valor de 0.67  $\text{ton ha}^{-1}$ , y para el Diseño II de Carolina del Norte fue la crusa 11x14 (CLQ 63-6701 x P63C2HC161-1-3-B-B-2-BB) con un valor de 1.32  $\text{ton ha}^{-1}$ .

3. Las varianzas estimadas en el Diseño II de Carolina del Norte para rendimiento de grano, se determino que la varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en una proporción de 67 a 33 por ciento, debido a estas tendencias, en las poblaciones 62 y 63 se puede realizar selección reciproca recurrente, para explotar los efectos aditivos y

dominantes, e incrementar los efectos de dominancia que definan mejor el patrón heterótico.

4. Se identificó que las líneas que pertenecen al patrón heterótico "A" fueron la cuatro, cinco y seis. En cambio al grupo heterótico "B" por las líneas uno, dos, tres, siete y ocho en el experimento de cruzas dialélicas.

5. Las mejores 5 cruzas a través de localidades en el experimento 1 para rendimiento fueron 2x4, 3x8, 2x5, 2x3, 2x6 con un rango de 8.16 a 8.45 ton ha<sup>-1</sup> y triptófano de 0.095 a 0.103 por ciento; en el experimento 2 fue 11x16, 1x16, 11x12, 11x14, 1x12 con un rango de 7.91 a 8.11 ton ha<sup>-1</sup> y triptófano de 0.091 a 0.103 por ciento respectivamente.

6. La heredabilidad para rendimiento de grano, mazorcas podridas y altura de planta fueron bajas, días a floración y mala cobertura de mazorca fueron de término medio.

## VI. RESUMEN

El mejoramiento genético orientado a obtener variedades más nutritivas cada vez cobra mayor importancia principalmente en los países en vías de desarrollo. El objetivo de este estudio fue identificar nuevos probadores, determinar habilidad combinatoria general y específica, parámetros genéticos e identificación de híbridos superiores “QPM”.

Durante 1999 se evaluaron en 8 ambientes de México y Centro América, dos experimentos formados con líneas de maíz de alta calidad de proteína QPM, las cuales fueron desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y Trigo (CIMMYT). EL primer experimento con 28 cruzas provenientes de un dialelo de 8 líneas las cuales fueron cruzadas utilizando el método 4 de Griffing (1956) y el segundo con 66 cruzas provenientes dos grupos de líneas (11 población 62 y 6 población 63) se utilizó un sistema de apareamiento del Diseño II de Carolina del Norte propuesto por Comstock y Robinson (1948) y 4 testigos de maíz normal.

En ambos experimentos se utilizó un diseño experimental de alfa látice con 2 repeticiones, 2 surcos por parcela de 5 m de largo por localidad. Se evaluaron el rendimiento de grano, triptófano y características agronómicas. Se realizaron análisis de varianza por localidad y combinado para los dos experimentos.

En el primer experimento los cuadrados medios del análisis de varianza combinado determinaron que la ACG (15.55) fue más importante que la ACE (3.67), además las líneas 2 y 3 presentaron los valores mas altos en ACG con 0.62 y 0.64 ton ha<sup>-1</sup> y con porcentaje de triptófano de 0.095 y 0.103 respectivamente, la cruza 1x4 presentó el valor mas alto de ACE con 0.67 ton ha<sup>-1</sup>. Las líneas identificadas como grupo heterótico "A" fueron 4, 5 y 6 y las del grupo "B" 1, 2, 3, 7 y 8. Las mejores cruza del dialélo fueron 2x4, 3x8, 2x5, 2x3, 2x6, 3x4, 3x7 con rango 7.99 a 8.46 ton ha<sup>-1</sup> y porcentajes de triptófano de 0.095 a 0.103, además superiores al promedio de los testigos comerciales con 6.54 ton ha<sup>-1</sup> en un rango 22 a 29 por ciento en rendimiento y 41.7 a 53.7 en triptófano.

En el segundo experimento los valores de los cuadrados medios en el análisis de varianza combinado para rendimiento de grano muestran que la ACG (22.62) para el grupo de líneas de la población 62 fue más importante, seguida de la ACE (2.37). Las líneas 1 y 11 mostraron los efectos mas altos de ACG con 0.68 y 1.32 ton ha<sup>-1</sup> y con porcentajes de triptófano de 0.095 y 0.103. La varianza aditiva fue mayor que la varianza de dominancia en una proporción de 67 y 33 por ciento. Las cruza con mayor rendimiento fueron 11x16, 11x12, 1x16, 11x17, 11x14, 11x13, 1x12, 1x13, 11x14 con rango de 7.65 a 8.11 ton ha<sup>-1</sup> y porcentaje de triptófano en rango de 0.091 a 0.106, siendo superiores al promedio de los testigos comerciales en rangos de 26 a 34 por ciento y para triptófano 38.56 a 58.7 por ciento.



## VII. LITERATURA CITADA

- Bressani, R., L.G. Elías, and R.A. Gómez. 1969. Protein quality of *opaque-2* corn evaluation in rats. *Journal of Nutrition*. 97: 173-180.
- Bressani, R. 1972. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. *In: Bressani et al.* (ed.). Mejoramiento nutricional del maíz. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Guatemala, C.A. pp: 5-30.
- Bosque, C.M. and R. Bressani. 1987. Efecto de la calidad de proteína del maíz sobre la biodisponibilidad de los carotenoides. *In: XXXIII Reunion of the cooperative program for the improvement of basic foodstuffs in Central America*. INCAP, Guatemala. pp: 15-20.
- Comstock, R.E. and H.F. Robinson. 1948. The components of genetics variance in populations. *Biometrics* 4: 254-266.
- Cromwell, G.L., J.C. Rogler, and R.A. Pickett. 1967. Nutritional value of *opaque-2* corn for the chick. *Poult. Sci.* 46: 765-712.
- Cromwell, G.L., J.C. Rogler, and R.A. Pickett. 1968. A comparison of the nutritive value of *opaque-2*, *floury-2* and normal corn for the chick. *Poult. Sci.* 47: 840-847.
- Dudley J.W. and R. Moll. 1969. Integration and use of estimates of heritability and genetic variance in plant breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.
- Eberhart, S.A., W. Salhuana, R. Sevilla, and S. Taba. 1995. Principles for tropical maize breeding. *Maydica.* 40: 339-355.
- Falconer, D.S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. De la 1ra. en Ingles por Fidel Márquez Sánchez. México. Continental. 430 p.
- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Hallauer A.R. 1993. Maize breeding proceedings of the Fifth ASIAN regional maize workshop 5:160-178.

