

**EFFECTOS GENÉTICOS EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE MAIZ DE  
GRANO NORMAL Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA.**

**MARGARITO MANJARREZ SALGADO**

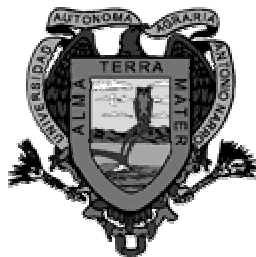
**TESIS**

**Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de**

**DOCTOR EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**Buenavista, Saltillo, Coahuila,  
Marzo 2006**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**EFFECTOS GENÉTICOS EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE MAIZ DE  
GRANO NORMAL Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA**

**TESIS**

**POR**

**MARGARITO MANJARREZ SALGADO**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría  
y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de**

**DOCTOR EN CIENCIAS  
EN FITOMEJORAMIENTO**

**COMITÉ PARTICULAR**

Asesor Principal:

\_\_\_\_\_  
Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Noel Orlando Gómez Montiel

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Ernesto Moreno Martínez

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Dr. Alfonso López Benítez

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Marzo 2006.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por las facilidades y el apoyo económico para la realización de mis estudios de Doctorado en Ciencias en Fitomejoramiento.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, especialmente al Departamento de Fitomejoramiento, por brindarme la oportunidad de superarme y darme la formación profesional y por el apoyo brindado durante mis estudios.

Al Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera, agradeciendo la planeación, conducción y la disponibilidad de los recursos e infraestructura de la UAAAN, para la realización de la presente tesis.

Al Dr. Noel Orlando Gómez Montiel, con gratitud y agradecimiento por sus enseñanzas, su apoyo incondicional para continuar mis estudios y en la planeación, conducción y el trabajo de campo realizado en este trabajo, así como por sus atinadas sugerencias y sobre todo la gran amistad que me ha brindado a través de los años.

Al Dr. Ernesto Moreno Martínez, agradeciendo la disponibilidad de los recursos e infraestructura de UNIGRAS-UNAM, para la realización de las pruebas de envejecimiento acelerado, así como sus atinadas observaciones.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo, por ser un gran amigo y las facilidades otorgadas en la realización de las pruebas de germinación estándar y vigor en el CCDTS de la UAAAN y la confianza que siempre me ha brindado.

Al Dr. Victor Manuel Zamora Villa por sus aportaciones en la revisión y la gran disponibilidad mostrada en las consultas técnicas en la realización de este trabajo, así como por su valiosa ayuda como persona.

Al Dr. Alfonso López Benítez, por sus aportaciones al presente escrito y su gran disponibilidad en las consultas realizadas.

A LA Dra. Griselda Vázquez Carrillo por el apoyo desinteresado en la realización de los análisis de lisina y triptófano y sobre todo por su amabilidad como persona y por sus sugerencias a esta tesis.

A la TLQ Sandra Luz García Valdez, por su gran colaboración en la conducción de los trabajos de laboratorio para la realización de las pruebas de germinación y vigor.

A los CC. Martha Alicia Arriaga G., Ana Ma. Meza Riojas, a Jesús Zavala Betancourt “Chuy” y a Gustavo Hernández “gus” por su apoyo incondicional en los trabajos de laboratorio en el CCDTS de la UAAAN y en UNIGRAS en la UNAM.

A todos los maestros y personal administrativo, secretarial y de servicio del Departamento de Fitomejoramiento por su contribución en mi formación.

Al personal investigador, administrativo y de campo de Iguala, Gro., principalmente al Dr. Noel O. Gómez Montiel y al Ing. Rafael Reza Alemán, quienes me motivaron para realizar mis estudios de doctorado.

A mis compañeros de generación Carlos Alejandro, Filogonio, Lizbeth y Ada por su ayuda desinteresada. Así como a todos mis compañeros de maestría y doctorado que me permitieron convivir con ellos durante mi estancia en la UAAAN.

Al M.C. Humberto B. Blandón H. y al M.C. Lorenzo Olivares R. por haberme permitido convivir con ellos como una familia.

A todos mis amigos que contribuyeron de una forma directa e indirecta en la realización de mis estudios.

## DEDICATORIA

A Dios que me ha permitido vivir y ayudado a superar los obstáculos difíciles y de incertidumbre en determinado momento.

Con cariño y respeto a la memoria de mi padre Sr. Serafín Manjarrez M. (QEPD) “*don chafín*”.

Con cariño y admiración a mi madre, Sra. María Salomé Salgado S. “*doña mary*”, por haberme impulsado a seguir estudiando y la ayuda que siempre me ha brindado.

A mi querida esposa Profra. Sofía Hernández Layna por su comprensión y apoyo incondicional durante este tiempo que estuve ausente realizando mis estudios.

A mis hijas Jessica y Angélica mis grandes amores, quienes son la motivación de continuar mi lucha por realizar mis metas.

A mis adorables hermanos y hermanas: José Carlos, Nicolasa, Cristina, Hermenegildo, Ambrosio, Ma. Elena, Clarita y Francisco por compartir tristezas y alegrías, así como por su apoyo y cariño a lo largo de mi existencia.

A mis cuñados, cuñadas, sobrinos, sobrinas, así como a toda la familia Manjarrez Aldama, Manjarrez Coria, Manjarrez López, Salgado Manjarrez, Hernández Layna y Román Rosas.

A mis maestros, por sus enseñanzas y formación

A mis amigos y familiares.

**COMPENDIO**

**EFFECTOS GENÉTICOS EN LA CALIDAD DE SEMILLA DE MAÍCES DE  
GRANO NORMAL Y DE ALTA CALIDAD DE PROTEÍNA**

POR

**Margarito Manjarrez Salgado**

DOCTORADO  
EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAH. MÉXICO, MARZO 2006

Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera -Asesor-

**Palabras claves:** Maíz de grano normal, maíz de alta calidad de proteína, efectos genéticos, características agronómicas y fisiológicas y rendimiento

La asociación entre caracteres agronómicos de campo e indicadores de calidad fisiológica de semillas en laboratorio y sus componentes genéticos son factores importantes para ampliar la caracterización del germoplasma en un



programa de mejoramiento. Así, los objetivos en esta investigación fueron analizar los efectos de aptitud combinatoria general y específica y explorar el tipo de acción génica de algunos caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de la semilla de maíz. El trabajo se realizó en dos ciclos de siembra; para el primer ciclo de evaluación en ambas etapas fueron catorce líneas endogámicas de maíz, siete genotipos de grano normal del INIFAP y siete materiales de alto contenido proteico generados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Para el segundo ciclo de evaluación solamente se evaluaron 10 de las 14 líneas, cuatro de grano normal y seis maíces de alta calidad de proteína. Se realizaron análisis dialélicos individuales para cada experimento y un análisis combinado con los 10 materiales coincidentes. Se analizaron las variables agronómicas: Días floración a masculina y femenina (DFM y DFF), altura de planta y mazorca (AP y AM), calificación de planta y mazorca (CP y CM), así como el rendimiento de grano (REND). La calidad fisiológica fue determinada por la germinación estándar (GS) y germinación estándar de vigor (GSV), longitud media de plúmula (LMPGS y LMPV) y peso seco de plúmula (PSPGS y PSPV) para germinación estándar y vigor. Los resultados en la primera evaluación mostraron diferencias altamente significativas, así como para los efectos de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE) en todas las variables en estudio, con excepción de germinación estándar vigor que fue significativa. En el segundo experimento todas las variables fisiológicas fueron ( $P \leq 0.01$ ) para ACG y ACE, así como para las variables agronómicas de ACG y dos variables de ACE (CP y CM) y significativa para la variable rendimiento, las demás variables no fueron

significativas. En el análisis combinado se detectó ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables en estudio, tanto para características agronómicas y fisiológicas. Se identificaron las líneas TL-155, B-41, T-45 y CML-144 como las mejores para ACG, tanto en las variables agronómicas como fisiológicas. Para la ACE en el análisis combinado se identificaron como las cruzas: 4 x 8 (B-41 x CML-144), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203) y 2 x 7 (T-44 x CML-142) como las más sobresalientes con los mayores valores estimados de ACE para rendimiento de grano 1.0875, 0.9544 y 0.7591 respectivamente y las cruzas 4 x 10 (B-41 x CML-176) y 2 x 6 (T-44 x CML-141) como las más sobresalientes con los valores más altos estimados de ACE en el vigor de 16.2708 y 8.020, coincidiendo algunas cruzas con los análisis individuales. Finalmente, se puede decir que los maíces de grano normal x normal tuvieron mayor rendimiento de grano que los maíces de alta calidad de proteína, éstos mejoraron su rendimiento significativamente al cruzarse con un maíz normal. Para el análisis combinado, todas las variables agronómicas y dos de las variables fisiológicas tuvieron una heredabilidad alta; para germinación estándar y vigor la heredabilidad fue baja. El análisis combinado mostró que el tipo de acción génica aditiva fue la que predominó en los caracteres agronómicos y fisiológicos estudiados, así como para todas las variables en los análisis individuales.

**ABSTRACT**

**GENETIC EFFECTS IN THE QUALITY OF MAIZE SEED OF NORMAL GRAIN  
AND HIGH QUALITY OF PROTEIN**

**BY**

**MARGARITO MANJARREZ SALGADO**

**DOCTORAL OF SCIENCE  
IN PLANT BREEDING**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO COAH. MÉXICO, MARCH 2006**

**Ph. D. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera**

**Key words:** Normal grain maize, high quality protein maize, genetic effects, physiological and agronomic traits, yield.

The association between agronomic traits of field and indicators of physiological quality laboratory seed and their genetic component are important factors to improve germoplasm characterization in a plant breeding program.

The objectives of this research were to analysis the general and specific combining ability effects and explore the genic action type of several agronomic and physiological maize seed. The work had consisted of two evaluation cicles, for the first one, fourteen inbred lines of maize, seven normal grain genotypes of INIFAP and seven of high protein content materials, produced in the Internacional Maize and Wheat Breeding Center were used. For the second evaluation cycle only teen of fourteen lines were evaluated, four of normal grain maize and six to high protein quality, Individual genetic diallel analysis for each experiment, and combined analysis were made with the ten involving materials. Masculine and feminine flowering days (MFD, FFD), plant height and ear (PH, EH), plant and ear qualification (PQ, MQ), as well as grain yield (GY). The physiological quality was determined by the standard germination (SG) and vigor standard germination (VSG), plumule average length (PAL) and, plumule dry weight (PDW) for standard germination and vigor. Results of the first evaluation, showed highly significant differences among genotypes as well as general and specific combinatory aptitude effects (GCA and SCA), in all variables in study, except standard vigor germination (SVG) which was significant. On the second evaluation, all the physiological variables were  $P \leq 0.01$ , for GCA and SCA as well as for GCA agronomic variables and two of SCA (PQ and EQ) and significant for yield variable, the resting variables studied , including agronomic and physiologic characteristics. The lines TL-155, B-41, T-45 and CML-144 were identified as the best for GCA as much as in agronomic variables that physiological ones.

For the combined analysis the crosses identified SCA were 4 x 8 (B-41 x CML-144), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203), and 2 x 7 (T-44 x CML-142) considered the most outstanding with the highest values on SCA for grain yield, with 1,0875, 0,9544 and 0,7591 respectively and the crosses 4 x 10 (B-41 x CML-176), and 2 x 6 (T-44 x CML-141) crosses, were outstanding with the highest values considered of SAC in vigor with 16,2708 and 8,020 relating some crosses with individual analysis. We can finally say that normal grain x normal, had higher yield on grain than high protein quality maize, these improved yield significance when crossed with a normal maize. For the combined analysis, all agronomic variables and two of the physiological ones, had a high heredability, contrary on standard combination in vigor which was low. The combined analysis showed that the genic additive action that predominated on the agronomic and physiological studied characters, as well as for all individual analysis variables.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>ÍNDICE DE CUADRO.....</b>	xvi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos general.....	3
Objetivos específicos .....	3
Hipótesis.....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
Importancia del Maíz .....	5
Maíces de Calidad de Proteína.....	6
Concepto de Semilla .....	12
Calidad de Semilla .....	13
Calidad Fisiológica .....	17
Germinación .....	18
Vigor.....	21
Deterioro.....	22
Calidad Genética.....	23
Efectos Genéticos.....	25
Diseños Dialélicos.....	31

	<b>PAGINA</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
Localización del Área de Estudio.....	34
Material Genético .....	35
Manejo Agronómico .....	36
Manejo de Laboratorio .....	36
Variables Evaluadas .....	37
Variables de Campo .....	37
Variables de Laboratorio .....	39
Determinación del Triptófano y Lisina .....	41
Diseño Experimental .....	42
Análisis Genético Estadístico Individual .....	42
Componentes de Varianza Individual.....	43
Análisis Combinado .....	44
Estimación de Parámetros Genéticos .....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>95</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>100</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
3.1	Material genético utilizado para producir las cruzas directas del diseño dialélico en dos ciclos de evaluación.	35
3.2	Estructura del análisis de varianza combinado correspondiente al diseño IV de Griffing.	45
4.1	Cuadrados medios y valor de significancia del análisis de varianza para siete variables agronómicas en Iguala, Gro. en el ciclo agrícola P.V. 2002/02.	48
4.2	Cuadrados medios y valor de significancia para las variables fisiológicas evaluadas.	49
4.3	Cuadrados medios para el análisis de varianza genético para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2002/02.	50
4.4	Cuadrados medios del análisis de varianza genético para características fisiológicas de semillas. Laboratorio de semillas de la UAAAN y UNIGRAS 2003.	51
4.5	Efectos de aptitud combinatoria general para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P.V. 2002/02.	53
4.6	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para las variables fisiológicas en estudio.	55
4.7	Efectos genéticos de ACE de las cruzas sobresalientes de 91 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola primavera verano 2002/02.	57
4.8	Efectos de ACE para las variables fisiológicas de las cruzas sobresalientes de 91 evaluadas.	59



<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
4.9	Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM X QPM en la localidad de Iguala, Gro. Ciclo Agrícola P.V. 2002/02.	60
4.10	Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en Laboratorio.	61
4.11	Componentes de varianza de variables agronómicas y fisiológicas	62
4.12	Valores promedios de lisina y triptofano de maíz N*N, N*QPM y QPM*QPM.	63
4.13	Cuadrados medios del análisis de varianza para siete variables agronómicas en Iguala, Gro. En el ciclo agrícola P.V. 2003/03.	64
4.14	Cuadrados medios y valor de significancia para las variables fisiológicas evaluadas.	65
4.15	Cuadrados medios para el análisis de varianza genético para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2003/03.	66
4.16	Cuadrados medios del análisis de varianza genético para características fisiológicas de semillas en Laboratorio.	67
4.17	Efectos de aptitud combinatoria general para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P.V. 2003/03.	68
4.18	Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) para las variables fisiológicas en estudio.	70
4.19	Efectos de ACE de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. Ciclo agrícola P.V. 2003/03.	71
4.20	Efectos de ACE para las variables fisiológicas de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas.	73
4.21	Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en la localidad de Iguala, Gro. Ciclo agrícola. P.V. 2002/02.	74

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
4.22	Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal por QPM y QPM x QPM en laboratorio.	75
4.23	Componentes de varianza de variables agronómicas y fisiológicas.	76
4.24	Valores promedios de lisina y triptofano de maíces de NN, NQ y QQ.	77
4.25	Cuadrados medios para el análisis de varianza genético combinado para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2002/02 y 2003/03.	79
4.26	Cuadrados medios del análisis de varianza genético combinado para características fisiológicas de semillas laboratorio.	81
4.27	Efectos de aptitud combinatoria general de análisis combinado para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P.V. 2002/02 y 2003/03.	83
4.28	Efectos de aptitud combinatoria general ACG del análisis combinado para las variables fisiológicas en estudio.	84
4.29	Efectos genéticos de ACE del análisis combinado de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. Ciclo agrícola primavera verano 2002/02 y 2003/03.	86
4.30	Efectos de ACE del análisis combinado para las variables fisiológicas de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas.	88
4.31	Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en la localidad de Iguala, Gro. Ciclos agrícolas P.V. 2002/02 y 2003/03.	89
4.32	Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM del análisis combinado en laboratorio.	90
4.33	Componentes de varianza del análisis combinado de variables agronómicas y fisiológicas.	92

## INTRODUCCIÓN

El maíz es el grano de mayor importancia para México, considerando que uno sólo de sus derivados, la tortilla, es el alimento más importante en nuestro país. Ha sido señalado, que en las áreas rurales este alimento aporta del 39 al 50 por ciento de las proteínas y del 60 al 70 por ciento de las calorías (Villegas, 1972). La proteína en maíz es pobre en lisina y triptófano, aminoácidos esenciales para un buen desarrollo físico y mental del hombre; de esta manera, se considera de suma importancia el descubrimiento del gene opaco ( $O_2$ ), rico en estos aminoácidos, que al incorporarse junto con los genes modificadores del endospermo del grano a un maíz normal, han dado lugar a los maíces de alta calidad de proteína (Vasal, 1994).