- Hallauer, A.R., and J.B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University press. Ames. Iowa. 50010. First Edition. 468 p.
- Hallauer, A.R., and J.B. Miranda. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd. Ed. Iowa State University press, Iowa. 468 p.
- Kniep, K.R., and S.C. Mason, J.D. Hancock, and E.R. Peo. 1987. High lysine corn, II. Nutritional quality. Institute of agriculture and natural resources, University of Nebraska Lincoln. East campus. VOL. VII, No. 46.
- Kniep, K.R., and S.C. Mason. 1991. Lysine and protein content of normal and opaque-2 maize grain as influenced by irrigation and nitrogen. *Crop Sci.* 31: 177-181.
- Letchworth, M.B., and R.J. Lambert. 1998. Pollen parent effects on oil, protein, and starch concentration in maize kernels. *Crop Sci.* 38: 363-367.
- López P, M.A. 1992. The economics of Quality protein maize as an Animal feed: case studies of Brazil and El Salvador. CIMMYT. Economics working paper 92-06. México. D.F. CIMMYT.
- Márquez S, F. 1988. Genotecnia vegetal. Tomo II. A.G.T. editor, S.A. México. 658 p.
- Maner J.H. 1985. La calidad proteínica del maíz y la nutrición de porcinos. *In: Maíz de alta calidad proteínica.* CIMMYT-PURDUE. Limusa 2da. reimpression. México. pp: 67-87.
- Mertz, E.T., L.S. Bates, and O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases Lysine content of maize endosperm. *Science (Washington DC).* 145:279-280.
- Mickelson, H.R., M. Bjarnason, H.S. Cordova, and K. Pixley. 1995. Combining exotic performance. Reporte de programa de maíz de CIMMYT, El Batán, México. 6 p.
- Molina G., J.D. y R.O. Lobato. 1998. La aptitud combinatoria general de líneas autofecundadas de maíz en la estimación de heterosis. *In: Ramírez, V., F. Zavala, N.O. Gómez, F. Rincón, y A. Mejía (eds.) Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas científicas.* SOMEFI. Chapingo, México. pp. 259.
- Nelson, O.E., E.T. Mertz, and L.S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science (Washington DC).* 150: 1469-1470.

- Ortega, E.L., E. Villegas and S.K. Vasal. 1986. A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla maxing. American Association of cereal chemist, Inc. 63: 446-451.
- Pinter L., Z. Bucres, and Z. Alfoldi. 1995. Comparison of normal and *opaque-2* maize genotypes used for Corn Cob Mix in pig feeding. Agron. J. 87: 547-550.
- Pixley, K.V., and M. Bjarnason. 1991. Combining ability for protein quality traits among tropical maize inbreds having the *opaque-2*. In: Agronomy abstracts. ASA, Madison, WI. pp: 111.
- Pixley, K.V., and M. Bjarnason. 1993. Combining ability for yield and protein quality among modified endosperm *opaque-2* tropical maize inbreds. Crop Sci. 33: 1229-1234.
- Pixley, K.V., and M. Bjarnason. 1994. Pollen parents effects on protein quality and endosperm modification of quality protein maize. Crop Sci. 34: 404-409.
- Pradilla, A. G., D.D. Harstead, D. Sarria, F.A. Linares, C.A. Francis, 1985. El maíz de alta calidad de proteína y la nutrición humana. In: Maíz de alta calidad proteínica. CIMMYT-PURDUE. Limusa, 2da. reimpression, México. pp:29-39.
- Rogler, J.C. 1966. A comparison of *opaque-2* and normal corn for the chick. P 23-25 In: E.T. Mertz and O.E. Nelson (eds.). High lysine corn conf., west lafayette, Corn industries research found. Washinton, D.C. pp:23-25.
- Spaner D., and D.E. Matter, 1992. Genetic and agronomic evaluation of short season quality protein maize. Can. J. plant Sci. 72: 1171-1181.
- Shull, G. M. 1908. The composition of yield of maize. Am. Breeder's Assoc. Rep. 4:296-301.
- SAS. 1989. SAS/STAT user's guide: versión 6.4th. ed. Vol. 2. SAS Inst. Cary. N.C. 956 p.
- Sullivan, J.S., D.A. Knabe, A.J. Bockholt, and E.J. Gregg. 1989. Nutritional value of quality protein maize and food corn for stater and growth pigs. J. Anim. Sci. 67:1285-1292.
- Tsai, C.Y., D.M. Huber, and H.L. Warren. 1978. Relationship of the kernel sink for N to maize productivity. Crop Sci. 18: 399-404.

- Tsai, C.Y. 1979. Early termination of zein accumulation in *opaque-2* maize mutant. *Maydica*. 24: 129-140.
- Vasal, S.K., D.L. Beck, J. Crossa, y N. Vergara. 1987. Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma tropical de CIMMYT. *In: Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios*. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Guatemala. Simposio. pp. 75-80.
- Vasal, S. K, G. Srinivasan, S. Pandey, F. González, J. Crossa, and D. L. Beck. 1993a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's quality protein maize germplasm: I. Lowland tropical. *Crop Sci*. 33: 46-51.
- Vasal, S.K., G. Srinivasan, F. Gonzáles, D. Beck, and J. Crossa. 1993b. Heterosis and combining ability of CIMMYT's Quality Protein Maize. Germoplasm: II. Subtropical. *Crop Sci*. 33: 51-57.
- Vasal, S.K, H. Cordova, S. Pandey, and G. Srinivasan. 1999. Tropical maize and heterosis. *In: Coors, J.G. and S. Pandey (eds.)*. *The Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops*. ASA- CSSA, Madison, WI. 53711, USA. pp: 363-373.
- Wessel-Beaver, L., R.J. Lambert, and J.W. Dudley. 1985. Genetic variability and correlations in a modified endosperm texture *opaque-2* maize population. *Crop Sci*. 25:129-132.

# VIII. APENDICE

**EXPERIMENTO 1  
(CRUZAS DIALELICAS)**

Cuadro A.1. Cuadros medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de San Andrés, El Salvador. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.0009 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	39.06 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	5.01 <sup>ns</sup>	58.53 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	0.56 <sup>ns</sup>	1.02 <sup>ns</sup>	207.57 <sup>ns</sup>	184.06 <sup>**</sup>	0.22 <sup>**</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	5.57 <sup>ns</sup>	189.3 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	1.73 <sup>ns</sup>	4.99 <sup>**</sup>	276.40 <sup>ns</sup>	199.71 <sup>**</sup>	0.53 <sup>**</sup>	0.42 <sup>**</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	14.89 <sup>**</sup>	309.38 <sup>ns</sup>
Error	17	0.91	0.62	198.17	143.18	0.06	0.08	0.08	0.08	3.36	163.96
Media		7.31	64.22	225.78	114.53	2.86	1.98	0.03	0.04	1.96	9.56
C.V. (%)		13.06	1.22	6.24	10.45	8.92	14.22	803.9	804.44	93.03	133.93

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

Cuadro A.2. Cuadros medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cuyuta, Guatemala. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	6.99 <sup>**</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	306.25 <sup>ns</sup>	284.76 <sup>**</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	14523.3 <sup>**</sup>	21.51 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	2.73 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	0.56 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	105.52 <sup>s ns</sup>	45.42 <sup>ns</sup>	0.33 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	820.94 <sup>**</sup>	3.69 <sup>ns</sup>	12.31 <sup>ns</sup>	10.08 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	1.87 <sup>**</sup>	1.27 <sup>**</sup>	265.59 <sup>**</sup>	98.45 <sup>**</sup>	0.96 <sup>**</sup>	1.24 <sup>**</sup>	795.56 <sup>**</sup>	6.28 <sup>ns</sup>	39.89 <sup>ns</sup>	48.88 <sup>**</sup>
Error	17	0.45	0.25	74.49	25.99	0.18	0.27	157.02	4.75	39.83	9.08
Media		5.29	54.61	214.38	101.95	3.95	3.25	31.73	1.21	8.49	3.94
C.V. (%)		12.62	0.92	4.03	5.0	10.7	15.85	39.51	180.4	74.29	76.42

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

Cuadro A.3. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cardel, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.15 <sup>ns</sup>	689.06 <sup>ns</sup>	19.14 <sup>ns</sup>	0.00 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	126.0 <sup>ns</sup>	25.88 <sup>ns</sup>	14.16 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	0.43 <sup>ns</sup>	159.44 <sup>ns</sup>	301.24 <sup>*</sup>	1.36 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>*</sup>	2.91 <sup>ns</sup>	153.03 <sup>*</sup>	14.48 <sup>ns</sup>	8.46 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	0.74 <sup>ns</sup>	666.81 <sup>*</sup>	446.54 <sup>**</sup>	1.16 <sup>ns</sup>	0.45 <sup>**</sup>	3.58 <sup>ns</sup>	135.75 <sup>*</sup>	16.04 <sup>ns</sup>	7.75 <sup>ns</sup>
Error	17	0.42	264.93	100.06	0.88	0.12	3.61	62.78	13.36	5.17
Media		5.20	221.88	113.98	3.25	2.19	1.08	13.75	2.58	1.60
C.V. (%)		12.52	7.34	8.78	28.8	15.70	176.6	57.63	141.68	141.75

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

Cuadro A.4. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99A, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.23 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	39.06 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	1762.95 <sup>**</sup>	32.49 <sup>ns</sup>	2.52 <sup>ns</sup>	5.06 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	0.43 <sup>ns</sup>	1.67 <sup>**</sup>	349.13 <sup>ns</sup>	162.59 <sup>**</sup>	0.07 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	716.17 <sup>**</sup>	23.16 <sup>ns</sup>	1.23 <sup>ns</sup>	29.80 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	1.19 <sup>*</sup>	3.05 <sup>**</sup>	315.38 <sup>ns</sup>	184.93 <sup>**</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.20 <sup>**</sup>	489.31 <sup>**</sup>	33.53 <sup>*</sup>	3.22 <sup>ns</sup>	124.2 <sup>**</sup>
Error	17	0.54	0.42	269.01	40.34	0.09	0.06	113.79	15.34	1.64	24.86
Media		7.26	73.98	201.25	95.39	2.95	1.95	27.17	4.41	0.68	8.29
C.V. (%)		10.12	0.88	8.15	6.66	10.5	12.79	39.26	88.77	187.6	60.16

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

Cuadro A.5. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99B, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	12.59 **	2.64 *	885.06 *	405.02 ns	4.52 **	0.77 **	1740.9 **	5.88 ns	54.76 ns	5.88 ns
Bloques/rep.	14	0.49 ns	0.85 *	117.98 ns	188.59 ns	0.29 ns	0.16 ns	355.05 ns	75.72 *	62.93 **	80.68 ns
Tratamientos	31	3.09 **	1.62 **	503.86 **	498.53 *	0.64 *	0.61 **	427.33 *	302.40 **	163.87 **	347.14 **
Error	17	0.55	0.35	140.13	178.07	0.28	0.07	175.4	22.77	17.87	81.05
Media		7.24	54.55	253.53	125.74	3.22	2.17	25.82	14.6	12.40	15.61
C.V. (%)		10.27	1.09	4.67	10.62	16.3	12.30	51.29	32.68	34.02	57.68

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

Cuadro A.6. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99A, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Acame raíz (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.14 ns	1.56 ns	9.76 ns	0.004 ns	0.20 ns	202.35 **	162.24 ***
Bloques/rep.	14	0.80 ns	1.12 ns	49.85 ns	0.15 ns	0.29 ns	10.68 ns	35.42 *
Tratamientos	31	1.46 **	10.5 **	83.02 *	0.25 ns	0.68 ns	22.68 **	111.38 **
Error	17	0.39	0.57	32.99	0.14	0.57	10.56	14.47
Media		6.62	67.81	114.17	3.6	5.54	8.04	4.52
C.V. (%)		9.41	1.12	4.99	10.23	13.66	40.42	84.10

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



Cuadro A.7. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99B, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	4.30 **	22.56 **	25161.89 **	3969.0 ns	0.00 ns	37.21 ns	0.51 ns	88.89 *	5.01 ns
Bloques/rep.	14	0.31 ns	0.94 ns	2579.24 ns	1188.3 ns	0.14 ns	81.67 *	0.89 ns	13.76 ns	26.52 ns
Tratamientos	31	1.43 **	2.04 **	6087.82 ns	3540.9 *	0.40 **	32.86 ns	2.78 *	26.12 ns	295.68 **
Error	17	0.27	0.55	2847.6	1424.3	0.12	35.01	1.25	12.86	42.34
Media		9.14	56.81	195.45	143.56	2.28	2.92	0.69	5.39	12.49
C.V. (%)		5.67	1.30	27.30	26.3	15.31	202.9	162.55	66.59	52.09

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

Cuadro A.8. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Tlatizapán, Morelos, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Alt. de maz (cm)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	13.25 **	56.25 **	7965.56 ns	8672.27 ns	0.77 ns	4.46 *	9.0 ns	1.69 ns	147.6 ns
Bloques/rep.	14	0.82 ns	4.69 ns	1745.23 ns	3070.03 ns	0.27 ns	0.54 ns	46.81 ns	47.07 ns	77.38 ns
Tratamientos	31	3.94 *	11.58 **	6295.24 *	6291.03 **	0.74 **	1.32 ns	43.90 ns	48.36 ns	292.30 *
Error	17	1.52	3.57	2545.48	4570.75	0.18	1.0	35.67	37.32	98.13
Media		10.97	91.84	216.81	142.42	2.66	1.45	1.76	2.91	7.05
C.V. (%)		11.25	2.06	23.3	47.42	15.83	68.99	339.4	210.2	140.51

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

**EXPERIMENTO 2**  
**(DISEÑO 2 DE CAROLINA DEL NORTE)**

Cuadro A.9. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de San Andrés, El Salvador. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	1.15 <sup>ns</sup>	19.31 <sup>**</sup>	394.46 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	7.83 <sup>ns</sup>	438.96 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	1.05 <sup>ns</sup>	2.77 <sup>**</sup>	422.62 <sup>*</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	6.37 <sup>*</sup>	1.66 <sup>ns</sup>	4.85 <sup>ns</sup>	72.24 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	1.27 <sup>*</sup>	4.35 <sup>**</sup>	369.04 <sup>*</sup>	0.47 <sup>**</sup>	0.27 <sup>**</sup>	3.25 <sup>ns</sup>	1.08 <sup>ns</sup>	19.53 <sup>**</sup>	578.89 <sup>**</sup>
Error	17	0.77	0.76	229.14	0.12	0.09	3.19	1.13	5.70	149.64
Media		6.74	63.76	229.67	2.71	1.87	0.36	0.19	2.58	16.98
C.V. (%)		13.03	1.37	6.59	12.6	16.55	494.0	551.17	92.49	72.03