Es importante estudiar las causas de los problemas que limitan el uso de los maíces de alta calidad proteica, tanto en la pérdida de viabilidad de las semillas, como en su deterioro por sus propios procesos fisiológicos, los que seguramente están ligados a sus particulares genotipos. Este conocimiento permitirá tomar decisiones para solucionar estos problemas, a partir de un manejo adecuado a este tipo de semillas y por otra parte, también permitirá a los fitomejoradores seleccionar los genotipos adecuados para el desarrollo de

híbridos y variedades con semillas resistentes o más tolerantes a la pérdida de viabilidad y vigor durante su manejo poscosecha. El mejoramiento de estos maíces, permitirá su aceptación en los canales comerciales, con el consiguiente beneficio para la agricultura y la dieta del mexicano.

En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma es una de las decisiones más importantes que el mejorador debe tomar en cuenta, ya que es determinante en su éxito (Hallauer y Miranda, 1981).

El principal objetivo del mejoramiento genético es generar variedades e híbridos que tengan un alto potencial de rendimiento y características agronómicas deseables basadas en el interés del agricultor. Posteriormente es necesario producir semillas de alta calidad en donde se involucran componentes genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

Dentro del aspecto fisiológico de la semilla se ha promovido el desarrollo del concepto vigor como un parámetro del potencial real de las semillas, ya que se manifiesta en cuatro etapas del ciclo de vida de las plantas: 1) mayor rendimiento de grano, 2) mayor porcentaje de emergencia en campo, 3) mejor establecimiento de plántulas y 4) mayor sobre vivencia en el almacenamiento (Woodstock, 1973).

La constitución genética de la semilla interviene como un elemento diferencial en la calidad de la misma, ya que en varios estudios se ha demostrado que existe una correlación entre la longevidad y el componente genético de la semilla en varias especies, lotes y aún entre los mismos lotes de la semilla (Moreno *et al.*, 1978). Sin embargo, los mecanismos genéticos que determinan el vigor de la semilla han sido poco estudiados.

Dada la importancia que tiene el conocimiento de estos mecanismos para los investigadores en tecnología de semillas, así como para los mejoradores de plantas, es importante conocer la variación genética para los diferentes caracteres agronómicos al iniciar cualquier programa de mejoramiento genético, ya que la respuesta a la selección depende de la heredabilidad y de la presión de selección entre materiales (Chávez, 1995).

En este orden de ideas se plantea esta investigación que tiene como objetivos:

### **Objetivo General**

Estimar los efectos genéticos involucrados en las características agronómicas y fisiológicas en híbridos de maíz de grano normal y de alta calidad de proteína.

### **Objetivos específicos**

Conocer la aptitud combinatoria general y específica de progenitores normales y de alta calidad de proteína de maíz en características agronómicas y fisiológicas.

Identificar el tipo de acción génica más importante en varias características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

Corroborar que los maíces de alta calidad de proteína contienen mayor contenido de lisina y triptofano que los maíces normales y cruzados con maíces de grano normal por QPM.

### **Hipótesis**

Cuando menos una línea de maíz de alta calidad de proteína o de grano normal es diferente en su tipo de acción génica en cuanto a sus características agronómicas y fisiológicas.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Importancia del Maíz

El cultivo de maíz es uno de los cereales básicos en la alimentación humana, principalmente en Latinoamérica, el cual tiene su origen en el sur de México y América Central, se afirma que este cereal ya se cultivaba desde la época precolombina y dada su importancia de este cereal se han realizado estudios sobre mejoramiento genético que permiten obtener buenos rendimientos de grano y disminuir riesgos de pérdidas por factores bióticos y abióticos y sobre todo, sean tolerantes a condiciones ambientales adversas. El cultivo del maíz es el de mayor superficie sembrada y el que genera mayor mano de obra en el campo, estimaciones para el 2001 calculaban alrededor de 200 millones de hectáreas sembradas en todo el mundo, de las cuales más de ocho millones correspondieron a México; de esta superficie cerca de un millón se cultivaron bajo riego (FAO, 2002).

En México a través del mejoramiento genético tradicional se han obtenido materiales, para ayudar a satisfacer la producción de maíz; sin embargo las 19 millones de toneladas de producción promedio anual obtenidas, no satisface la demanda de 23 a 25 millones requeridas, por lo cual se importan

un promedio de cinco millones de toneladas anuales, colocando a México como el tercer importador mundial y primero de América Latina (FAO, 2002).

### **Maíces de Calidad de Proteína**

Vasal (2002) menciona que el maíz de calidad de proteína (QPM), tiene mejor valor alimenticio y fue desarrollado por investigadores del CIMMYT usando dos sistemas genéticos: la incorporación del carácter opaco-2 acompañados con modificadores genéticos del endospermo del grano. El uso de estos dos sistemas genéticos superó los problemas altamente complejos inherentes a los granos opacos suaves originales. Los materiales opaco-2 de endospermo suave desarrollados anteriormente, tenían características agronómicas pobres y carecían de aceptación por parte del productor y del consumidor. Para superar estos problemas, la investigación subsecuente exploró varias opciones, entre ellas, con y sin los mutantes altos de lisina.

Este mismo autor menciona que se desarrolló una gran diversidad de germoplasma QPM que fue generado usando diversas opciones de desarrollo, que fueron combinadas y reorganizadas más adelante en un número de pool y de poblaciones que sentaron las bases genéticas del maíz opaco-2 homocigótico. El desarrollo de los híbridos de QPM cristalizó a mediados de los años ochenta y los problemas serios inherentes en los opacos fueron superados y desde entonces se ha tenido un progreso rápido. Hay un interés renovado en materiales QPM y varios países recientemente han liberado al



productor variedades e híbridos. Para fomentar y acelerar el proceso y desarrollo de maíces QPM, y resolver los desafíos futuros será necesario aplicar ideas innovadoras y las herramientas de la biotecnología.

Ahenkora *et al.*, (2000) mencionan que el maíz de calidad de proteína es una variedad con un contenido alto de lisina y triptofano. El contenido de lisina de las variedades de QPM se extiende a partir del 3.7 a 4.2 g/100 g de proteína.

García y Souza (2002) mencionan que la proteína del maíz (*Zea mays* L.) se considera de baja calidad, debido a los niveles bajos de los aminoácidos esenciales de lisina y triptofano. Una alternativa para solucionar este problema es incorporar el gene opaco-2 que mejora el nivel de estos aminoácidos, pero tiene efectos pleiotrópicos negativos en algunos caracteres agronómicos. Un esquema de selección recurrente fenotípica se realizó en dos poblaciones normales de maíz para verificar la posibilidad de mejorar su calidad de proteína sin usar el gene  $o_2$ . Al respecto, se evaluaron a las poblaciones originales IG-1 e IG-2. en cuatro ciclos de selección en tres localidades para algunas características agronómicas, a una intensidad de selección del 20 por ciento para el contenido de triptofano. Para el contenido de proteína y triptofano, en hizo un ensayo por separado, donde no se observó ningún aumento en el contenido del triptofano en la población IG-2, mientras que IG-1 presentó un aumento pequeño (0.70 por ciento por ciclo), el contenido proteínico no aumentó en ambas poblaciones.

Gupta (2003) menciona que el pericarpio del maíz solamente contiene fibra detergente neutra de 78.5 a 85 por ciento y que su remoción incrementa el contenido de proteína, de lisina y triptofano, además mejora la digestibilidad, valor biológico y la utilización de la proteína neta en todas las variedades estudiadas, esto lo observó en una prueba de alimentación de ratas. Ésta mejora fue más significativa en una variedad normal. La remoción del pericarpio con el tratamiento de aguas con cal no demostró ningún cambio significativo, excepto una disminución significativa del contenido del triptófano y de su disponibilidad.

Zarkadas (1997) menciona que la proteína total y la composición de aminoácidos de una variedad nativa de maíz harinoso blanco, conocida como IAPO-13, fueron medidas cuantitativamente y su calidad de proteína fue determinada de un patrón de proteína del aminoácido de FAO/WHO. El maíz nativo IAPO-13 produjo las proteínas del maíz que se asemejan a la composición de aminoácidos del maíz del mutante floury-2. El maíz IAPO-13 tuvo mayores cantidades de lisina, triptofano, histiadina arginina y de ácido aspártico que el maíz normal, CO255, mientras que el ácido glutámico, leucina, alanina, tirosina y la fenilalanina fueron perceptiblemente más bajos. La concentración de la metionina fue más alta que en cualquier otro maíz probado. Consecuentemente, el perfil de los aminoácidos del maíz nativo IAPO-13 da un buen equilibrio de aminoácidos esenciales totales, limitado solamente en lisina y tiene una digestibilidad de proteína corregida para el aminoácido, al extenderse a partir del 37.0 a 40.0 por ciento comparados a 27.5, 50.6 y 67.0 por ciento de

valores encontrados para el CO255, floury-2 y QPM-C13, respectivamente. Estos resultados indican que el método para evaluar la calidad de proteína del maíz, puede ser calculado por su composición de aminoácidos.

Pixley y Bjarnason (2002) mencionan que el maíz de calidad de proteína puede ayudar a disminuir la desnutrición humana y a reducir costos para la alimentación de los animales monogástricos porque contiene el mutante opaco-2, que concentra más altas cantidades de lisina y triptofano y un valor biológico más alto que el maíz normal. Para ser comercialmente aceptados, los cultivares de QPM deben ser agrónomicamente competitivos con el grano de maíz de endospermo normal, y alcanzar estándares previstos de calidad física en el endospermo del grano (es decir, fenotipo translúcido o parecido al normal). Para determinar la estabilidad de la producción del grano, contenido de calidad proteínico y del endospermo modificado de los cultivares de QPM, quienes evaluaron 18 cruza simples, 18 trilineales y 18 híbridos de cruza doble, y ocho cultivares de polinización libre (OPCs) desarrollados en 13 localidades tropicales en cuatro continentes. Los híbridos tuvieron un promedio de producción de grano, 13.41 por ciento superior a los OPCs (5.97 y 5.17 Mg ha<sup>-1</sup>), mientras que la concentración de la proteína en grano fue 2.33 por ciento mayor para los híbridos en relación a los OPCs (94.6 y 92.4 g Kg<sup>-1</sup>). La concentración del triptofano en el endospermo modificado fue similar para todos los tipos de cultivares.

Así mismo, estos autores mencionan que las interacciones del ambiente x genotipo y las sumas de los cuadrados de las desviaciones de la regresión lineal ( $Sd^2$ ) para la producción del grano y la concentración de la proteína en grano fueron superiores para los híbridos de cruza simples (indicando menos estabilidad), seguidos por los trilineales y finalmente para los cultivares de polinización libre (OPCs). La tendencia contraria fue observada en la modificación del endospermo, sugiriendo que los cultivares más homogéneos tuvieron mayor estabilidad para este carácter. Los efectos principales aditivos y el análisis multiplicativo de las interacciones (AMMI) indicaron que los efectos de la interacción del ambiente x genotipo para la producción del grano y la modificación del endospermo fueron diferentes para los híbridos que para las OPCs; ciertos ambientes favorecieron a híbridos u OPCs. Como conclusiones se tuvieron (i) la calidad de proteína en el endospermo modificado siempre estuvo dentro de los valores esperados para QPM y (ii) la concentración de triptofano en la proteína fue el rasgo más estable, seguido por la concentración de la proteína en grano, el endospermo modificado y finalmente la producción del grano.

XingMing *et al.*, (2001) realizaron un trabajo con cinco líneas de maíz de calidad de proteína (QPM) introducidas por CIMMYT (CMLs) y cinco que se generaron en China las cuales, se evaluaron en experimentos parciales de cruza dialélicas con 45 combinaciones y tres repeticiones, bajo tres diferentes condiciones ecológicas en Yunnan y Guangxi, El análisis de varianza del rendimiento de grano mostró que existieron diferencias altamente significativas

entre genotipos y entre ambientes ecológicos. El rendimiento de grano más alto se obtuvo en el híbrido CML 166 x Qi 205 (10,880 kg/ha), mientras que la más baja correspondió al híbrido Chang 631/02 x Zhongxi 096/02 (5,496 kg/ha). La mejor ACG fue para la línea CML 161 (1,010.5), seguida por CML 166 (947.1), y el valor más bajo fue para 096/02 (-1120.0). La mejor ACE correspondió al híbrido CML 194 x Yi 9101/02 (1,813.5), seguido por CML 166 x Qi 205 (1,272.0); el más bajo fue para Yi 9101/02 x Qi 205 (-1,671.0). De acuerdo a los resultados del análisis, las 10 líneas de QPM fueron aglutinadas en cuatro patrones heteróticos.

Cruz *et al.*, (2005) realizaron un trabajo para determinar la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) en ocho líneas de alta calidad de proteína para características forrajeras y sus cruzas directas, usando el diseño de Griffing IV para estimar los parámetros genéticos, concluyendo que los mayores efectos de ACG se observaron en las líneas CML-144 para producción de forraje verde (PFV), CML-146 para porcentaje de mazorca (PM), CML-148 para materia seca total (MST) y CLQ-6203 para digestividad *in vitro* de la materia seca (DIV). La craza CML-146 \* CML-148 presentó los mayores efectos de ACE para producción de forraje verde (PFV) y materia seca total (MST), para las variables porcentaje de mazorca (PM) y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIV) fueron las cruzas CM-173 \* CML-144 y CML-146 \* CLQ-6203 respectivamente.

Bertolini *et al.*, (2002) mencionan que los mutantes altos en lisina reducen la acumulación de zeína, de tal modo que realza las fracciones de proteína ricas en aminoácidos deseables. El mutante opaco-2 (O<sub>2</sub>) contiene el 50 por ciento del contenido de zeína, pero se limita su uso, por el bajo peso y alta humedad del grano en la cosecha, susceptibilidad a la putrefacción de la mazorca. Sin embargo, la selección en los grupos caracterizados por una estructura más compacta del núcleo, puede superar algunas de estas desventajas.