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

Cuadro A.10. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cuyuta, Guatemala. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.35 <sup>ns</sup>	1.40 <sup>ns</sup>	377.86	0.002 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	44.13 <sup>ns</sup>	0.04	246.05 <sup>*</sup>	166.7 <sup>ns</sup>
Bloques/rep.	14	0.68 <sup>ns</sup>	1.27 <sup>*</sup>	128.28	0.22 <sup>*</sup>	0.11 <sup>**</sup>	178.48 <sup>*</sup>	0.39	32.67 <sup>ns</sup>	51.39 <sup>ns</sup>
Tratamientos	31	0.96 <sup>**</sup>	2.49 <sup>**</sup>	277.60	0.41 <sup>**</sup>	0.27 <sup>**</sup>	172.13 <sup>*</sup>	0.41	198.83 <sup>**</sup>	306.28 <sup>**</sup>
Error	17	0.42	0.64	166.43	0.09	0.04	97.47	0.50	47.33	42.76
Media		5.03	54.96	199.14	3.24	2.23	11.88	0.21	12.34	9.76
C.V. (%)		12.96	1.46	6.48	9.75	9.05	83.08	342.41	55.73	67.02

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

Cuadro A.11. Cuadros medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cardel, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	12.40 **	21.61 ns	3964.46 **	0.06 ns	2.19 **	0.01 ns	1215.99 **	35.70 ns	278.62 ns
Bloques/rep.	14	1.41 *	5.60 ns	255.15 **	0.52 ns	0.21 ns	9.07 ns	108.88 ns	11.57 ns	49.75 ns
Tratamientos	31	1.28 **	5.25 ns	310.89 **	1.53 **	0.44 **	8.63 ns	375.58 **	20.48 ns	183.12 **
Error	17	0.604	6.16	101.09	0.71	0.24	6.24	74.84	15.53	84.77
Media		4.63	54.62	226.04	3.18	2.29	1.77	16.22	3.21	7.93
C.V. (%)		16.78	4.54	4.45	26.48	21.33	141.44	53.35	122.79	116.18

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

Cuadro A.12. Cuadros medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99A. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	0.09 ns	20.06 **	925.71 **	0.14 ns	0.35 ns	758.65 ns	56.20 ns	8.06 ns	51.61 ns
Bloques/rep.	14	0.49 ns	0.67 ns	146.32 ns	0.06 ns	0.09 ns	575.12 *	15.67 ns	2.79 ns	124.77 ns
Tratamientos	31	1.55 **	6.59 **	342.68 **	0.27 **	0.19 **	863.59 **	19.45 ns	11.47 **	721.79 **
Error	17	0.509	0.66	91.97	0.06	0.09	301.93	17.15	3.22	110.19
Media		7.03	71.04	192.93	2.97	1.89	57.91	4.84	1.72	24.16
C.V. (%)		10.16	1.13	4.97	8.49	15.79	30.0	85.56	104.22	43.45

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

Cuadro A.13. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Cotaxtla 99B. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	22.95 **	10.31 **	132.11 ns	1.40 **	0.30 *	8750.04	3975.11 **	64.19 ns	194.46 ns
Bloques/rep.	14	1.23 *	0.72 ns	261.39 **	0.15 ns	0.09 ns	197.68	185.74 *	79.91 ns	85.97 ns
Tratamientos	31	2.19 **	2.04 **	612.95 **	0.61 **	0.31 **	966.66	336.31 **	336.0 **	879.16 **
Error	17	0.623	0.49	89.41	0.14	0.06	321.36	81.05	86.06	141.88
Media		6.86	53.74	260.36	3.49	1.92	45.89	19.89	18.89	30.99
C.V. (%)		11.51	1.29	3.63	10.55	12.98	39.06	45.26	49.10	38.43

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

Cuadro A.14. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99A. Veracruz, México 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	1.097 ns	3.46 **	0.007 ns	1.12	0.09 ns	38.69 ns	1.01 ns
Bloques/rep.	14	0.73 ns	0.46 ns	0.25 *	0.15	0.27 ns	30.19 ns	27.07 ns
Tratamientos	31	1.83 **	6.13 **	0.36 **	0.30	1.03 **	96.11 **	311.48 **
Error	17	0.41	0.44	0.13	0.19	0.24	19.46	37.69
Media		6.32	66.46	3.47	2.43	5.69	11.48	9.85
C.V. (%)		10.16	0.99	10.53	17.77	8.55	38.44	62.35

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

Cuadro A.15. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Poza Rica 99B, Veracruz, México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	4.09 **	1.03 ns	930.86 **	0.03 ns	0.18 ns	56.96 ns	0.94 ns	1.94 ns	404.26 ns
Bloques/rep.	14	0.496 ns	1.14 ns	65.99 ns	0.28 ns	0.24 *	36.49 ns	7.94 ns	139.03 ns	81.15 ns
Tratamientos	31	2.097 **	3.55 **	341.25 **	1.05 **	0.52 **	54.25 ns	12.88 *	774.03 **	1719.5 **
Error	17	0.367	0.79	48.99	0.17	0.12	36.96	7.44	76.97	116.73
Media		8.48	54.90	254.71	3.09	2.32	3.11	2.03	17.15	35.75
C.V. (%)		7.15	1.62	2.75	13.22	14.73	195.71	134.13	51.15	30.22

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

Cuadro A.16. Cuadrados medios del análisis de varianza, para rendimiento de grano y características agronómicas en la localidad de Tlaltizapán, Morelos México. 1999.

Fuente de variación	G.L.	Rend. ton ha <sup>-1</sup>	Días a flor	Altura de planta (cm)	Asp. mz (1-5)	Dureza grano (1-5)	Acame raíz (%)	Acame de tallo (%)	Mazorcas Pod. (%)	Mala cob. (%)
Repeticiones	1	11.87 **	10.86 **	9794.58 **	0.09 ns	0.09 ns	0.00 ns	0.30 ns	144.84 ns	4115.9 **
Bloques/rep.	14	1.36 *	4.15 **	393.20 **	0.17 ns	0.15 ns	3.79 ns	1.29 ns	98.11 ns	158.35 ns
Tratamientos	31	6.50 **	11.47 **	530.81 **	0.76 **	0.41 **	2.91 ns	1.82 ns	400.24 **	951.99 **
Error	17	0.53	1.37	35.52	0.14	0.09	2.47	2.09	57.14	135.41
Media		10.18	89.16	254.22	2.93	2.17	0.57	0.62	10.85	27.03
C.V. (%)		7.14	1.31	2.34	13.02	14.23	277.5	233.83	69.66	43.05

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

Cuadro A17. Medias ajustadas de rendimiento y diferentes características agronómicas a través de ocho ambientes de cruzas dialélicas evaluadas en 1999.

Entrada	Rendto. T ha <sup>-1</sup>	días a flor	Alt. P. cm	Asp. Maz (1-5)	Dur. (1-5)	Ac. raíz* %	Ac. tallo* %	Maz. Pod.* %	Mal. Cob* %
1	7.2596	64.6	220	2.8	1.7	14.4	8.4	2.0	5.2
2	7.2798	65.2	228	2.7	1.6	25.2	3.1	2.3	0.7
3	7.6062	63.2	193	3.3	2.7	7.8	4.3	2.3	3.3
4	7.0894	65.7	199	3.2	2.7	10.8	3.3	5.9	22.7
5	7.3147	64.4	204	3.6	2.6	22.9	4.8	5.2	6.7
6	6.5215	66.0	206	3.3	2.7	8.0	5.0	3.9	7.3
7	6.5629	63.4	202	3.8	3.5	11.3	4.8	6.0	6.0
8	8.1903	66.1	230	2.5	2.2	19.4	5.4	1.9	1.8
9	8.4555	64.4	217	2.9	2.3	6.7	2.2	4.8	2.7
10	8.3804	66.4	224	2.9	2.8	10.9	10.0	3.7	8.3
11	8.1600	65.3	226	2.9	2.1	20.8	4.6	3.6	6.5
12	7.5929	67.9	233	3.0	2.1	5.0	1.3	2.2	1.3
13	7.3973	64.3	213	3.4	3.2	13.6	10.5	4.6	1.3
14	8.1273	64.6	224	2.4	1.8	16.1	4.3	3.6	1.7
15	7.9686	63.7	209	3.3	3.0	22.4	3.8	7.1	28.0
16	7.5520	64.6	226	3.0	2.5	26.4	3.8	4.9	5.5
17	7.9890	64.4	223	2.7	2.7	15.7	4.2	3.1	2.6
18	8.4354	63.9	223	3.0	3.1	20.8	1.3	4.0	4.9
19	6.4876	64.1	216	3.7	2.9	8.2	2.1	12.6	17.7
20	6.0247	65.3	204	3.9	2.9	10.4	2.3	10.4	8.4
21	7.0534	64.0	212	3.2	2.5	3.1	2.0	4.6	8.3
22	7.3387	64.9	208	3.2	3.3	3.3	1.8	4.8	4.6
23	6.9637	64.4	197	3.9	3.7	18.6	2.5	14.0	34.8
24	7.0963	66.7	228	3.4	2.5	18.3	4.1	7.5	15.3
25	7.5052	62.2	203	3.5	3.5	13.0	3.8	7.3	27.1
26	6.9925	67.2	227	2.9	1.8	23.1	2.6	5.0	8.1
27	6.6130	63.2	218	3.9	3.2	11.9	1.9	11.7	25.4
28	6.9423	64.1	206	3.3	3.9	11.9	2.5	3.5	4.9
29+	8.3143	66.6	215	2.3	1.7	8.1	0.6	2.8	5.0
30+	6.8150	65.2	209	3.3	2.4	19.1	6.2	7.0	8.5
31+	6.2560	65.4	213	3.2	2.7	9.1	3.8	4.1	8.2
32+	7.8182	65.7	223	3.0	2.6	14.7	2.4	4.3	8.5
Media	7.3640	64.9	215	3.2	2.6	14.1	3.9	5.3	9.4
Máximo	8.4555	67.9	233	3.9	3.9	26.4	10.5	14.0	34.8
Mínimo	6.0247	62.2	193	2.3	1.6	3.1	0.6	1.9	0.7

\* Datos originales sin ajustar, += testigos (29= CML 247xCML 254, 30=H-515, 31=P-3086, 32= testigo local diferente en cada localidad)

Cuadro A18. Estimados de porcentajes de nitrógeno, triptófano y proteína e índices de calidad para los progenitores y cruzas evaluadas en el método IV de Griffing en Tlaltizapán en 1999.

Entradas	Cruzas	N %	Triptófano %	Proteína %	Índice de calidad
1	P1 x P2	1.79	0.103	11.18	0.92
2	P1 x P3	1.70	0.104	10.61	0.98
3	P1 x P4	1.46	0.096	9.12	1.05
4	P1 x P5	1.69	0.097	10.59	0.91
5	P1 x P6	1.82	0.099	11.36	0.87
6	P1 x P7	1.78	0.103	11.11	0.92
7	P1 x P8	1.74	0.102	10.86	0.94
8	P2 x P3	1.75	0.103	10.92	0.94
9	P2 x P4	1.65	0.096	10.29	0.93
10	P2 x P5	1.73	0.101	10.79	0.93
11	P2 x P6	1.78	0.100	11.12	0.90
12	P2 x P7	1.79	0.100	11.17	0.89
13	P2 x P8	1.84	0.106	11.53	0.92
14	P3 x P4	1.65	0.098	10.30	0.95
15	P3 x P5	1.72	0.103	10.74	0.96
16	P3 x P6	1.73	0.100	10.82	0.93
17	P3 x P7	1.59	0.100	9.95	1.00
18	P3 x P8	1.66	0.095	10.36	0.92
19	P4 x P5	1.70	0.098	10.61	0.92
21	P4 x P7	1.61	0.099	10.08	0.98
22	P4 x P8	1.81	0.110	11.28	0.97
23	P5 x P6	1.86	0.111	11.62	0.95
24	P5 x P7	1.75	0.097	10.91	0.89
25	P5 x P8	1.89	0.113	11.80	0.96
26	P6 x P7	1.52	0.101	9.51	1.06
27	P6 x P8	1.51	0.102	9.41	1.08
28	P7 x P8	1.55	0.091	9.67	0.94
Media		1.65	0.101	10.66	0.95
Máximo		1.89	0.113	11.80	1.08
Mínimo		1.46	0.091	9.12	0.87
H-515 (normal)		<b>1.89</b>	<b>0.067</b>	<b>11.84</b>	<b>0.57</b>
Progenitores					
	P1	1.55	0.091	9.66	0.94
	P2	1.73	0.095	10.82	0.88
	P3	1.82	0.103	11.37	0.91
	P4	1.64	0.106	10.27	1.03
	P5	1.63	0.095	10.18	0.93
	P6	1.54	0.100	9.63	1.04
	P7	1.90	0.099	11.85	0.83
	P8	1.43	0.085	8.93	0.96
Media		<b>1.65</b>	<b>0.097</b>	<b>10.34</b>	<b>0.94</b>

Cuadro A.19. Medias ajustadas de rendimiento y diferentes características agronómicas a través de ocho ambientes de las cruzas evaluados en el Diseño de Carolina del Norte, 1999.