### **Concepto de Semilla**

Las semillas son el potencial genético para la producción de mayores cosechas y el agente de cambio en las situaciones de producción agrícola y ganadero (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, 1981). De ahí que las semillas no sean únicamente algo que los agricultores siembren.

Botánicamente, la semilla es el óvulo maduro encerrado dentro del ovario maduro o fruto, la cual está compuesta de tres partes básicas: el embrión, los tejidos de reserva o almacenamiento y la testa o cubierta.

En términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en las siembras agrícolas (Moreno, 1984).

Garay (1989) menciona que la semilla es un constituyente de la tecnología esencial e imprescindible en la producción de alimentos, por lo tanto, es una tecnología con un valor estratégico porque permite obtener una mayor eficiencia productiva de los recursos productivos como la tierra, agua y mano de obra. La semilla es un insumo más en la producción de especies vegetales (CIMMYT, 1994).

Potts (1977) menciona tres funciones fundamentales de la semilla, la primera que es portadora de las características genéticas inherentes que se transmiten de generación en generación, esencialmente sin cambio alguno; la segunda, la semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje de reserva para una planta viva y la tercera que cierra el ciclo de la reproducción de especies.

### **Calidad de Semilla**

La calidad de la semilla es uno de los factores más importantes que afectan el comportamiento y la productividad de la mayoría de los cultivos (Krieng y Bartee 1975). Por otra parte, Molina *et al.*, (1990) mencionan que la calidad de una semilla para siembra, debe reunir cuando menos las características de pureza varietal, libre de semilla de maleza, libre de patógenos transmisibles por semillas y tener un mínimo de germinación, que varía de acuerdo a la especie. Mientras Pérez (1995), señaló que la calidad de la semilla constituye la suma de múltiples atributos de la misma, siendo éstos, la pureza

genética, daño mecánico, capacidad de vigor y germinación, tamaño, contenido de humedad, daños provocados por insectos y la infección causada por diferentes agentes.

McDonald (1975) reporta que la importancia de conocer el nivel de calidad de las semillas utilizadas para la siembra, debe reunir ciertos estándares como lo son el físico, fisiológico, sanitario y genético. La calidad física comprende el contenido de humedad (que debe ser baja para favorecer su conservación), ausencia de contaminantes físicos como presencia de semillas extrañas, un bajo contenido de materia inerte, así como la homogeneidad del lote, peso y tamaño de las semillas.

Fornos (2003) comenta que el agricultor que utiliza semilla de calidad, garantiza en parte el éxito de su producción. La calidad de la semilla de maíz se obtiene en el campo y se preserva después de la cosecha a través de un buen almacenamiento hasta el momento de la siembra. Para que la semilla se conserve en buen estado debe secarse bien y almacenarse en un lugar seco, fresco y ventilado, preservando así atributos de calidad. La cosecha se debe realizar cuando la semilla alcance el máximo peso y por lo tanto el más alto vigor y capacidad de geminación, esto se logra cuando tiene del 30 al 35 por ciento de humedad en la semilla.

Hampton (2001) define la calidad como un "grado o padrón de excelencia", la calidad de las semillas puede ser vista como un padrón de



excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión "calidad de semillas" es utilizada libremente para reflejar el valor de la semilla para propósitos específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del consumidor.

La calidad de semillas es un concepto múltiple que comprende diversos componentes:

1. Descripción: especie y pureza varietal, pureza analítica, uniformidad, peso de semillas, etc.
2. Higiene: contaminación por agentes invasoras nocivas, que afectan la sanidad de semillas, como la infestación de insectos y ácaros, así como la de enfermedades.
3. Potencial de desempeño: germinación, vigor, emergencia y uniformidad en campo.

Serrato (1995) se refiere a la calidad de la semilla como aquella que además de satisfacer todos los requerimientos exigidos en el mercado, tiene cualidades que les confiere una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales, bajo un amplio rango de condiciones de rendimiento. Calidad es un término relativo y significa el grado de excelencia, la semilla

puede asumir una clasificación de calidad particular de acuerdo al criterio, apariencia, uniformidad, germinación, pureza, contaminación por semillas de malezas, insectos, materia inerte, asociación con enfermedades, grado de daño mecánico, daños químicos, grado o nivel de deterioro y estado de madurez.

Villa (1982), afirma que después de la cosecha de semilla, esta permanece con vida, donde ocurren reacciones bioquímicas que conducen al deterioro de calidad, ya sea por su contenido de humedad, temperatura u otras condiciones propias del grano y su ambiente, por lo que es importante manejar prácticas de acondicionamiento. Por otra parte, Martínez (1989) demostró que las semillas planas, grandes y pesadas de maíz son de mayor calidad que las otras categorías, al presentar mayor peso seco de plántulas y por ciento de germinación.

Bustamante (1995), cita que la calidad de la semilla puede expresarse como un nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. De ahí que la semilla pueda ser superior, buena, mediana o pobre en calidad. Por lo tanto, la calidad de una semilla se puede expresar como la integral de cuatro componentes: genético, fisiológico, sanitario y las características físicas. Dentro del componente genético, este se refiere al material genético superior; en el componente fisiológico, se refiere a que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de germinación y vigor; en el componente sanitario, esta relacionado a que la semilla se encuentre libre de organismos que afectan a la semilla,

además, se deben de considerar a las características físicas, pureza analítica, peso de la semilla, quienes son las que auxilian a determinar la calidad, ya que el tamaño y peso influyen en vigor y en la efectividad de las operaciones de acondicionamiento, este puede ser medido por el peso de las semillas en cierto volumen (hectolitro) y el peso de mil semillas.

Díaz (2001) menciona que entre los factores que determinan la calidad de las semillas, están las condiciones ambientales predominantes en la etapa floración-fructificación y la cosecha en la época adecuada. Menciona también que en la realidad, lo que denominamos materia seca de la semilla son las proteínas, azúcares, lípidos y otras sustancias que son acumuladas en las semillas. De esta manera, se puede afirmar que, en general, la semilla debe alcanzar su máxima calidad fisiológica cuando su contenido de materia seca sea máximo.

Perretti (1994), reporta que una semilla de calidad es una semilla altamente viable, es decir, es una semilla susceptible de desarrollar una planta normal aun bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir en el campo. Para ello debe contar con propiedades que le aseguren germinar bajo un amplio rango de condiciones agro-climáticas.

## **Calidad Fisiológica**

McDonald (1975) menciona que la calidad fisiológica está integrada por los atributos de germinación y vigor, refiriéndose el primero como el porcentaje de semillas que producen plántulas normales capaces de desarrollarse bajo condiciones favorables de laboratorio y el segundo como el potencial de emergencia bajo un amplio rango de ambientes y un atributo de calidad más allá de la germinación, que señala la completa habilidad de la semilla para establecer plántulas en condiciones adversas.

Moreno (1996) considera a la calidad fisiológica como un valor comercial de la semilla, ya que es el principal atributo para evaluar calidad y que consiste en la capacidad de la semilla para germinar y producir una planta normal.

Delouche (1986) menciona que la calidad fisiológica de la semilla lleva atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y emerger rápidamente y para producir plantas vigorosas estándares y uniformes bajo las condiciones de campo que se presentan durante la época de cultivo. Esta calidad esta determinada por factores genéticos, fisiológicos, patológicos y ambientales, siendo como la mayoría de los sistemas de vida; un proceso inexorable, irreversible y progresivo.

## **Germinación**

El proceso de germinación marca el inicio de una nueva generación y puede ser definido como la serie de eventos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que permiten a la nueva planta se establezca y complete su ciclo de vida. Debido a la diversidad de eventos que constituyen este proceso, en la literatura se encuentran diferentes definiciones para el mismo fenómeno biológico; por ejemplo, desde el punto de vista morfológico, la germinación es la transformación de un embrión en una plántula; fisiológicamente puede ser definida como la reactivación del crecimiento del embrión, el cual fue suspendido durante la desecación de la semilla; bioquímicamente, la germinación es la diferenciación secuencial de las vías metabólicas, tanto oxidativas como sintéticas. Todas las definiciones anteriores consideran como inicio de la germinación, el momento en el cual la semilla es colocada en condiciones óptimas para que se realice (agua, temperatura y oxígeno), pero ninguna de ellas delimita con precisión el término de la misma. Esto hace muy difícil el poder determinar si los eventos bioquímicos que se han estudiado durante la germinación son paralelos o secuenciales, ya que cada investigador utiliza su propia definición de su trabajo. Para que una semilla germine, se requiere que responda de una manera coordinada a los estímulos que disparan el proceso de germinación. Este estímulo parece ser la imbibición de agua por las células de la semilla parcialmente hidratadas (5 -10 por ciento en semillas ortodoxas), las cuales, después de unos minutos de hidratación, activan muchos de los procesos metabólicos que durante el estado seco estaban

detenidos o se efectuaban a muy baja velocidad. Cualquier pérdida de la integridad de los órganos celulares y de las macromoléculas (enzimas, ácidos nucleicos), mientras la semilla está deshidratada, puede conducir a una falta de agua, lo que puede resultar en una reducida eficiencia en el proceso de germinación, pérdida de vigor y viabilidad (Bernal, 1981).

Moreno (1996), define la germinación, como la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales provenientes del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una plántula normal bajo condiciones favorables.

Mientras la International Seed Testing Association (ISTA) (2004), señala que la germinación de semillas, es la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican que son o no capaces de desarrollarse en una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima.

Por su parte, la Association of Oficial Seed Analyst (AOSA) (1993), menciona que la germinación es la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, es indicadora de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

La madurez de la semilla y su germinación siguen una secuencia directa en la vida de una planta, pero normalmente están separadas en tiempo

y espacio. El intervalo puede ser de unas cuantas horas o muchos años. El retardo de la germinación no es accidental, es el resultado de diversos mecanismos fisiológicos que conservan a la semilla en un estado para que no germine. El resultado de las interacciones de los factores genéticos y del ambiente es la extrema variabilidad en la cual comienza la germinación de las diferentes clases de semillas y de las diferentes semillas de una misma clase. (USDA., 1986).

Serrato (1995), menciona que la germinación comienza cuando la semilla en estado latente activa los mecanismos para la emisión de la radícula y la plúmula. Menciona que el proceso de germinación es una serie de eventos consecutivos que hacen que una semilla en reposo muestre un aumento en las actividades metabólicas para iniciar la formación de una plántula.

### **Vigor**

ISTA (2004) indica que el vigor es la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la misma durante la germinación y emergencia de plántula. Dentro de los aspectos de funcionamiento se pueden citar cuatro procesos, 1) proceso bioquímico y reacciones durante la germinación, como las enzimáticas y actividades respiratorias, 2) tasa de uniformidad, 3) tasa de uniformidad de emergencia de plántula y crecimiento en el campo y 4) habilidad de emergencia de plántulas bajo condiciones ambientales desfavorables.

AOSA (1983) define el término vigor de la semilla, como aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo.

Perry (1972) indica que el vigor es una característica fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, que gobierna la capacidad de una semilla para producir rápidamente una planta en el suelo.

Serrato (1995) menciona que los factores que hacen variar el vigor en la semilla es el genotipo, ya que éste tiene un efecto determinante, la madurez fisiológica en que éste fuera cosechado, así como los daños que puedan sufrir por efectos de factores ambientales.

### **Deterioro**

El deterioro de una semilla, engloba todos los cambios progresivos negativos de la semilla hasta que muere, provocando síntomas, como retraso en la emergencia de las plántulas, lento desarrollo de las plántulas y presencia de plántulas anormales.

Delouche y Baskin (1973) proponen una secuencia del deterioro, lo cual implica: degradación de las membranas celulares, daños en los mecanismos de producción y síntesis de energía, disminución en la capacidad



de almacenamiento, alteración en los procesos de respiración y biosíntesis, disminución en la tasa de germinación, la tasa de crecimiento y desarrollo de la planta disminuye, poca uniformidad, menor resistencia a condiciones adversas, incremento en la plántulas anormales.

Anderson (1970) menciona que después de haber alcanzado el máximo nivel de calidad, la semilla inicia un proceso de cambios degenerativos que ocasionan pérdidas en la germinación y el vigor. A estos cambios se le ha denominado deterioro.

Roberts (1972), dice que el proceso de deterioro tiene su origen en los factores intrínsecos y extrínsecos de las semillas; entre los factores intrínsecos podemos mencionar la acumulación de metabolitos tóxicos, desnaturalización de macromoléculas y el agotamiento de metabolitos esenciales; entre los factores extrínsecos están los físicos y biológicos del ambiente que rodean a la semilla.

### **Calidad Genética**

Dada la importancia que tiene los mecanismos genéticos para los investigadores en tecnología de semillas, así como para los fitomejoradores de plantas, es importante conocer la variación genética para los diferentes caracteres agronómicos al iniciar cualquier programa de mejoramiento genético,

ya que la respuesta a la selección depende de la heredabilidad y de la presión de selección en los materiales (Chávez, 1995).

Muñoz y Poey (1983), mencionan que los atributos de calidad genética tienen caracteres que pueden ser fijos o variables; los fijos son consistentes a través del tiempo, ya que su expresión depende generalmente de pocos pares de genes mayores conocidos como caracteres cualitativos y pueden ser identificados visualmente, mientras que los caracteres cuantitativos son variables, ya que están gobernados por muchos pares de genes menores que interactúan con el ambiente y son susceptibles de medir.

Agrawal *et al.*, (1980), menciona que los factores más importantes en el deterioro aparente y real de la calidad genética son los siguientes; variación en el desarrollo, mezclas mecánicas, mutaciones, cruzamientos naturales, variaciones genéticas menores, influencia selectiva de enfermedades y la técnica del fitomejorador.

Por su parte Garay (1989) cita que la calidad genética se produce en la etapa del mejoramiento genético y que constituye el primer componente esencial de la calidad total de la semilla.

La AOSA (1983) explica que la parte inexorable de la semilla esta influenciada fuertemente por la herencia, lesiones, control de humedad y temperatura, esto sucede en pocos días o a través de los años; irreversible por

que afecta el material genético, anatómico y fisiológico que no se puede reparar; progresivo por que la semilla es una forma de vida que lleva a cabo sus procesos fundamentales y solo termina con la muerte.

### **Efectos Genéticos**

Los efectos genéticos están relacionados con el tipo de herencia que se manifiestan en diversos caracteres; dentro de los cuales tenemos a los efectos aditivos; estos se definen como los genes que son complementarios, no alelomorfos y que son capaces de afectar el mismo carácter, cuyos efectos son acumulativos, caracterizándose de ser herencia cuantitativa. Los efectos de dominancia son los genes que manifiestan en sus caracteres un estado homocigoto o en estado heterocigoto, impidiendo en este último la expresión correspondiente al gene recesivo, sea en forma total (dominancia completa) o parcial (dominancia intermedia o dominancia incompleta) en la  $F_1$ . Los genes epistáticos son los genes que son capaces de impedir la expresión de un carácter debido a que un par de genes (epistáticos) no permiten que active otro par (hipostático), caso de interacción de genes para un mismo carácter (Poehlman, 2003).

La herencia involucrada en el carácter de la semilla ha sido poco estudiada, los estudios que se tienen determinan que la herencia tiene efectos aditivos para el carácter de vigor, por el contrario, Vázquez (1999) encontró que

en longitud de plúmula antes y después del envejecimiento artificial los efectos de dominancia fueron más importantes que los efectos aditivos y epistáticos.