Entrada	Rendto. t ha <sup>-1</sup>	días a flor	Alt. P. cm	asp maz. (1-5)	Dur. (1-5)	Ac. raíz* %	Ac. Tallo* %	Mz. P* %	Mal. Cob.* %
1	7.9172	66	240	2.7	1.9	18.7	6.1	3.4	0.5
2	7.8088	65	238	2.8	1.8	17.2	8.0	3.6	3.4
3	7.2942	66	248	3.0	2.2	3.9	8.0	3.0	1.3
4	7.3113	63	229	2.9	2.1	10.8	17.4	4.8	3.0
5	8.0384	64	254	2.7	1.8	14.5	12.1	6.2	7.9
6	7.4357	64	233	2.9	2.4	11.6	9.5	4.9	1.3
7	6.4650	65	239	3.0	2.1	24.2	2.0	13.1	16.2
8	5.3059	64	232	3.2	2.4	22.8	3.4	9.8	7.9
9	6.9298	64	233	2.9	2.1	9.9	6.3	6.4	15.1
10	5.7986	62	231	3.2	2.0	16.9	8.9	10.0	30.5
11	6.5815	63	241	3.5	2.3	22.6	6.0	17.4	33.3
12	7.1307	62	229	2.9	2.5	18.1	7.4	8.2	10.3
13	5.9798	64	224	3.1	2.2	18.5	4.6	4.5	9.7
14	7.0734	64	220	3.2	2.1	12.9	5.8	5.0	12.3
15	6.7035	65	220	2.8	2.3	10.2	5.2	4.6	5.6
16	6.6791	63	214	3.0	2.2	13.9	18.9	8.1	14.6
17	7.3853	64	238	2.8	2.2	22.4	6.1	5.9	10.5
18	6.2456	64	203	3.0	2.8	7.1	11.1	3.0	6.1
19	7.0729	64	238	2.9	1.9	19.9	4.5	11.0	36.0
20	6.9670	63	236	3.1	2.0	20.7	5.2	8.2	12.3
21	6.8330	63	230	3.2	2.1	10.4	5.6	8.8	27.2
22	6.6685	62	229	3.3	2.1	22.1	9.3	10.4	32.6
23	6.0301	63	247	4.2	2.6	25.9	2.0	34.7	53.5
24	7.2019	62	228	2.8	2.1	15.0	4.5	5.1	21.4
25	7.2583	66	225	3.5	2.1	7.0	0.5	21.5	42.0
26	6.6789	65	240	3.9	2.2	6.4	2.8	29.8	51.8
27	7.3045	66	240	2.9	2.1	9.4	4.5	11.3	18.7
28	7.5048	63	235	2.9	1.8	16.8	11.1	11.7	31.3
29	7.3369	65	255	3.2	1.9	19.5	5.9	20.8	40.4
30	6.9860	64	226	3.0	2.7	11.7	1.8	12.6	31.9
31	6.7312	63	218	3.2	1.8	13.9	6.0	9.3	10.2
32	6.6077	61	213	3.3	2.1	6.4	5.9	8.5	8.4
33	6.6243	63	213	2.9	2.0	9.6	2.6	4.3	11.0
34	6.4732	61	205	3.3	2.0	16.7	7.6	16.5	19.0
35	6.1820	61	222	3.6	2.3	15.6	7.1	13.9	31.9
36	6.2515	61	202	3.1	2.3	7.9	1.1	5.2	9.1
37	6.6417	64	232	3.4	2.2	23.1	3.5	14.8	53.3
38	7.4017	63	231	3.2	2.2	20.9	5.7	9.1	46.4
39	6.7367	64	235	3.2	2.6	14.3	6.1	6.5	9.7
40	6.7425	62	220	3.4	2.3	22.4	9.8	14.1	30.1
41	6.1375	63	241	3.8	2.7	25.5	7.8	23.3	39.2
42	6.6589	62	228	3.3	2.9	11.6	12.3	6.1	14.8
43	7.1424	66	242	3.2	2.1	14.9	1.7	11.6	28.5
44	6.8104	65	233	3.1	1.8	15.0	3.4	9.3	26.7
45	7.3432	64	234	2.7	1.8	13.1	2.5	3.3	6.9
46	6.8132	63	228	3.1	2.1	14.6	3.4	11.2	18.2
47	6.8838	65	224	3.3	2.7	8.1	4.9	7.6	15.1
48	7.3437	65	247	3.1	2.2	19.4	5.8	16.0	23.2
49	6.4144	64	241	3.5	2.1	26.5	4.6	16.5	49.7



Entrada	Rendto. t ha <sup>-1</sup>	días a flor	Alt. P. cm	asp maz. (1-5)	Dur. (1-5)	Ac. raíz* %	Ac. Tallo* %	Mz. P* %	Mal. Cob.* %
50	6.7710	63	232	3.2	2.0	14.1	5.1	10.9	27.9
51	6.4735	64	234	3.5	2.2	9.1	9.3	7.2	34.5
52	6.1324	62	233	3.9	2.3	25.6	11.6	21.1	48.5
53	5.8878	63	246	4.2	2.6	24.5	2.6	37.2	61.1
54	6.8072	62	224	3.2	2.1	20.7	3.1	5.7	32.1
55	6.6745	64	224	3.1	1.7	17.7	7.5	6.8	21.2
56	7.1145	64	228	2.8	2.0	8.0	5.8	2.4	5.5
57	6.4617	64	226	3.2	1.7	15.8	8.5	6.5	29.0
58	6.6729	62	210	3.2	1.9	18.2	11.3	4.9	13.7
59	7.0565	63	237	3.2	2.2	18.8	13.1	10.2	19.5
60	6.1572	63	215	3.1	2.2	8.5	10.0	4.7	16.0
61	8.0074	64	246	2.8	2.1	24.1	1.9	6.2	8.0
62	7.8461	63	240	3.0	2.0	18.6	4.3	8.8	5.2
63	7.9705	65	246	2.6	2.0	17.5	3.1	3.8	2.3
64	7.6521	63	235	2.9	1.9	20.9	3.9	4.4	8.8
65	8.1183	63	248	2.8	1.7	27.0	3.5	5.6	8.6
66	7.9165	63	240	2.7	2.1	20.9	1.8	4.5	9.4
67+	8.3601	66	223	2.0	1.7	2.8	0.9	1.0	6.3
68+	6.4317	63	208	3.4	2.0	15.3	16.7	7.8	10.6
69+	5.6737	66	236	3.1	1.9	11.1	6.1	4.5	7.9
70+	7.5235	65	238	3.1	2.1	13.5	3.9	5.5	5.7
Media	6.9082	64	231	3.1	2.1	15.9	6.3	9.8	20.3
Máximo	8.3601	66	255	4.2	2.9	27.0	18.9	37.2	61.1
Mínimo	5.3039	61	202	2.0	1.7	2.8	0.5	1.0	0.5

\* Datos originales sin ajustar; + = testigos (67=CML 247xCML 254, 68=H-515, 69=P-3086, 70= testigo local diferente en cada localidad).

Cuadro A.20. Valores estimados para porcentaje de nitrógeno, triptófano y proteína, e índice de calidad en los progenitores y cruzas QPM del Diseño II de Carolina del Norte en Tlaltzapán en 1999.

Entradas.	Cruzas	N %	Triptófano %	Proteína %	Índice de Calidad
1	1 x 12	1.86	0.092	11.65	0.79
2	1 x 13	1.79	0.095	11.20	0.85
3	1 x 14	1.68	0.100	10.50	0.95
4	1 x 15	1.84	0.099	11.49	0.86
5	1 x 16	1.77	0.091	11.08	0.82
6	1 x 17	1.69	0.092	10.55	0.87
7	2 x 12	1.52	0.093	9.53	0.97
8	2 x 13	1.47	0.088	9.21	0.95
9	2 x 14	1.49	0.092	9.34	0.99
10	2 x 15	1.50	0.088	9.36	0.94
11	2 x 16	1.53	0.088	9.59	0.92
12	2 x 17	1.55	0.093	9.68	0.96
13	3 x 12	1.78	0.093	11.13	0.83
14	3x13	1.79	0.088	11.16	0.79
15	3 x 14	1.82	0.093	11.36	0.82
16	3 x 15	1.78	0.089	11.13	0.80
17	3 x 16	1.86	0.109	11.65	0.94
18	3 x 17	1.88	0.100	11.75	0.85
19	4 x 12	1.53	0.085	9.55	0.89
20	4 x 13	1.49	0.088	9.31	0.94
21	4 x 14	1.50	0.087	9.34	0.93
22	4 x 15	1.55	0.087	9.69	0.90
23	4 x 16	1.41	0.086	8.79	0.98
24	4 x 17	1.44	0.086	8.98	0.96
25	5 x 12	1.89	0.102	11.80	0.86
26	5 x 13	1.85	0.100	11.58	0.87
27	5 x 14	1.67	0.102	10.44	0.98
28	5 x 15	1.77	0.100	11.07	0.90
29	5 x 16	1.75	0.100	10.94	0.92
30	5 x 17	1.73	0.104	10.79	0.96
31	6 x 12	1.75	0.100	10.94	0.91
32	6 x 13	1.73	0.100	10.81	0.92
33	6 x 14	1.61	0.094	10.06	0.93
34	6 x 15	1.69	0.102	10.54	0.97
35	6 x 16	1.77	0.099	11.06	0.90
36	6 x 17	1.71	0.099	10.68	0.93
37	7 x 12	1.96	0.103	12.22	0.84
38	7 x 13	1.90	0.099	11.86	0.84
39	7 x 14	1.84	0.105	11.48	0.92
40	7 x 15	1.81	0.099	11.30	0.88
41	7 x 16	1.92	0.107	11.97	0.89
42	7 x 17	1.83	0.101	11.42	0.89
43	8 x 12	2.12	0.107	13.28	0.80
44	8 x 13	2.15	0.113	13.44	0.84

Entradas.	Cruzas	N %	Triptófano %	Proteína %	Indice de Calidad
45	8 x 14	2.18	0.113	13.63	0.83
46	8 x 15	2.12	0.114	13.22	0.86
47	8 x 16	2.11	0.117	13.21	0.89
48	8 x 17	2.03	0.110	12.68	0.87
49	9 x 12	1.62	0.110	10.11	1.09
50	9 x 13	1.53	0.092	9.58	0.96
51	9 x 14	1.42	0.091	8.90	1.03
52	9 x 15	1.47	0.093	9.20	1.01
53	9 x 16	1.54	0.093	9.64	0.97
54	9 x 17	1.42	0.093	8.88	1.05
55	10 x 12	1.77	0.103	11.05	0.93
56	10 x 13	1.54	0.108	9.61	1.12
57	10 x 14	1.57	0.099	9.83	1.01
58	10 x 15	1.70	0.103	10.60	0.98
59	10 x 16	1.72	0.113	10.74	1.05
60	10 x 17	1.58	0.105	9.85	1.07
61	11 x 12	1.76	0.103	11.02	0.93
62	11 x 13	1.71	0.097	10.66	0.91
63	11 x 14	1.70	0.094	10.65	0.88
64	11 x 15	1.74	0.102	10.89	0.94
65	11 x 16	1.68	0.100	10.48	0.95
66	11 x 17	1.75	0.106	10.93	0.97
	Media	1.72	0.098	10.76	0.92
	Máximo	2.18	0.117	13.63	1.12
	Mínimo	1.41	0.085	8.79	0.79
	H-515 (normal)	<b>1.89</b>	<b>0.067</b>	<b>11.84</b>	<b>0.57</b>
Progenitores	Líneas macho				
	1	1.73	0.095	10.82	0.88
	2	1.46	0.099	9.15	1.08
	3	1.53	0.091	9.66	0.94
	4	1.72	0.102	10.78	0.94
	5	2.06	0.116	12.88	0.90
	6	1.71	0.104	10.68	0.97
	7	2.05	0.119	12.82	0.93
	8	2.30	0.130	14.37	0.90
	9	1.66	0.107	10.38	1.04
	10	1.80	0.111	11.25	0.98
	11	1.82	0.103	11.37	0.91
	Líneas hembras				
	12	1.76	0.102	11.00	0.92
	13	1.54	0.100	9.63	1.04
	14	1.90	0.099	11.85	0.83
	15	2.03	0.118	12.69	0.93
	16	1.66	0.110	10.40	1.06
	17	1.71	0.104	10.68	0.97
	Media	<b>1.79</b>	<b>0.11</b>	<b>11.20</b>	<b>0.95</b>

Cuadro A.21. Medias de rendimiento de grano por localidad para cruzas dialélicas evaluadas en 1999.

Ent	Cruza	San Andrés	Cuyuta	Cardel	Cotaxtla 99 A	Cotaxtla 99 B	Poza Rica 99A	Poza Rica 99 B	Tlaltizapán	Media
1	1x2	7.067	5.622	4.576	7.368	6.585	9.195	5.750	11.916	7.287
2	1x3	7.106	3.335	4.781	8.402	8.662	8.452	7.141	10.360	7.305
3	1x4	8.460	5.544	4.165	8.648	6.278	8.127	7.278	12.347	7.484
4	1x5	7.447	4.658	4.507	7.625	7.214	7.978	6.597	10.687	7.038
5	1x6	7.292	3.778	5.495	7.617	8.623	9.634	5.915	10.165	7.318
6	1x7	6.691	5.040	4.596	6.331	5.695	8.645	5.379	9.797	6.498
7	1x8	7.377	4.880	4.556	6.996	6.539	8.923	5.822	7.410	6.447
8	2x3	6.155	6.192	5.441	8.272	8.897	10.054	7.211	13.299	8.481
9	2x4	8.143	7.683	5.265	7.482	7.420	10.534	7.973	13.144	8.500
10	2x5	7.838	6.728	6.370	8.094	8.337	10.462	7.274	11.942	8.458
11	2x6	7.287	4.733	5.327	8.076	8.303	10.603	7.006	13.943	8.285
12	2x7	7.741	5.779	5.275	7.290	6.505	10.220	6.054	11.878	7.571
13	2x8	8.184	5.101	4.525	7.016	7.461	9.960	5.887	11.041	7.284
14	3x4	9.533	6.842	4.310	7.952	8.094	8.694	7.224	12.369	7.927
15	3x5	7.108	5.952	5.940	7.911	8.695	8.380	8.069	11.693	8.091
16	3x6	6.760	4.078	4.926	8.074	8.825	9.569	6.440	11.745	7.665
17	3x7	7.871	6.532	5.924	6.762	9.045	9.053	8.434	10.293	8.006
18	3x8	8.214	6.318	7.033	8.292	8.754	10.178	7.104	11.592	8.467
19	4x5	6.822	4.399	4.651	6.306	3.700	7.506	6.943	11.574	6.440
20	4x6	4.339	3.953	4.934	5.944	4.819	8.068	6.670	9.468	6.265
21	4x7	6.733	5.805	5.732	5.392	5.798	8.254	7.317	11.395	7.099
22	4x8	6.956	6.655	4.924	7.601	6.756	9.596	7.121	9.098	7.393
23	5x6	7.480	4.698	5.200	7.050	7.461	8.183	5.938	9.703	6.890
24	5x7	7.672	4.753	4.217	7.338	5.511	8.962	5.879	12.438	7.014
25	5x8	8.523	5.899	5.527	7.282	6.660	9.043	6.913	10.196	7.360
26	6x7	6.917	4.570	5.659	5.508	7.393	9.453	6.116	10.328	7.004
27	6x8	6.965	4.863	4.971	7.330	5.613	8.465	6.204	8.494	6.563
28	7x8	7.366	4.385	5.723	6.768	6.937	9.247	6.188	8.925	6.882
29		7.220	6.644	6.847	7.919	8.821	10.898	7.825	10.341	8.471
30		8.434	4.014	4.347	6.819	7.111	8.365	4.690	10.739	6.584
31		5.104	4.841	4.779	6.016	6.205	7.850	5.723	9.531	6.421
32		6.970	5.155	5.835	6.891	8.854	10.071	5.683	13.088	7.940
	Media	7.305	5.295	5.199	7.262	7.237	9.144	6.618	10.967	7.389
	DMS	1.7685	1.4421	1.332	1.4226	1.4753	1.0921	1.5449	2.2391	
	CME	0.7518	0.4999	0.4265	0.4888	0.5232	0.2867	0.5737	1.2052	

Cuadro A.22. Medias de rendimiento de grano por localidad para cruzas evaluadas en el Diseño II de Carolina del Norte en 1999.