Delouche (1985) mencionó como una estrategia a largo plazo el incluir en programas de mejoramiento genético caracteres relacionados con la calidad de la semilla o que dicha estrategia debe ser orientada a las áreas de resistencia al deterioro en campo, aumento de la longevidad durante el almacenamiento, mejoramiento de la capacidad de germinación y de emergencia bajo condiciones ambientales no propicias y obtención de plántula con mayor resistencia mecánica.

Existen diversos diseños genéticos-estadísticos que determinan el tipo de herencia que involucra el vigor de la semilla, entre ellos se encuentra la determinación de ACG y ACE definidos por Sprague y Tatum (1942).

Córdova *et al.*, (1980) menciona que la mayoría de los caracteres de interés para el mejorador de maíz son controlados por el tipo de acción génica aditiva.

Antuna *et al.*, (2003) realizaron un trabajo de componentes genéticos de caracteres agronómicas y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz, donde concluyeron que todas las características fisiológicas como fueron primer conteo, germinación, índice de vigor y porcentaje de emergencia tienen efectos aditivos, junto con altura de planta y mazorca de las variables

agronómicas, en tanto que los efectos no aditivos fueron el componente principal en la expresión de los días a floración y el rendimiento de grano.

Jugenheimer (1985) se refiere a la aptitud combinatoria como el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con otras líneas; mientras que la aptitud combinatoria específica es el desempeño individual de una línea pura en una combinación específica. La ACE puede no proporcionar información confiable sobre la utilidad relativa de una línea pura cuando se cruza con otros probadores. Sprague y Tatum (1942), supusieron que la aptitud combinatoria general era resultado de la acción génica aditiva, mientras que la aptitud combinatoria específica dependía de la dominancia, la epítasis y de las interacciones genotipo-ambiente o genéticos-ambientales.

Por su parte, Poehlman (2003) indica que la capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce como aptitud combinatoria. El comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas se denomina aptitud combinatoria general. La aptitud combinatoria específica se refiere al comportamiento de una combinación de dos líneas específicas en una determinada cruce. La aptitud combinatoria general y específica, se juzga por la relación que existe entre el comportamiento de las líneas en una determinada cruce y el comportamiento medio de las líneas en una serie de cruces.

Debido a que la selección de las líneas es un serio problema y además es la fase más importante de un programa de mejoramiento de plantas, Chávez (1995) menciona que los fitomejoradores han tratado de encontrar métodos simples e indirectos de evaluación de las líneas que permitan detectar a las más sobresalientes. Fue así, como Sprague y Tatum (1942) establecieron las pruebas de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, métodos que surgieron para tal objetivo, en donde la ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, la cuantía de los efectos de genes aditivos. Esta se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética, esta prueba es inherente a cada línea en particular. Por su parte, la ACE estima la cuantía de los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes de acción de dominancia, epistasis e interacciones. Esta medida es particular para combinaciones entre pares de líneas.

Martínez (1975) reporta que la aptitud combinatoria específica evalúa la acción génica debida a todos los efectos no aditivos, estos efectos de dominancia, de epistasis e interacciones génicas, inclusive la interacción génica- ambiental se usa para designar las cruzas que se comportan mucho mejor o peor que lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores y frecuentemente se emplean cruzamientos dialélicos para estimar los componentes genéticos de la variación entre el rendimiento de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Estos cruzamientos se han utilizado para definir y aplicar los conceptos de ACG y ACE, así como para procedimientos que permitan estudiar a los padres en particular.

Castro (1974) señala que la ACG en su definición mas precisa, se refiere al efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, como la desviación de la media general. La aptitud combinatoria especifica, es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, por lo que a diferencia de la ACG, ésta es medida como desviación de la suma de la media general, más las aptitudes combinatorias de los progenitores y por lo tanto, se refiere más a una característica de la crusa, no de líneas.

Rojas y Sprague (1952) obtuvieron estimadores de las varianzas de la aptitud combinatoria general y especifica para rendimiento, a partir de experimentos sobre cruzas simples entre líneas altamente seleccionadas, conducidas en varias localidades para un período de tres años. Los estimadores de varianza para ACE fueron consistentemente más grandes que los de ACG en los experimentos individuales. También obtuvieron los estimadores de la interacción de la aptitud combinatoria general y especifica con localidades y con años y concluyeron que los efectos de ACE mostraron más interacción con el ambiente que los efectos de ACG.

Brauer (1983) menciona que la prueba de aptitud combinatoria es definitivamente la que determina el valor de las líneas para usarlas como progenitores de los híbridos comerciales. Además agrega que cuando se desea encontrar líneas que combinen muy bien con materiales sobresalientes de un

programa, la prueba ACE puede hacerse con la  $F_1$  de cruzamiento de líneas, con una línea buena, o bien, con cruzamiento simple de alto valor genético.

Robles (1986) indica que la aptitud combinatoria es la respuesta de heterosis sobre la productividad u otro carácter, de las líneas puras en sus combinaciones híbridas o de una línea pura al cruzarse con las demás en formación y evaluación de sus híbridos; siendo esto una respuesta a la aptitud combinatoria específica. La aptitud combinatoria de una o de varias líneas puras al cruzarlas con su variedad original o con otra variedad de amplia base genética; o bien de la cruce entre variedades, se designa como ACG. La ACE incluye todos los efectos de la que no pueda dar cuenta el esquema aditivo. Estos pueden ser el resultado de la dominancia, la epistasis, las interacciones, etc. La ACG incluye la acción génica aditiva de las líneas puras o en proceso de formación. Se evalúa mediante el uso de un probador con amplia variabilidad genética, pudiendo ser éste la variedad original con la que se forman líneas puras, otra variedad u otro material genético.

Bdliya y Burris (1988) trabajando con características fisiológicas de la semilla de maíz, determinaron la aptitud combinatoria para el carácter de resistencia al secado de la semilla, evaluaron la germinación a altas y bajas temperaturas. Estos autores encontraron que el efecto materno fue superior que los efectos de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica para la prueba de germinación en calor; mientras que la ACG fue mayor que la ACE y el efecto materno para la germinación en frío; por lo anterior, mencionan



que los efectos aditivos y maternos son mas importantes que los no aditivos para la tolerancia al secado de la semilla, mencionando que este proceso afecta al vigor de la semilla.

Vázquez *et al.* (1996), encontró que los efectos de aptitud combinatoria especifica son más importantes que los de aptitud combinatoria general en la manifestación de la germinación y vigor de semillas; sin embargo, manifiestan que existen pocos trabajos que involucren la calidad fisiológica de la semilla.

### **Diseños Dialélicos**

Sprague y Tatum (1942) propusieron las cruzas posibles (dialélicos) para determinar la ACE de las líneas; es decir, que después de evaluadas las cruzas, muestran cruzas de mayor rendimiento y determinaran cuales son las líneas con mayor ACE, que es el comportamiento de combinaciones especificas entre líneas genéticas, en relación con el promedio de todas las combinaciones.

Los diseños dialélicos son utilizados para explotar la heterosis; también proveen información acerca del tipo de acción génica que este presente en la población base, lo cual determina la ACG que está relacionada con los efectos aditivos y/o aditivos por aditivos, mientras que la ACE consiste en los efectos de dominancia así como todos los efectos epistáticos (Rojas y Sprague, 1952).

En mejoramiento genético, cuando los fitomejoradores identifican una muestra de líneas sobresalientes, realizan cruzas simples posibles, las cuales son conocidas como cruzas dialélicas; los diseños de cruzamientos de Griffing (1956) son de gran utilidad para evaluar diferentes aspectos genéticos asociados con las cruzas posibles, apoyándose para ello en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros.

Griffing (1956) usó el término cruzas dialélicas y las describe como el procedimiento en el cual se elige un conjunto de líneas progenitoras ( $n$ ) y se realizan las cruzas entre ellas. Así tenemos que existe un máximo de  $n^2$  de cruzas posibles, presentando cuatro métodos para el análisis de cruzas dialélicas e introduce los cuatro diseños que llevan su nombre y que a continuación se describen:

**Diseño 1:** Se refiere al ensayo de las autofecundaciones (padres), las cruzas  $F_1$  y las recíprocas de la  $F_1$ .

De tal forma que se tienen:

$n = 10$  padres, se tienen:

$n(n-1)/2 = 45$   $F_1$  directas

$n(n-1)/2 = 45$   $F_1$  recíprocas

Total =  $n^2 = 100$

**Diseño 2:** Se ensayan las autofecundaciones (padres) y las cruzas directas  $F_1$ , pero no se incluyen las cruzas recíprocas, se ensayan en total  $n(n+1)/2$  combinaciones.

$$n = 10 \text{ padres}$$

$$n(n-1)/2 = 45 F_1 \text{ directas}$$

$$\text{Total} = n(n+1)/2 = 55$$

**Diseño 3:** Se ensayan las cruzas directas  $F_1$  y sus recíprocas, pero no incluyen las autofecundaciones (padres), se ensayan  $n(n-1)$  combinaciones.

$$n = 10 \text{ padres}$$

$$n(n-1)/2 = 45 F_1 \text{ directas}$$

$$n(n-1)/2 = 45 F_1 \text{ recíprocas}$$

$$\text{Total} = n(n-1) = 90$$

**Diseño 4:** Se ensayan un grupo de cruzas directas de  $F_1$ , sin incluir las recíprocas. Sólo se ensayan  $n(n-1)/2$ . Aquí se estudian las  $F_1$  y a través de ellas se estiman la aptitud combinatoria general y específica de los progenitores.

$$n = 10 \text{ padres}$$

$$n(n-1)/2 = 45 F_1$$

$$\text{Total} = n(n-1)/2 = 45$$

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Localización del Área de Estudio**

El trabajo de investigación se desarrolló en dos ciclos de evaluación y dos etapas en cada ciclo; las etapas de campo se realizaron en los años del 2002 y 2003 en el ciclo primavera verano en los terrenos del Campo Experimental de Iguala en Guerrero, dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado geográficamente entre el paralelo 17° 52' 54" Latitud Norte y meridiano 98° 45' 25" Longitud Oeste; a una altitud de 780 m, con temperatura media anual de 27.5 °C y precipitación anual de 977 mm (García, 1973).

Las etapas de laboratorio se llevaron a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas, del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en la ciudad de Saltillo, Coah. México, en la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (UNIGRAS) de la Facultad de Estudios Superiores de Cuahutitlán, de la Universidad Autónoma de México (UNAM) y la determinación de Investigaciones de lisina y triptófano de semilla en el Laboratorio de Maíz

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicados en el Campo Experimental del Valle de México.

### Material Genético

El material genético que se utilizó para el primer ciclo de evaluación en ambas etapas fueron catorce líneas endogámicas de maíz, siete genotipos de grano normal del (INIFAP) y siete materiales de alto contenido proteico, generados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Para el segundo ciclo de siembra solamente se utilizaron 10 de las 14 consideradas en el primer ciclo, como se indica en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Material genético utilizado para producir las cruzas directas del diseño dialélico en dos ciclos de evaluación

Primer ciclo de evaluación	Segundo ciclo de evaluación
(1) T-45	(1) T-45
(2) T-44	(2) T-44
(3) LT-155	(3) LT-155
(4) B-41	(4) B-41
(5) Y-902314	(5) CLQ-6203
(6) T-37	(6) CML-141
(7) LT-154	(7) CML-142
(8) CML-141	(8) CML-144
(9) CML-142	(9) CML-150
(10) CML-144	(10) CML-176
(11) CML-150	
(12) CML-176	
(13) CML-177	
(14) CLQ-6203	

Nota: Del No. 1 al 7 son líneas de grano normal para el primer ciclo y del 1 al 4 en el segundo ciclo.  
Del Núm. 8 al 14 son líneas de alta calidad de proteína para el primer ciclo y del 5 al 10 en el segundo ciclo

## **Manejo Agronómico**

La siembra de las 14 líneas de maíz utilizadas para formar las cruizas directas, se realizó durante los ciclos P-V 2001/01 y O-I 2001/02, con la finalidad de obtener suficiente semilla de los híbridos.

Las evaluaciones se realizaron en los ciclos agrícolas primavera verano 2002/02 y 2003/03. La parcela experimental fue de cuatro surcos de seis metros de largo y 80 cm. de ancho, con tres repeticiones, la cual, se fertilizó con la fórmula 120N-60P-00K; el control de malezas y plagas se realizó de acuerdo a las recomendaciones de INIFAP (Guía para la asistencia técnica del CEIGUA, 1995). La parcela útil fue de dos surcos centrales de cinco metros de longitud con 22 plantas cada uno, al eliminar el efecto de los orilleros, arrojando una superficie de 8.00 m<sup>2</sup>, de parcela útil, la cosecha de la parcela útil se realizó a los 125 días de la siembra, cuando la semilla tenía un 18 por ciento de humedad, posteriormente, el rendimiento por parcela se transformó a t ha<sup>-1</sup>.

## **Manejo en Laboratorio**

La prueba de germinación estándar se realizó de acuerdo con las normas establecidas por la International Seed Testing Association (ISTA, 2004), utilizando el método de papel toalla con una variante, el ensayo consistió en poner cuatro repeticiones de 25 semillas tomadas al azar por cada tratamiento (híbrido), con los cuales se formaron los “tacos”, posteriormente fueron llevadas

a la cámara de germinación a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  por siete días; donde se realizó el conteo de las plántulas normales (PNGS), plántulas anormales (PAGS), semillas muertas (SMGS), longitud media de plúmula y peso seco de plúmula, esta última no se determinó en la primera evaluación

En la FES-C se hizo la determinación de vigor a través de la prueba de envejecimiento acelerado (EA), donde se utilizó la cámara de envejecimiento artificial a una temperatura de  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  por ocho días, donde se colocaron 250 semillas en canastillas de plástico, se introdujeron en charolas con dos litros de agua donde se le agregaron 750 g. de cloruro de potasio, sostenidas por un soporte de malla galvanizado en el interior, con el fin de que éstas no estuvieran en contacto con el agua, tapándose con su respectiva tapa de plástico. Al concluir el periodo se sacaron las semillas, se secaron perfectamente y posteriormente en el laboratorio de ensayo de semillas del CCDTS de la UAAAN se procedió a realizar la prueba de GSV y los conteos y mediciones de plántulas anormales en vigor (PAV), plántulas muertas en vigor longitud media de plúmula en vigor y peso seco de plúmula en vigor.

### **Variables evaluadas**

#### **Variables de Campo**

En cada una de las parcelas se midieron las siguientes características agronómicas:

- **Días a floración masculina (DFM).** Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas presentaron emisión de polen.
- **Días a floración femenina (DFF).** Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas presentaron emisión de estigmas receptivos.
- **Altura de planta (AP).** Distancia en cm. desde el nivel del suelo hasta la hoja bandera, de un muestreo de cinco plantas tomadas al azar en la parcela.
- **Altura de Mazorca (AM).** Distancia en cm. desde el nivel del suelo hasta el nudo de la mazorca principal, de un muestreo de cinco plantas tomadas al azar en la parcela.
- **Calificación de planta (CP).** Después de la floración se califican las plantas de cada parcela tomando en cuenta características, tales como uniformidad, posición de la mazorca, daño por insectos y enfermedades, tallo, para lo cual, se utilizó una escala de uno al 10, donde uno es el peor y 10 el mejor.
- **Calificación de mazorca (CM).** Se califica al grupo de mazorcas de cada una de las parcelas tomando en cuenta características, tales como: uniformidad y tamaño de las mazorcas, daño causado por insectos y enfermedades, llenado de grano, usando una escala de uno al 10, donde uno es el peor y 10 el mejor.



- **Rendimiento de grano por hectárea (t ha<sup>-1</sup>).** Para calcular el rendimiento de grano por hectárea, se tomó el peso de campo (PC), después se determinó el porcentaje de grano (por ciento de grano), se tomó una muestra de cinco mazorcas, de las cuales se determinó el porcentaje de grano y de olote, de ese grano se tomaron 200 g de maíz para determinar el contenido de humedad del grano en el aparato Stanlite a lo cual, se obtuvo el factor de corrección de humedad (FCH) en una tabla de humedad de grano de maíz ajustado al 12 por ciento.

$$t \text{ ha}^{-1} = \frac{PC \times \% \times FCH \times 10\,000}{PU}$$

Donde:

PC = Peso de campo

% de grano = Porcentaje de grano

FCH = Factor de corrección por humedad de grano

PU = Parcela útil (área)

10,000 m<sup>2</sup> = Superficie de una hectárea.

### **Variables de Laboratorio**

- **Germinación estándar (GS).** Se colocaron 25 semillas en toallas de papel húmedo que se enrollaron para formar los tacos, en cuatro

repeticiones, los cuales se llevaron a una germinadora a una temperatura de 25° C, durante siete días.

- **Longitud media de plúmula (LMPGS).** Se determinó en la medición de la plúmula de las 25 plántulas de la germinación estándar que quedaron entre las líneas a los siete días de la siembra, las cuales se multiplicaron por el valor medio de las paralelas y los productos se sumaron, la longitud total se dividió entre el número de plántulas normales, obteniéndose así el promedio.
- **Peso seco de plúmula (PSPGS).** El peso seco de plúmula se determinó cortando la plúmula de las plantas normales, las cuales se colocaron en una estufa de secado a una temperatura de 65° C por 24 horas, posteriormente se procedió a pesar en una balanza analítica.
- **Envejecimiento acelerado (EA).** Esta prueba de vigor se realizó sometiendo a la semilla a un estrés, en una cámara de envejecimiento artificial a una temperatura de 38°C ± 1 durante ocho días. Al finalizar el período se sacaron las semillas y se realizó la prueba de germinación obteniendo las variables de: **Germinación estándar en vigor (GSV), Longitud media de la plúmula en vigor (LMPV), Peso seco de plúmula en vigor (PSPV)**, las cuales se obtuvieron de igual forma que las de germinación estándar, longitud media de plúmula y peso seco de plúmula descritas anteriormente.

### **Determinación del Triptófano y Lisina.**

Para determinar el triptofano se utilizó el método colorimétrico de Opienska - Blauth *et al.*, (1963) modificado por Hernández y Bates (1969) el cual se basa en la reacción de Hopkins-Cole, donde, una molécula de ácido glioxílico y dos de triptofano forman un complejo colorido con un máximo de adsorción de 560 nm.

Para determinar la lisina se utilizó el método colorimétrico de Tsai, *et al.*, para determinar el contenido de lisina en maíz. Este método utiliza el compuesto 2-cloro-3, 5-dinitropiridina, que reacciona con el grupo  $\epsilon$ -amino de lisina, después de haber bloqueado con cobre los grupos  $\infty$  - amino de los aminoácidos y de los péptidos de bajo peso molecular presentes en el hidrolizado proteínico. El  $\epsilon$ - dinitropiridil lisina formado es soluble en agua pero insoluble en acetato de etilo, lo que permite que los demás compuestos formados durante la reacción sean eliminados con ese solvente, suprimiendo también el exceso del reactivo 2-cloro-3, 5-dinitropiridina (Villegas, *et al.*, 1985).

La lisina y el triptofano son dos aminoácidos esenciales que limitan el valor nutricional de la proteína del endospermo del maíz. Debido a la relación observada entre el contenido de estos dos aminoácidos en la proteína del endospermo del maíz opaco-2 (aproximadamente de cuatro a uno), el contenido de triptofano se puede usar como parámetro para evaluar la calidad nutricional de esta proteína (Villegas, 1972).

## Diseño Experimental

Para las evaluación en campo en el primer ciclo, se utilizó un diseño experimental de látice triple 10 x 10, incluyendo las 91 cruzas posibles y nueve testigos regionales, en el segundo ciclo se utilizó un diseño experimental látice triple de 7 x 7, incluyendo 45 cruzas posibles y cuatro testigos regionales. También se analizó en un diseño de bloques completos al azar. En laboratorio se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, analizándose solamente las cruzas directas  $F_1$ , para los dos ciclos de evaluación.

## Análisis Genético Estadístico Individual

Se realizó el análisis individual del diseño genético para ambas etapas en los dos ciclos de evaluación, donde se utilizó el diseño IV de Griffing (1956), para todas las variables, bajo el modelo lineal siguiente:

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor del fenotipo observado de la cruza;

$\mu$  = Media general;

$g_i, g_j$  = Efecto de ACG del progenitor i,j;

$S_{ij}$  = Efecto de la ACE de cruza i,j;

$y_k$  = Efecto de la K –ésima repetición;

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

### Componentes de Varianza Individual

A partir de los componentes de varianza estimados  $\sigma^2_A$ ,  $\sigma^2_D$ ,  $EE_{ACG}$  y  $EE_{ACE}$  se calcularon los valores porcentuales de la heredabilidad en sentido estricto.

$$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_p} \quad \text{donde: } \sigma^2_p = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_{\text{error}}$$

$$\sigma^2_G = \frac{CM_{ACG} - CM_{ACE}}{r(P-2)} \quad \text{donde: } \sigma^2_G = \sigma^2_{ACG}$$

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

$$\sigma^2_S = \frac{CM_{ACE} - CM_{\text{error}}}{r} \quad \text{donde: } \sigma^2_S = \sigma^2_{ACE}$$

$$\sigma^2_D = \sigma^2_S$$

$$EE_{ACG} = \sqrt{\left[ \frac{(P-1)}{P(P-1)} \right] \left[ \frac{CM_{\text{error}}}{r} \right]}$$

$$EE_{ACE} = \sqrt{\left[ \frac{P^2 + P + 2}{(P+1)(P+2)} \right] \left[ \frac{CM_{\text{error}}}{r} \right]}$$

## Análisis Combinado

Las cruzas dialélicas se analizaron en forma combinada a través de dos años bajo el método IV de Griffing (1956). El modelo lineal aditivo fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + \beta_{j(i)} + g_k + g_l + s_{kl} + ag_{ik} + ag_{il} + as_{ikl} + \epsilon_{ijkl}$$

En donde:

$Y_{ijkl}$  = Observación total;  $\mu$  = efecto de la media general;  $a_i$  = efecto del i-ésimo año;  $\beta_{j(i)}$  = efecto de j – ésimo bloque dentro del i – ésimo año;  $g_k$  = efecto de la aptitud combinatoria general del padre k;  $g_l$  = efecto de la aptitud combinatoria general del padre l;  $s_{kl}$  = efecto de la aptitud combinatoria específica de los padres k y l;  $ag_{ik}$  = efecto de la interacción entre el i – ésimo año y la aptitud combinatoria general del padre k;  $ag_{il}$  = efecto de la interacción entre el i – ésimo año y la aptitud combinatoria general del padre l;  $as_{ikl}$  = efecto de la interacción entre el i – ésimo año y la aptitud combinatoria específica de los padres k y l;  $\epsilon_{ijkl}$  = efecto del error experimental.

Se realizó un análisis de varianza incluyendo los efectos genéticos del diseño dialélico, método IV de Griffing (1956) se muestra en el cuadro 3.2. La columna Esperanza de Cuadrados Medios (ECM) presenta las funciones

lineales de los componentes de varianza, para cada fuente de variación pertinente al diseño genético.

Cuadro 3.2 Estructura del análisis de varianza combinado

F. V.	g.l	CM	ECM
Años	a-1		
Rep/años	(r-1)a		
Híbridos	n-1		
ACG	p-1	M6	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ACE \times a}^2 + r(p-2)\sigma_{ACG \times a}^2 + ra\sigma_{ACE}^2 + ra(p-2)\sigma_{ACG}^2$
ACE	p(p-3)/2	M5	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ACE \times a}^2 + ra\sigma_{ACE}^2$
Híbridos x años.	(n-1)(a-1)		
ACG x años	(p-1)(a-1)	M3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ACE \times a}^2 + r(p-2)\sigma_{ACG \times a}^2$
ACE x años	P(p-3)(a-1)/2	M2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{ACE \times a}^2$
Error	a(n-1)(r-1)	M1	$\sigma_e^2$
Total	anr-1		

Los efectos de ACG y ACE se estimaron de la siguiente manera.

$$g_i = \frac{1}{p(p-2)} (pX_{i.} - 2X_{..})$$

$$s_{ij} = X_{ij} - \frac{1}{p-2} (X_{i.} + X_{.j}) + \frac{2X_{..}}{(p-1)(p-2)}$$

Donde:

$g_i$  = Aptitud combinatoria general. (ACG) del i-ésimo progenitor.

$s_{ij}$  = Aptitud combinatoria específica (ACE) de la cruce entre el i-ésimo y j-ésimo progenitor.

$P$  = Número de progenitores.

$X_{i.}$  = Total del progenitor i.

$X_{.j}$  = Total del progenitor j.

$X_{ij}$  = Total de la cruce.

$X_{..}$  = Gran total.

### Estimación de Parámetros Genéticos

Se calcularon los parámetros genéticos en base al diseño IV de Griffing (1956) en cruces simples, considerando el coeficiente de endogamia  $F = 1$  de los progenitores y de acuerdo a las fórmulas descritas por Hallauer y Miranda (1981).

Cruces simples  $F = (1)$

Varianza aditiva:  $\sigma^2_A = 2\sigma^2_{ACG}$

Varianza de dominancia:  $\sigma^2_D = \sigma^2_{ACE}$ .

Heredabilidad:  $h^2 = \frac{\sigma^2_A}{(CM_{híbridos}/ra)}$

Todos los análisis se realizaron con el programa de SAS (Statistical Analysis System) versión 8.00 (SAS Institute 1999).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Primer Ciclo de Evaluación

### Análisis de Varianza

#### **Variables Agronómicas**

Los análisis de varianza mostraron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables agronómicas (Cuadro 4.1) excepto en la fuente de variación testigos para las variables altura de planta y altura de mazorca, donde no se obtuvo significancia, para calificación de planta sólo fue significativa ( $P \leq 0.05$ ), así también para la fuente de variación de híbridos x testigos, para altura de mazorca y calificación de mazorca donde no se reportaron diferencias. Lo cual indica que existe variación entre los híbridos evaluados. Estos resultados coinciden con los obtenidos por De la Cruz (2003) quien también reportó alta significancia entre las cruzas para variables agronómicas. Además se presentan los coeficientes de variación (CV) que fueron bastante aceptables para un experimento en campo y la media de cada una de las variables estudiadas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y valor de significancia del análisis de varianza para siete variables agronómicas en Iguala, Gro., en el ciclo agrícola P.V. 2002/02.

F.V.	G.L.	REND. t ha <sup>-1</sup>	AP m	AM m	DFM Dias	DFF Dias	CP Escala*	CM Escala*
REP.	2	1.49 **	0.12 **	0.04 **	1.29	0.46	0.18	1.04 **
TRAT.	99	2.33 **	0.08 **	0.04 **	5.95 **	7.02 **	0.24 **	0.37 **
HIBRIDOS	90	2.00 **	0.08 **	0.05 **	6.11 **	7.02 **	0.24 **	0.36 **
TESTIGOS	8	3.78 **	0.01	0.01	3.25 **	4.79 **	0.23 *	0.53 **
HIB. X TES	1	20.29 **	0.15 **	0.01	12.32 **	24.37 **	0.52 **	0.08
ERROR	198	0.24	0.01	0.01	1.12	1.24	0.08	0.13
TOTAL	299							
MEDIA		5.14	2.43	0.96	58.20	60.28	8.13	8.15
C.V.		9.59	4.52	7.62	1.82	1.85	3.42	4.35

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error respectivamente. \*Escala visual de 1 - 10  
 REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
 DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

### Variabes Fisiológicas

Para las pruebas de germinación y vigor en el laboratorio (Cuadro 4.2) se encontraron diferencias altamente significativas entre los híbridos para todas las variables, tanto para germinación estándar, como para las pruebas después de realizar el envejecimiento acelerado que corresponde a la germinación estándar en vigor. Lo cual indica que existe variabilidad genética entre los genotipos evaluados. Resultados similares obtuvo Antuna (2003), para la calidad fisiológica que fue determinada con base en el porcentaje de germinación, primer conteo de la prueba de germinación, índice de velocidad y porcentaje de emergencia, en maíces de endospermo normal.

Cuadro 4. 2. Cuadrados medios y valor de significancia para las variables fisiológicas evaluadas

F.V.	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
	G.L.	GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
Híbridos	90	236.64**	5.31**	453.53**	9.65**	0.061**
Error	273	19.03	0.689	46.99	1.059	0.003
C.V.		4.6	14.51	8.5	14.5	14.9

\*,\*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error respectivamente.

GS = Germinación estándar.

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = Germinación estándar en vigor .

LMPV = Longitud media de plúmula en vigor.

PSPV = Peso seco de plúmula en vigor.

### Análisis Dialélico

#### **Variables Agronómicas**

En el análisis del diseño dialélico, se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ) entre híbridos, así como para los efectos de ACG y ACE en todas las variables estudiadas. La proporción relativa de los efectos de ACG y ACE determinada por los cuadrados medios indica el tipo de acción génica más importante en los caracteres (Baker, 1978). En este sentido y como se puede observar en el Cuadro 4.3, los cuadrados medios debidos a los efectos de ACG fueron mayores que los de ACE, para todas las variables estudiadas, por lo que se podrían explotar los efectos aditivos a través de un programa de mejoramiento genético por selección recurrente. Los mismos resultados obtuvieron Villanueva *et al.*, (1994) donde los cuadrados medios de ACG fueron

mayores que los de ACE en las variables Rendimiento, altura de planta longitud de mazorca, y acame, por lo que los efectos aditivos fueron más importantes que los efectos no aditivos.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios para el análisis de varianza genético para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2002/02.

F.V.	GL	REND t ha <sup>-1</sup>	AP m	AM m	DFM Dias	DFF Dias	CP Escala	CM Escala*
Rep	2	1.48 **	0.13 **	0.04 **	1.20	0.64	0.18	0.71 **
Hibridos	90	2.00 **	0.08 **	0.05 **	6.11 **	7.02 **	0.24 **	0.36 **
ACG	13	5.90 **	0.37 **	0.24 **	29.45 **	32.21 **	0.95 **	0.98 **
ACE	77	1.34 **	0.04 **	0.01 **	2.18 **	2.77 **	0.12 **	0.26 **
Error	180	0.25	0.01	0.01	1.20	1.32	0.08	0.13
Med.		5.05	2.42	0.96	58.26	60.37	8.11	8.15
C.V.		9.88	4.55	7.62	1.88	1.90	3.43	4.44

\*,\*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error respectivamente.