Ent	San Andrés	Cuyuta	Cardel	Cotaxtla 99A	Cotaxtla 99B	Poza Rica 99A	Poza Rica 99B	Tlaltizapán	Media
1	6.264	5.148	4.047	8.345	8.305	7.020	8.323	15.194	7.831
2	6.562	5.799	4.291	7.648	7.965	6.493	9.635	14.166	7.820
3	7.179	5.582	3.634	6.867	6.972	5.130	9.599	13.016	7.247
4	7.310	5.717	4.374	7.106	7.253	6.206	9.080	11.620	7.333
5	8.167	6.044	5.089	8.216	7.661	5.799	9.517	13.619	8.014
6	6.744	5.305	4.998	8.017	7.347	6.536	9.623	10.874	7.430
7	7.002	4.690	4.924	6.375	7.368	6.624	8.349	6.830	6.520
8	5.019	4.201	3.678	6.298	5.798	5.780	4.726	6.996	5.312
9	6.989	5.897	5.153	6.675	7.493	5.581	9.022	7.607	6.802
10	6.213	4.816	3.890	5.244	7.779	4.921	7.664	6.772	5.912
11	6.111	4.145	5.702	5.293	6.372	7.589	8.662	9.706	6.697
12	7.595	4.984	6.496	7.779	7.878	4.496	8.963	8.641	7.104
13	5.481	5.593	3.930	6.627	4.838	5.336	8.090	8.017	5.989
14	7.333	5.287	4.563	7.749	7.371	5.905	8.130	10.491	7.104
15	6.877	5.703	4.005	7.120	5.033	5.005	7.622	11.694	6.632
16	8.125	5.306	4.064	6.289	6.436	5.599	7.696	9.873	6.673
17	7.077	5.952	4.755	7.709	6.790	7.675	8.947	9.890	7.349
18	5.775	5.432	4.551	7.489	5.630	6.072	7.294	8.401	6.330
19	6.106	4.921	5.103	7.992	6.825	6.337	9.447	8.792	6.940
20	6.730	4.472	4.769	7.376	8.322	5.876	9.195	9.260	7.000
21	6.917	5.717	2.907	6.397	7.572	6.201	8.669	10.525	6.863
22	6.162	5.271	4.865	5.309	8.052	5.201	9.123	9.239	6.653
23	5.879	3.165	4.111	6.187	7.542	5.994	8.001	8.173	6.131
24	7.049	4.993	6.176	6.949	6.861	7.234	8.878	9.535	7.209
25	7.141	4.750	5.521	8.160	7.007	7.810	9.517	8.014	7.240
26	7.081	4.292	5.640	7.273	6.340	7.419	9.285	6.293	6.703
27	6.904	4.877	4.782	8.251	5.398	8.156	9.297	10.107	7.221
28	7.665	4.359	5.720	7.331	8.046	5.506	10.005	11.353	7.498
29	5.906	5.702	5.393	7.919	6.867	7.208	8.672	9.869	7.192
30	7.414	5.255	5.839	8.365	6.266	7.795	8.518	7.291	7.093
31	6.563	5.171	4.970	7.863	5.767	6.507	6.766	10.381	6.748
32	5.475	4.623	4.993	7.776	6.493	6.402	7.211	9.625	6.575
33	6.071	5.142	4.079	8.014	5.492	7.213	7.461	10.280	6.719
34	7.185	3.953	4.292	7.186	6.543	5.785	7.266	9.685	6.487
35	6.107	5.063	4.875	5.695	5.472	6.385	7.609	8.195	6.175
36	6.765	4.500	5.593	7.115	6.201	5.322	7.236	8.021	6.344
37	6.818	4.897	5.229	5.865	5.282	6.072	7.382	11.349	6.612
38	6.718	5.203	4.547	7.098	7.449	7.200	10.288	10.707	7.401
39	7.115	4.875	3.982	6.275	6.015	6.412	7.887	10.407	6.621
40	7.204	4.832	3.636	5.997	7.916	5.286	8.441	10.378	6.711
41	6.557	3.660	5.132	4.810	5.693	6.155	6.597	10.263	6.108
42	5.854	5.088	4.875	7.377	5.698	6.884	7.549	9.678	6.625
43	7.337	3.853	5.201	7.086	6.346	7.354	8.792	11.196	7.146
44	6.765	4.574	4.636	4.874	6.617	7.380	8.466	11.912	6.903
45	6.859	5.871	4.190	6.689	7.102	7.338	8.837	11.766	7.331
46	6.390	5.618	5.425	5.848	7.795	3.763	8.332	11.432	6.825
47	6.235	4.626	4.965	7.723	6.516	6.789	8.097	10.615	6.946

Ent	San Andrés	Cuyuta	Cardel	Cotaxtla 99A	Cotaxtla 99B	Poza Rica 99A	Poza Rica 99B	Tlaltizapán	Media
48	7.794	4.071	5.748	6.649	6.927	7.532	8.480	11.547	7.343
49	5.939	3.885	4.146	6.771	6.582	6.190	8.789	7.900	6.275
50	7.002	4.960	3.759	7.672	7.604	5.980	8.344	9.204	6.815
51	6.588	5.057	3.238	6.816	6.888	5.245	8.035	10.295	6.520
52	5.788	4.024	3.969	5.534	7.117	3.854	9.044	9.092	6.052
53	5.560	2.792	5.096	5.706	5.664	5.970	7.904	8.436	5.891
54	6.748	4.479	4.729	6.358	8.076	6.532	8.573	8.972	6.808
55	6.982	4.545	3.461	7.015	6.528	6.663	7.318	11.421	6.742
56	7.404	6.180	3.680	8.609	5.918	5.829	7.343	12.010	7.122
57	6.550	5.382	4.087	6.165	5.986	5.375	7.906	10.091	6.443
58	6.544	5.418	4.073	6.988	6.858	5.143	9.357	9.737	6.764
59	6.998	5.053	3.936	6.715	5.979	5.993	9.061	11.606	6.918
60	6.538	5.095	3.981	7.549	4.148	6.121	7.862	8.135	6.179
61	8.500	5.297	5.087	7.431	8.321	6.996	9.180	13.437	8.031
62	7.824	5.405	4.654	8.030	8.755	6.531	8.391	13.147	7.842
63	8.320	4.723	3.956	7.824	9.419	7.632	9.237	12.304	7.927
64	7.691	5.399	3.680	7.363	8.364	6.955	10.006	11.767	7.653
65	7.396	5.844	6.631	7.280	7.865	7.696	10.114	11.928	8.094
66	7.852	6.471	5.763	8.127	8.050	6.965	10.104	10.690	8.002
67	6.267	6.720	5.530	7.899	8.601	9.040	10.737	11.263	8.257
68	5.944	4.929	4.035	8.105	5.348	4.404	7.446	10.910	6.390
69	3.498	4.961	3.209	5.769	6.105	5.904	6.842	8.702	5.624
70	6.786	6.202	2.163	8.135	7.159	6.941	9.854	12.260	7.438
Media	6.733	5.026	4.603	7.031	6.858	6.318	8.481	10.180	6.904
DMS	2.7678	1.3989	1.5874	1.4171	1.7623	1.4028	1.2633	1.6538	
CME	1.9248	0.4916	0.6131	0.5046	0.7803	0.4944	0.4010	0.6872	