\* Escala visual de 1 al 10      REND. = Rendimiento      AP = Altura de planta      AM = Altura de mazorca  
 FM = Días a floración masculina      DFF = Días a floración femenina      CP = Calificación de planta  
 CM = Calificación de mazorca

### Variables Fisiológicas

En el análisis genético de las variables fisiológicas para híbridos, así como para ACG y ACE, se detectaron diferencias altamente significativas para todas las variables de estudio (Cuadro 4.4). Con base en la proporción de los cuadrados medios, los efectos aditivos de ACG fueron más importantes que los efectos no aditivos de ACE, en casi todas las variables de calidad fisiológica,

excepto en germinación estándar en vigor que tuvo un cuadrado medio de 236.97 con una ligerísima ventaja sobre ACG que arrojó un cuadrado medio de 234.69. Sin embargo, se puede mencionar que los dos tipos de acción génica fueron significativas, de manera que se pueden explotar ambos efectos, desarrollando un programa de mejoramiento genético a través de selección recurrente para ACG y un programa a través de hibridación para ACE. Resultados similares encontraron Luchsinger y Violic (1972) que determinaron ACG y ACE en un dialélico con 10 líneas usando el método IV de Griffing, y encontraron significancia en ambos efectos para la variable rendimiento.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza genético para características fisiológicas de semillas. Laboratorio de semillas de la UAAAN y UNIGRAS 2003.

F.V.	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
	G.L	GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
Híbridos	90	236.64 **	5.31 **	453.53 **	9.65 **	0.0609 **
ACG	13	234.69 **	13.02 **	740.82 **	31.62 **	0.1386 **
ACE	77	236.97 **	4.01 **	405.03 *	5.94 **	0.0479 **
Error	273	19.03	0.69	46.98	1.12	0.003
Media		94.56	7.99	80.08	7.29	0.3628
C.V.		4.61	10.39	8.56	14.94	14.51

\*,\*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error respectivamente.

GS = Germinación estándar.

LMPGS = Longitud media de plúmula

GSV = Germinación estándar en vigor.

LMPV = Longitud media de plúmula en vigor

PSPV = Peso seco plúmula en vigor.

## **Aptitud Combinatoria General**

### **Variables Agronómicas**

En el Cuadro 4.5 se presentan los valores estimados de ACG para las variables agronómicas estudiadas. Encontrándose que para rendimiento de grano, de los progenitores de grano normal, cinco tuvieron valores estimados positivos, los cuales fueron T-44, LT-155, T-45, LT154 Y T-37 con valores estimados de 0.7817, 0.4487, 0.4167, 0.3232 y 0.2281, respectivamente, solamente dos presentaron valores estimados negativos; en los materiales de alta calidad de proteína sucedió lo contrario, ya que seis líneas tuvieron valores negativos y solamente una tuvo signo positivo CML-144, con un valor estimado de 0.1748. Los valores positivos y negativos van a ser buenos o malos dependiendo del carácter o variable que se analiza. Para este estudio los mejores materiales que presentaron características agronómicas deseables para el fitomejorador son T-44, T-45 y LT-155 de grano normal, ya que presentaron valores negativos en altura de planta y mazorca, así como para días a floración masculina y femenina y valores positivos para las variables calificación de planta y mazorca no así, CML-144 línea de alta calidad de proteína, ya que presentó valores contrarios a los esperados para mejorar sus características agronómicas.

Cuadro 4.5. Efectos de Aptitud Combinatoria General para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P-V 2002/02.

No.	LINEA	REND. t ha <sup>-1</sup>	AP m	AM m	DFM días	DFF Días	CP Escala*	CM Escala*
1	T-45	0.4167	-0.0380	-0.0152	-1.1190	-1.0357	0.2242	0.3115
2	T-44	0.7817	-0.1536	-0.1007	-0.8413	-1.0913	0.2798	0.1726
3	LT-155	0.4487	-0.0050	-0.0155	-1.2024	-1.3135	0.1409	-0.1052
4	B-41	-0.0258	-0.0261	-0.0155	0.4921	0.1587	-0.0397	-0.1190
5	Y-902314	-0.2045	0.0356	0.0351	0.7976	0.8532	0.0436	0.2282
6	T-37	0.2281	0.0842	0.0406	0.5754	0.9643	-0.0119	0.0615
7	LT-154	0.3232	-0.0758	-0.0760	1.1865	1.1587	0.1270	-0.0079
8	CML-141	-0.3194	0.0789	0.1079	0.1587	0.0476	-0.2341	-0.1885
9	CML-142	-0.2448	0.1303	0.1520	0.8809	0.8254	-0.3313	-0.1607
10	CML-144	0.1748	0.1073	0.0854	0.4087	0.4643	-0.0675	0.0754
11	CML-150	-0.6989	-0.1938	-0.1491	0.5754	0.5198	-0.0397	-0.2579
12	CML-176	-0.2286	0.1334	0.0148	0.2976	0.7143	-0.0119	0.0615
13	CML-177	-0.3130	-0.0355	-0.0038	-1.7302	-1.5635	-0.0675	0.0198
14	CLQ-6203	-0.3382	-0.0419	-0.0599	-0.4802	-0.7024	-0.0119	-0.0913

REND. = Rendimiento    AP = Altura de planta    AM = Altura de mazorca    CM =Calificación de mazorca  
DFF=Días a floración femenina    DFM = Días a floración masculina    CP= Calificación de planta  
**Nota:** del No. 1 al 7 son maíces de grano normal y del 8 al 14 son de alta calidad de proteína

### Variables Fisiológicas

Considerando las variables GS y GSV (Cuadro 4.6), como las de mayor importancia para determinar la calidad de la semilla; se observó que de acuerdo a los efectos de ACG de las líneas de alta calidad de proteína tuvieron los valores estimados mayores, en germinación estándar; como fueron los casos de las líneas CML-144, CML-150 de alta calidad de proteína con valores estimados de 2.3929 y 2.2262 respectivamente, y dentro de las líneas

normales B-41, LT-155 y Y-902314, con valores estimados de 2.2262, 1.5595 y 1.4762, respectivamente; sin embargo, se observó que al ser sometidos a un tipo de estrés, en este caso a una prueba de vigor = (GSV, LMPV, PSPV), algunos materiales se deterioraron, como fue el caso donde participa la línea CML-150 de alta calidad de proteína, quien arrojó un valor estimado negativo de -4.8333, lo contrario se observó donde interviene la línea CML-144 que soportó el estrés y mantuvo también un valor positivo con un valor estimado de 6.0000 para la prueba de vigor; el mismo fenómeno se presentó en los materiales de grano normal, ya que donde participan las líneas LT-155 y Y-902314 soportaron el estrés con valores estimados de 6.0000 y 0.6666 respectivamente. Lo contrario sucedió donde interviene la línea B-41 que se deterioró cuando se aplicó la prueba de vigor.

Para la variable longitud media de plúmula en vigor sucedió algo similar donde participan las líneas CML-144, LT-155 y B-41, quienes soportaron mejor la prueba de vigor. Cabe señalar que hubo un equilibrio de valores positivos (4) y negativos (3) en las líneas de calidad de proteína y maíces normales en GSV. De esta manera, se pudiera desecharse la idea de que los materiales de alta calidad de proteína pierden más rápido su vigor y poder de germinación que los maíces normales. Lo que coincide con lo que menciona Vasal (1994) que en la década de los años ochenta se obtuvo lo que ahora es el nuevo tipo de maíces, con la calidad proteínica característica y sin las desventajas iniciales de características agronómicas; éstos ahora se conocen mundialmente como maíces de calidad proteínica, pues los mencionados genes modificadores



confieren una textura de grano más dura que el maíz opaco, dando la apariencia de un maíz común o normal.

Cuadro 4.6. Efectos de Aptitud Combinatoria General para las variables fisiológicas en estudio, Iguala, P.V. 2002

No.	LINEA	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
1	T-45	-5.6905	-0.8926	-3.0000	-1.5921	-0.1008
2	T-44	-1.0238	0.5740	2.6666	-0.1328	-0.0372
3	LT-155	<b>1.5595</b>	0.5809	<b>6.0000</b>	0.8247	-0.0182
4	B-41	<b>2.2262</b>	1.0582	<b>-1.1666</b>	1.9622	0.1192
5	Y-902314	<b>1.4762</b>	0.1784	<b>0.6666</b>	0.5562	0.0371
6	T-37	0.1429	0.3682	-7.0000	-0.2998	-0.0442
7	LT-154	-0.5238	-0.3551	1.6666	-0.2315	0.0254
8	CML-141	0.1429	-0.0505	0.0000	0.2901	-0.0542
9	CML-142	-0.7738	-0.5099	4.0833	-0.0144	0.0139
10	CML-144	<b>2.3929</b>	0.0843	<b>6.0000</b>	0.1979	0.0427
11	CML-150	<b>2.2262</b>	-0.2591	<b>-4.8333</b>	-0.5869	0.0195
12	CML-176	0.3095	-0.3641	0.0833	-0.2155	0.0325
13	CML-177	-2.9405	0.0113	-0.9166	-0.0417	-0.0030
14	CLQ-6203	0.4762	-0.4241	-4.2500	-0.7163	-0.0327

GS = Germinación estándar.

GSV = Germinación estándar en vigor.

PSPV = Peso seco plúmula en vigor.

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

LMPV = Longitud media de plúmula en vigor.

Nota: del No. 1 al 7 son maíces de grano normal y del 8 al 14 son de alta calidad de proteína

## **Aptitud Combinatoria Específica**

### **Variables Agronómicas**

En la variable rendimiento de grano de los valores estimados de ACE en de las 91 cruzas directas, 44 fueron positivos y 47 negativos (Cuadro A1).

En el Cuadro 4.7 se muestran las mejores 15 cruzas con los valores mayores estimados de ACE y los tres más bajos para la variable rendimiento, observándose que la crusa 10 X 14 (CML-144 x CLQ-6203) quien tiene dos líneas de alta calidad de proteína, tuvo un valor estimado positivo de 1.3707 para la variable rendimiento y valores estimados negativos para AP, AM, DFM y DFF que son los deseables para obtener híbridos de porte más bajo y con días a floración masculina y femenina más precoces y buena calificación de planta y mazorca. También las cruzas 4 x10 (B-41 x CML-144), 7 x 13 (LT-154 x CML-177), 3 x 12 (LT-155 x CML-176) y 7 x 8 (LT-154 x CML-141) sobresalieron con valores estimados de (ACE) para la variable rendimiento de 1.3933, 1.1857, 0.9917 y 0.9760, respectivamente, en estos cruzamientos participa una línea de maíz normal por una línea de alta calidad de proteína, que son los materiales que mejoraron considerablemente sus características agronómicas y mostraron mayor rendimiento con el cruzamiento de la línea de un maíz normal, que los maíces de alta calidad de proteína. Lo que coincide con XingMing *et al.*, (2001) quienes trabajaron con cinco líneas de alta calidad de proteína y cinco de grano normal, cuyos resultados mostraron que la mejor producción de grano fue la

combinación de una línea de grano normal por una de alta calidad de proteína como fue la línea CLM-166 x Qi 205 (10,880 kg/ha), así mismo las combinaciones CML 194 x Yi 9101/02 (1,813.50) y CML 166 x Qi 205 (1,272.00) sobresalieron para (ACE) con el valor más alto para la variable rendimiento de grano. La ACG para rendimiento de grano con valores más altos sobresalieron las líneas de alta calidad de proteína CML 161 (1,010.53) y CML 166 (947.11). Las medias de las características agronómicas de la primera evaluación se presentan en el Cuadro A9.

Cuadro 4.7. Efectos genéticos de ACE de las cruzas sobresalientes de 91 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola primavera verano 2002/02.

No.	CRUZA	REND. ton ha <sup>-1</sup>	AP m	AM m	DFM Días	DFF Días	CP Escala	CM Escala
1	4 X 10	<b>1.3933</b>	0.2201	0.1099	-0.1615	-0.3226	0.1602	0.2286
2	10 X 14	<b>1.3707</b>	-0.0674	-0.0323	-0.1923	-0.4615	0.2991	0.7008
3	7 X 13	<b>1.1857</b>	0.2660	0.1630	-0.3867	-0.6282	0.3269	0.3397
4	3 X 12	<b>0.9917</b>	-0.0138	0.0205	0.3077	-0.1004	0.2575	0.3953
5	7 X 8	<b>0.9760</b>	0.0815	0.0513	0.0577	0.4273	-0.0064	-0.1186
6	5 X 14	0.9417	0.0043	0.0180	-1.5812	-1.5171	0.0214	-0.1186
7	6 X 11	0.9313	-0.0957	0.0183	-0.0812	-0.1838	0.2714	0.3814
8	1 X 14	0.9307	0.0946	0.0549	0.0021	0.0385	0.3408	0.2981
9	2 X 9	0.8821	0.1079	0.0419	-0.3034	-0.4338	0.2714	0.1731
10	5 X 9	0.7783	0.0354	0.0427	-0.2756	-0.7115	0.0075	0.2892
11	3 X 13	0.7122	-0.0049	0.0058	0.0021	-0.1560	-0.0203	0.1036
12	5 X 11	0.6750	0.0229	0.0305	-0.6367	-0.7393	0.0491	0.3814
13	2 X 4	0.6737	-0.0190	0.0660	-0.2477	-0.4338	-0.0203	0.1314
14	2 X 6	0.6510	0.0107	0.0033	-0.3312	-0.5726	-0.0481	-0.0491
15	11 X 14	0.6134	0.0871	0.0555	-0.0256	-0.5171	-0.2286	0.2008
.....								
89	7x11	-1.4568	-0.1590	-0.0117	1.6410	1.6218	-0.3675	-0.5491
90	7x14	-1.5094	0.0257	-0.0309	1.3632	1.1773	-0.2286	-0.5491
91	3x5	-1.7710	-0.1526	-0.1098	1.1410	0.7607	-0.1314	-0.2714

REND.= Rendimiento AP= Altura de planta A M= Altura de mazorca DFM= Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

## VARIABLES FISIOLÓGICAS

De las 91 cruzas, para la variable germinación estándar, 54 tuvieron valores estimados positivos y 37 valores negativos (Cuadro A2).

En el Cuadro 4.8 se presentan las mejores 15 cruzas simples tomando a las variables, germinación estándar y vigor, como las de mayor importancia para determinar el vigor de cada híbrido.

Cuadro 4.8. Efectos de ACE para las variables fisiológicas de las cruzas sobresalientes de 91 evaluadas.

No.	CRUZA	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
		GS %	LMPGScm	GSV %	LMPV cm	PSPVmg
1	1 X 10	<b>8.7372</b>	2.0977	-1.0769	-0.0148	-0.0743
2	2 X 13	<b>8.4038</b>	0.5214	-4.8269	-0.4321	-0.0947
3	1 X 6	<b>6.9872</b>	1.2562	-24.0769	-1.6121	-0.11.43
4	1 X 8	<b>6.9872</b>	0.8699	-5.0769	0.0854	0.0324
5	7 X 13	<b>6.9038</b>	0.8381	<b>14.1731</b>	0.9566	0.1834
6	2 X 8	6.3205	1.1858	8.2564	0.7310	0.0468
7	1 X 12	5.8205	0.1035	<b>13.8397</b>	1.5810	0.2626
8	1 X 5	5.6538	0.1735	5.2564	0.0044	0.0052
9	4 X 13	5.1538	1.0273	-2.9936	-1.0696	0.0509
10	11 X 13	5.1538	0.1520	-4.3269	0.7396	-0.0387
11	2 X 5	4.9872	0.9368	<b>10.5897</b>	-2.0775	-0.1520
12	5 X 13	4.9038	-0.4404	-1.8269	-2.4435	-0.1006
13	1 X 14	4.6538	1.1485	<b>23.1731</b>	2.0518	0.1604
14	6 X 8	4.1538	0.4766	<b>22.9231</b>	-0.5944	-0.02568
15	6 X 9	4.0705	0.8635	0.8397	-0.9673	0.0499
.....						
89	8 X 10	-11.0961	-2.2269	-8.0769	-0.0471	-0.0958
90	2 X 6	-29.6795	-2.3029	-16.7436	1.2860	-0.0283
91	1 X 13	-48.9295	-2.9444	0.8397	0.8473	0.0567

GS = Germinación estándar LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar. PSPV = Peso seco de plúmula en vigor. GSV = Germinación estándar en vigor. LMPV = Longitud media de plúmula en vigor.

Es importante señalar, que los materiales que tuvieron mejores valores estimados para efectos de ACE en la variable GSV, fueron las cruzas 1 x 10 (T-45 x CML-144), 2 X 13 ( T-44 x CML-177), 1 x 6 (T-45 x T-37), 1 x 8 ( T-45 x CML-141) y 7 x 13 (LT-154 x CML-177), de las cuales, al ser sometidas a un estrés o sea a una prueba de vigor como es la de envejecimiento acelerado, solo una se mantuvo y cuatro mostraron deterioro; sin embargo, las cruzas más sobresalientes después de someterlos al E A fueron: 1 x 14 (T-45 x CLQ-6203), 6 x 8 (T-37 x CML-141), 7 x 13 (LT-154 x CML-177), 1 x 12 (T-45 x CML-176), 2 x 5 (T-44 x Y-902314), 2 x 8 (T-44 x CML-141) y 1 x 5 (T-45 x Y-902314) con valores estimados mayores de ACE en la GSV de 23.1731, 22.9231, 14.1731, 13.8397, 10.5897, 8.2564 y 5.2564, respectivamente.

Las cruzas que soportaron la prueba de envejecimiento acelerado están formadas por una línea de grano normal y una línea de alta calidad de proteína, excepto T-44 x Y-902314 y T-45 x Y-902314, lo que arroja, que la combinación de algunas líneas de grano normal por calidad de proteína son resistentes al estrés, información que podría ser aprovechada para generar este tipo de maíces con mayor longevidad en almacén, comparados con los que se tienen actualmente. Lo que coincide con los resultados obtenidos por Alezones (2003), quien probó materiales de grano normal y de calidad de proteína y las cruzas de mejor rendimiento fueron (CML-144 x L20-2#1), (CML-144 x P21-104), (CML-144 x F20) y (CML-150 x L20-2#1) con 6604, 6501, 6114 y 5921 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Las medias de las características fisiológicas de la primera evaluación se presentan en el Cuadro A10.

## Variables Agronómicas por Tipo de Cruzas

En el Cuadro 4.9 se aprecia que los maíces de calidad de proteína tuvieron un rendimiento más bajo que de los maíces de grano normal; sin embargo, al cruzarlos con un material normal su rendimiento aumenta significativamente, así como mejoran algunas de las características agronómicas como la calificación de planta y mazorca, siendo las otras características similares como son (AP, AM, DFM, DFF). Desechando la idea de que los maíces de alta calidad de proteína tienen rendimientos similares a los maíces de grano normal. Contrario a lo que mencionan Bjarnason y Vasal, (1992) que muchos de los defectos asociados con el gen O<sub>2</sub> fueron reducidos o eliminados incluyendo rendimiento que también mejoró y estuvo al mismo nivel de los cultivares normales, pero reteniendo una mayor calidad de las proteínas.

Cuadro 4.9. Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola P.V. 02/02

Tipo de cruzas	REND.	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
21 N*N	5.54 a	2.34 b	0.90 b	58.22 a	60.27 a	8.32 a	8.29 a
49 N*QPM	5.12 b	2.45 a	0.97a	58.27 a	60.37 a	8.13 ab	8.16 ab
21QPM*QPM	4.41 c	2.44 a	0.98a	58.29 a	60.44 a	7.88 b	7.98 b

Letras iguales no existe diferencias significativas al 0.01 y 0.05.

REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

## Variables Fisiológicas por Tipo de Cruza

En el Cuadro 4.10 se observan el promedio de las características fisiológicas, donde los maíces normales cruzados con un material de alta calidad de proteína supera significativamente a los materiales de calidad de proteína y a los materiales de grano normal, en las variables en vigor GSV y PSPV que nos representa el vigor de los materiales, siendo no significativas para la variables GS LMPV, con excepción para los tipo de cruza de QPM\*QPM.

Cuadro 4.10. Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM, en laboratorio CCDTS de la UAAAN.

Tipo de Cruza	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
	GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
21 N*N	93.19 a	8.17 a	76.95 b	<b>7.52 a</b>	0.3243 b
49 N*QPM	<b>94.88 a</b>	<b>8.20 a</b>	<b>82.71 a</b>	7.38 a	<b>0.3878 a</b>
21QPM*QPM	94.71 a	7.15 b	77.05 b	6.95 b	0.3350 b

Letras iguales no existen diferencias significativas al 0.01 y 0.05. GS = Germinación estándar.  
 LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar GSV = Germinación estándar en vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco plúmula vigor. N = Normal QPM = Maíz de calidad de proteína

## Heredabilidad

La heredabilidad ( $h^2$ ) para las características agronómicas fue relativamente media, con excepción para la variable altura de planta que fue

alta y calificación de mazorca que fue baja. Para todas las variables fisiológicas se tuvo una baja heredabilidad, con excepción de la longitud media de plúmula vigor (Cuadro 4.11). Según Robles (1986) menciona que una escala definida para clasificar la magnitud de la heredabilidad, se puede considerar baja de 0 a 0.3; media de 0.3 a 0.7 y alta de 0.7 a 1.0.

Cuadro 4.11. Componentes de varianza de variables agronómicas y fisiológicas

<b>Variables</b>	<b>V<sub>a</sub></b>	<b>V<sub>d</sub></b>	<b>ESV<sub>a</sub></b>	<b>ESV<sub>d</sub></b>	<b>h<sup>2</sup></b>
REND	0.2532	0.3646	0.1203	0.0718	0.2918
AP	0.0184	0.0082	0.0075	0.0020	0.5027
AM	0.0127	0.0031	0.0049	0.0008	0.4922
DFM	1.5153	0.3246	0.5977	0.1228	0.4985
DFF	1.6356	0.4825	0.6539	0.1540	0.4757
CP	0.0462	0.0143	0.0193	0.0069	0.3288
CM	0.0400	0.0429	0.0200	0.0145	0.1748
GS	-0.0951	54.4811	3.9010	9.4350	0.0000
LMPGS	0.3754	0.8486	0.1999	0.1601	0.2036
GSV	13.9913	89.5637	11.5867	16.1423	0.0931
LMPV	1.0703	1.2195	0.4828	0.2373	0.3195
PSPV	0.0028	0.0113	0.0021	0.0019	0.1637

V<sub>a</sub>, V<sub>d</sub> = Valores estimados de varianza aditiva y dominancia      h<sup>2</sup> = Valores estimados de heredabilidad.  
 ESV<sub>a</sub>, ESV<sub>d</sub> = Valores estimados de errores estándar de varianza aditiva y **dominancia**

### Valores de Lisina y Triptófano

En el Cuadro 4.12 se muestra el promedio de los maíces N x N, N x Q y Q x Q, donde los valores de lisina y triptofano se tuvieron en los híbridos Q x



Q, luego los Q x N y por último los maíces N x N. Para ampliar la información se puede observar en el Cuadro A7 del apéndice, todos los valores de lisina y triptófano obtenidos a través del análisis, donde los maíces de alta calidad de proteína cruzados con QPM presentaron valores de lisina de 0.205 hasta 0.327 por mg aa/100mg de harina del endospermo. Tomando en cuenta que se consideran maíces de alta calidad de proteína aquellos que presentan valores de lisina de 0.300 o bien 0.250, pero con un valor alto de triptófano de 0.080. (Comunicación personal Dra. Vázquez Carrillo<sup>\*\*</sup>), siendo las cruzas que más sobresalieron en calidad de proteína CML-142 x CML-177, CML-144 x CLQ-6203, CML-141 x CML-144 Y CML-141 x CLQ-6203, con valores de lisina de 0.326, 0.322, 0.313 y 0.313, respectivamente.

Por otra parte, los híbridos normal x normal y normal x Q no alcanzaron los estándares de alta calidad de proteína, ya que son valores mayores a 0.300 de lisina o en su caso 0.250 por mg aa/100mg de harina del endospermo y valores de triptofano considerados altos por arriba de 0.080 por mg aa/100mg de harina del endospermo. Estos resultados coinciden con Habben *et al.*, (1994) quienes obtuvieron valores de lisina en el endospermo similares, de 0.21 por mg aa/100mg de harina del endospermo para maíces normales y de 0.37 por mg aa/100mg de harina del endospermo en maíces de alta calidad de proteína como se puede observar en el cuadro antes mencionado.

---

\* Investigadora del INIFAP encargada del laboratorio de análisis de proteína de Maíz

Cuadro 4.12. Valores promedios de lisina y triptófano de maíces N\*N, N\*QPM y QPM\*QPM.

Tipo de cruza	Triptofano	Lisina
21 N*N	0.040	0.217
49 N*QPM	0.045	0.224
21 QPM*QPM	0.060	0.273

N = normal

QPM = maíces de calidad de proteína

## Segundo Ciclo de Evaluación

### Análisis de Varianza

#### Variables Agronómicas

En el Cuadro 4.13 se muestran los análisis de varianza para las variables agronómicas, donde para tratamientos se detectaron diferencias al ( $P \leq 0.01$ ), para todas las variables en estudio, sin embargo, al desglosarlos entre híbridos, testigos e híbridos x testigos, podemos observar que las FV de los híbridos todas fueron ( $P \leq 0.01$ ), lo cual sugiere que existe variabilidad entre los genotipos evaluados; lo contrario sucedió en la FV testigos que solamente en calificación de mazorca fue ( $P \leq 0.01$ ) y en la interacción híbridos x testigos no hubo significancia para ninguna variable de estudio. Además se presentan los coeficientes de variación (CV) que fueron bastante aceptables para un experimento en campo y la media de cada una de las variables estudiadas.

Cuadro 4.13. Cuadrados medios del análisis de varianza para siete variables agronómicas en Iguala, Gro. en el ciclo agrícola P.V. 2003/03.

F.V.	G.L.	REND. T ha <sup>-1</sup>	AP m	AM m	DFM Dias	DFF Dias	CP Escala*	CM Escala*
REP.	2	2.38	0.03	0.03	7.76 **	10.70 **	0.44 **	0.08
TRAT.	48	4.90 **	0.09 **	0.06 **	5.18 **	5.23 **	0.46 **	0.44 **
HIBRIDOS	44	5.03 **	0.09 **	0.06 **	5.42 **	5.44 **	0.47 **	0.45 **
TESTIGOS	3	4.14	0.07	0.02	1.89	3.67	0.39 **	0.14
HIB. X TES	1	1.29	0.06	0.03	4.12	0.53	0.01	0.55
ERROR	96	1.36	0.03	0.02	1.28	2.11	0.09	0.09
TOTAL	146							
MEDIA		6.95	2.64	1.14	54.27	55.30	7.97	8.46
C.V.		16.79	6.99	11.48	2.09	2.63	3.72	3.59

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error respectivamente.

REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

### Variabes Fisiológicas

Los análisis de varianza para las pruebas de germinación y vigor (Cuadro 4.14), mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables, tanto para (GS), como para las pruebas de vigor (GSV). Lo cual indica que existe variabilidad genética entre los genotipos evaluados.

Cuadro 4.14. Cuadrados medios y valor de significancia para las variables fisiológicas evaluadas

F.V.	G.L.	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	PSPGS	GSV	LMPV	PSPV
Híbridos	44	94.03 **	15.34 **	0.2519**	552.05**	4.17 **	0.0235**
Error	135	24.18	0.85	0.0078	90.70	0.65	0.0035
C.V.		5.14	10.53	15.86	11.45	16.14	25.90

\*,\*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error, respectivamente.

GS = Germinación estándar .

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

PSPGS = Peso seco de plúmula germinación estándar GSV = Germinación estándar en vigor

PSPV = Peso seco plúmula en vigor LMPV = Longitud media de plúmula en vigor.

### Análisis Dialélico

#### **Variables Agronómicas**

En el análisis del dialélico se identificaron diferencias estadísticas ( $P < 0.01$ ) entre híbridos, así como en los efectos de ACG en todas las variables estudiadas, mientras que en ACE solamente en las variables calificación de mazorca y planta, así como para la variable rendimiento de grano tuvo significancia al ( $P \leq 0.05$ ), las demás variables no mostraron significancia estadística. La proporción relativa de los efectos de ACG y ACE determinada por los cuadrados medios, indica el tipo de acción génica que predomina en los caracteres (Baker, 1978). En este sentido los cuadrados medios debidos a los efectos de ACG fueron mayores que los de ACE, para las variables estudiadas

(Cuadro 4.15). Se puede decir, que los efectos aditivos fueron de mayor importancia que los efectos no aditivos.

Cuadro 4.15. Cuadrados medios para el análisis del diseño genético para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2003/03.

F.V.	GL	REND Ton/ha	AP M	AM M	DFM Días	DFF Días	CP Escala*	CM Escala
Rep	2	0.75	0.04	0.02	8.16 **	10.50 **	0.39 *	0.07
Híbridos	44	3.32 **	0.09 **	0.06 **	5.42 **	5.44 **	0.47 **	0.45 **
ACG	9	9.56 **	0.25 **	0.20 **	18.69 **	18.22 **	1.54 **	1.25 **
ACE	35	1.71 *	0.04	0.02	2.01	2.15	0.20 **	0.25 **
Error	96	0.95	0.03	0.02	1.32	2.15	0.09	0.10
Med.		5.68	2.63	1.14	54.22	55.28	7.97	8.47
C.V.		17.17	6.95	11.40	2.12	2.65	3.84	3.67

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error, respectivamente. \* escala visual 1-10  
 REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
 DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

## Variables Fisiológicas

En el análisis genético de las variables fisiológicas para híbridos, así como para ACG y ACE, se detectaron diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio (Cuadro 4.16). Con base en la proporción de los cuadrados medios, los efectos aditivos fueron más importantes que los efectos no aditivos, en todas las variables de calidad fisiológica, de manera que se pueden explotar sus efectos aditivos a través de un programa de mejoramiento genético por selección recurrente.

Cuadro 4.16. Cuadrados medios del análisis del diseño genético para características fisiológicas de semillas. Laboratorio de semillas de la UAAAN y UNIGRAS. 2004.

F.V.	G.L	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	PSPGS	GSV	LMPV	PSPV
Híbridos	44	94.03 **	15.34 **	0.2519 **	552.05 **	4.17 **	0.0235**
ACG	9	194.09 **	48.31 **	0.7501 **	886.24 **	4.28 **	0.0202**
ACE	35	68.30 **	6.86 **	0.1238 **	446.12 **	4.14 **	0.0244**
Error	132	24.17	0.85	0.0077	90.70	0.65	0.0035
Media	3	95.64	8.77	0.5566	83.18	5.01	0.2273
C.V.		5.14	10.53	15.85	11.45	16.14	6.1384

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error, respectivamente.

GS = Germinación estándar LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

PSPGS = Peso seco plúmula de germinación estándar GSV = Germinación estándar vigor

LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco plúmula vigor.

### **Aptitud Combinatoria General (ACG)**

#### **Variables Agronómicas**

En el Cuadro 4.17 se presentan los valores estimados de ACG para las variables agronómicas estudiadas, encontrándose que para rendimiento de grano, todos los progenitores de grano normal, tuvieron valores estimados positivos, de los materiales de alta calidad de proteína cuatro tuvieron valores negativos y solamente dos tuvieron signo positivo, CML-144 y CML-176. Por otra parte, si se analizan las otras variables agronómicas, la línea T-44, T-45 y LT-155 de grano normal, presentaron características deseables para el

fitomejorador, con excepción de la B-41 y para materiales de alta calidad de proteína, la CML-144 y la CML-176 no presentan características deseables.

Cuadro 4.17. Efectos de Aptitud Combinatoria General para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P-V 2003/03.

No.	Línea	REND. Ton/hs	AP m	AM m	DFM Dias	DFF Dias	CP Escala*	CM Escala*
1	T-45	0.1975	-0.5167	-0.0583	-1.2500	-1.0250	0.0958	0.1958
2	T-44	0.5808	-0.0621	-0.0875	-1.2917	-1.3583	0.1583	0.3000
3	LT-155	0.0975	-0.0350	-0.0354	-1.1250	-1.2333	0.0125	-0.0125
4	B-41	0.7433	0.0067	0.0083	0.6250	0.2250	0.4292	-0.1375
5	CLQ-6203	-0.2233	-0.0954	-0.0583	0.7917	0.7250	0.1583	0.0500
6	CML-141	-0.4525	0.0358	0.1458	0.0000	0.1000	-0.4250	-0.2625
7	CML-142	-0.0900	0.0963	0.0979	0.6250	0.8500	-0.1750	0.0292
8	CML-144	0.4433	0.0379	0.0583	0.5417	0.6000	0.0750	0.1958
9	CML-150	-1.4692	-0.1433	-0.1438	0.2083	0.3083	-0.3417	-0.4500
10	CML-176	0.1725	0.2108	0.0729	0.8750	0.8083	0.0125	0.0917

REND. = Rendimiento      AP = Altura de planta      \* Escala visual 1 al 10      AM = Altura de mazorca  
DFM = Días a floración masculina      DFF = Días a floración femenina      CP = Calificación de planta      CM = Calificación de mazorca  
**Nota: del No. 1 al 4 son maíces de grano normal y del 5 al 10 son de alta calidad de proteína**

## Variabes Fisiológicas

Considerando las variables germinación estándar y vigor (Cuadro 4.18) como las de mayor importancia para determinar la calidad de la semilla, de acuerdo a los efectos de aptitud combinatoria general se identificaron líneas con valores estimados mayores en germinación estándar; como fueron los casos

donde participan las líneas, CML-144, CML-150, CML-176 y CML-141 de alta calidad de proteína y LT-155, T-45, y B-41 para materiales de grano normal; sin embargo, se observó que al ser sometidos a un tipo de estrés, en este caso a una prueba de envejecimiento acelerado (prueba de vigor = GSV, LMPV, PSPV), algunos materiales se deterioraron, como fueron los casos donde participan las líneas CML-150, CML-176 de alta calidad de proteína, lo contrario se observó donde intervienen las líneas CML-141 y CML-144 que soportaron el estrés y mantuvieron un valor positivo para la prueba de vigor; el mismo fenómeno se presentó en los materiales de grano normal, donde participan las líneas T-45, LT-155 y B-41 que soportaron el estrés. Para la variable longitud media de plúmula en vigor sucedió algo similar donde participan las líneas CML-144, LT-155 y B-41 que soportaron mejor la prueba de vigor. Cabe señalar que no hubo un equilibrio de valores positivos y negativos en las líneas de calidad de proteína y maíces normales en germinación estándar y vigor. De esta manera, se pudiera mencionar que los materiales de alta calidad de proteína pierden más rápido su vigor y poder de germinación que los maíces normales. Ya que de los cuatro materiales de alta calidad de proteína con signo positivo en la GS, no soportaron el estrés donde participan las líneas (CML-150 y CML-176). En cambio los tres materiales de maíz normal con germinación estándar positivo soportaron el estrés a que fueron sometidos, al mantener el signo positivo en la variable germinación estándar vigor donde participan las líneas T-45, LT-155 y B-41 como se puede apreciar en el Cuadro antes mencionado.



Cuadro 4.18. Efectos de Aptitud combinatoria General (ACG) para las variables fisiológicas en estudio.

No.	LINEA	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	PSPGS	GSV	LMPV	PSPV
1	T-45	2.0250	1.0228	2.4026	7.6750	-0.5078	0.0153
2	T-44	-1.7250	-0.4782	-0.3809	-3.3250	-0.3393	-0.0317
3	LT-155	3.1500	2.1568	1.3490	1.4250	0.1829	-0.0291
4	B-41	0.6500	1.1859	1.8624	0.0500	0.2710	0.0231
5	CLQ-6203	-5.1000	-1.4360	-1.7686	-1.4500	-0.0390	-0.0026
6	CML-141	0.0250	-1.6610	-2.3303	6.8000	0.4141	0.0009
7	CML-142	-2.6000	-0.8557	-1.1506	-1.0750	-0.1793	0.0053
8	CML-144	1.4000	0.7052	-0.0634	3.0500	0.5410	0.0202
9	CML-150	1.2750	-0.3338	0.0475	-10.5750	-0.4618	-0.0369
10	CML-176	0.9000	-0.3060	0.0322	-2.5750	0.1182	0.0355

GS = Geminación estándar. LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.  
 PSPGS = Peso seco de plúmula germinación estándar GSV = Germinación estándar vigor.  
 LMPV = Longitud media de plúmula vigorl. PSPV = Peso seco plúmula vigor.

## Aptitud Combinatoria Específica

### Variables Agronómicas

De los valores estimados de ACE para la variable rendimiento de grano, en las 45 cruzas directas, 24 presentaron valores positivos y 21 valores negativos (Cuadro A3).

En el Cuadro 4.19 se muestran las mejores 10 cruzas con los más altos valores estimados para rendimiento y los dos más bajos para rendimiento, observándose que puede existir un efecto heterótico entre maíces normales y de calidad de proteína; la cruz 1 X 5 (T-45 x CLQ-6203) que tiene una línea de alta calidad de proteína y una línea de grano normal, tuvo el valor estimado positivo más alto con 1.2162 para la variable rendimiento de grano y dos valores negativos estimados para AP, AM, DFM y DFF que son los deseables para obtener híbridos de porte más bajo y con menos días a floración masculina y femenina, además tuvo una buena calificación de planta y mazorca. También las cruzas 3 x 5 (LT-155 x CLQ-6203), 4 x 8 (B-41 x CML-144), y 3 x 7 (LT-155 x CML-142) sobresalieron para rendimiento de grano con valores estimados de ACE de 1.1495, 1.0704 y 1.0162, respectivamente, y corresponden a híbridos donde participa una línea de maíz normal por una línea de alta calidad de proteína,. Además de la cruz 6 x 9 (CML-141 x CML-150) tuvo un valor positivo estimado de 1.1787 para la variable rendimiento, de dos líneas de alta calidad de proteína. Las medias de las características agronómicas de la segunda evaluación se presentan en el Cuadro A11.

De las 45 cruzas, 25 tuvieron valores estimados positivos y 20 negativos (Cuadro A4).

Cuadro 4.19. Efectos genéticos de ACE de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola primavera verano 2003/03.

No.	CRUZA	REND. Ton/ha	AP m	AM m	DFM Días	DFF Días	CP Escala	CM Escala
1	1 x 5	<b>1.2162</b>	0.1975	0.0944	-1.0972	-0.9815	0.2755	0.2801
2	6 x 9	<b>1.1787</b>	0.0245	0.0257	-0.7639	-0.6898	0.2963	0.5718
3	3 x 5	<b>1.1495</b>	0.1475	0.2215	0.1111	0.2269	0.0255	0.4884
4	4 x 8	<b>1.0704</b>	0.2391	0.1111	0.2778	-0.1065	0.0255	0.3009
5	3 x 7	<b>1.0162</b>	0.0558	-0.0681	-2.0556	-2.2315	0.3588	0.1759
6	2 x 8	0.7995	0.1079	0.0069	-0.8056	-1.1898	0.1296	0.0301
7	4 x 7	0.6704	-0.0525	-0.0951	-1.1389	-0.3565	0.1088	0.4676
8	2 x 9	0.6454	0.2058	0.0257	-0.1389	0.1019	0.0463	-0.3241
9	2 x 10	0.6370	-0.0317	-0.0410	-0.1389	-0.0648	-0.2454	0.1343
10	5 x 7	0.5704	-0.0171	0.0715	-0.3056	-0.5231	0.2130	0.1134
.....								
44	5 x 8	-1.2296	-0.0755	-0.2056	0.4444	0.3935	-0.2037	-0.2199
45	2 x 3	-1.4880	-0.1525	-0.0993	1.1944	0.9769	-0.3079	-0.2616

REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca  
\* Escala visual 1 al 10

## Variabes Fisiológicas

En el Cuadro 4.20 se presentan las mejores 10 cruzas simples en base a la germinación estándar y vigor, como las variables de mayor importancia para determinar el vigor de cada híbrido. Es importante señalar que se identificaron materiales que tuvieron una buena germinación y al ser sometidos a una prueba de vigor, la siguieron mostrando tal es el caso de las cruzas 4 x 6 (B-41 x CLM-141), 2 x 6 (T-44 x CML-141), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203) y 1 x 7 (T-45 x CML-142) con valores estimados de ACE de 8.9722, 6.3472, 0.5972 y

0.2222, respectivamente. Estas cruzas que soportaron la prueba de envejecimiento acelerado, se formaron por una línea de grano normal y una línea de alta calidad de proteína, lo que hace suponer que este puede ser un patrón heterótico para este tipo de estrés, por lo que podríamos en un futuro, tener este tipo de maíces con mayor longevidad en almacén, si se comparan con los que se disponen actualmente; sin embargo la craza formada por dos líneas de grano de alta calidad de proteína, como la 7 x 10 (CML-142 x CML-176), tuvo un valor estimado más alto en GSV con 20.4722 y la craza formada por dos líneas de grano normal, 1 x 2 (T-45 x T-44), también tuvo un valor estimado alto con 8.4722. Las medias de las características fisiológicas se presentan en el Cuadro A 12.

Cuadro 4.20. Efectos de ACE para las variables fisiológicas de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas

No.	CRUZA	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
		GS %	LMPI cm	PSPGS %	GSV %	LMPV cm	PSPV mvg
1	5 x 8	<b>8.0556</b>	2.0810	1.0499	-0.7778	1.2372	0.0504
2	1 x 5	<b>6.4306</b>	-0.3840	0.0314	0.5972	-0.0215	-0.0309
3	2 x 6	<b>6.0556</b>	-0.9306	-0.0269	<b>6.3472</b>	0.5114	0.0279
4	7 x 9	<b>5.6806</b>	1.2397	0.9508	-3.5278	0.3578	0.0260
5	4 x 6	<b>3.6806</b>	2.8653	0.6343	<b>8.9722</b>	-0.4584	-0.0242
6	1 x 2	3.0556	2.4807	1.9507	<b>8.4722</b>	-0.6562	-0.0125
7	6 x 9	3.0556	0.4650	0.6250	0.5972	0.6294	0.0214
8	7 x 10	3.0556	-0.1781	0.8414	<b>20.4722</b>	0.5553	0.1343
9	1 x 7	2.9306	0.7082	-1.4356	0.2222	-0.1112	-0.0040
10	6 x 7	2.9306	0.7494	0.9348	-9.9028	0.8044	0.0289
.....							
44	5 x 9	-5.8194	-0.5550	-0.8575	-1.1528	0.4175	0.0448
45	6 x 8	-6.0694	0.0160	-0.0147	5.9722	2.2666	0.1532

GS = Germinación estándar . LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar. PSPGS = Peso seco de plúmula germinación estándar GSV = Germinación estándar vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco plúmula vigor.

## Variables Agronómicas por Tipo de Cruza

En el Cuadro 4.21 se aprecia que el promedio de los maíces de calidad de proteína se ubicaron por abajo en rendimiento de grano con respecto a los maíces de grano normal; sin embargo, al cruzarlos con un material normal su rendimiento aumentó, siendo significativamente similar a los materiales de grano normal x normal, así como mejoran algunas de las características agronómicas como la calificación de planta y mazorca, siendo las otras características similares como son (AP, AM, DFM, DFF). Desechando la idea de que los maíces de alta calidad de proteína tienen rendimientos similares a los maíces de grano normal, como lo menciona Vasal (1994) que el rendimiento de grano de materiales de alta calidad de proteína estuvo al mismo nivel de rendimiento de grano que los cultivares normales, pero reteniendo una mayor calidad de las proteínas.

Cuadro 4.21. Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola P.V. 02/02

TIPO CRUZA	REND.	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
6 N*N	5.85 a	2.46 a	1.02 a	52.95 b	53.83 b	8.08 ab	8.42 a
24 N*QPM	6.13 a	2.67 a	1.10 a	53.85 b	54.88 b	8.15 a	8.62 a
15QPM*QPM	4.88 b	2.64 a	1.12 a	55.33 a	56.51 a	7.64 b	8.27 a

Letras iguales no existen diferencias significativas al 0.01 y 0.05.  
 REND. = rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca  
 DFM = Días a floración masculina DFF = Días a floración femenina  
 CP = Calificación de planta  
 CM = Calificación de mazorca

## Variables Fisiológicas

En el Cuadro 4.22 se observan las características fisiológicas, donde los maíces de grano normal superan significativamente a todas las variables de los maíces de alta calidad de proteína y algunas variables de grano normal por alta calidad de proteína, en las características fisiológicas como (LMPGS PSPGS, LMPV y PSPV). En GS los materiales N\*N y N\*QPM fueron estadísticamente iguales y en la variable vigor (GSV) fueron significativos, sobre todo porque esta variable nos representa el vigor de los materiales.

Cuadro 4.22. Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM, en laboratorio CCDTS de la UAAAN.

TIPO CRUZA	Germinación estándar			Envejecimiento acelerado		
	GS %	LMPGS cm	PSPGS gr	GSV %	LMPV cm	PSPV gr
6N*N	97.83 a	10.82 a	0.930 a	89.17 a	5.24 a	0.2740 ab
24NQPM	95.50 ab	9.04 b	0.544 b	82.13 b	4.76 b	0.2566 a
15QPM*QPM	94.33 b	7.52 c	0.427 c	82.47 b	4.71 b	0.2380 b

Letras iguales no existen diferencias significativas al 0.01 y 0.05.

GSV = Germinación estándar vigor. LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

PSPGS = peso seco plúmula germinación estándar GSV = germinación estándar

LMPV = Longitud media de plúmula vigor PSPV = Peso seco plúmula vigor.

## Heredabilidad

La heredabilidad para las características agronómicas fue relativamente media, a excepción de altura de planta y mazorca con una heredabilidad alta; por el contrario, para todas las variables fisiológicas se tuvo

una baja heredabilidad, con excepción de las variables LMPGS y PSPGS tuvieron una heredabilidad alta, lo que indica que una parte porcentual de la varianza fenotípica es atribuible a los efectos aditivos de los genes de la población (Cuadro 4.23). Según Chávez (1993) señala que la heredabilidad es una característica que puede ser cualquier fracción de cero a uno, no estando bien definido lo que se entiende por alta heredabilidad, pero en general son aceptables los siguientes valores: Alta heredabilidad mayor de 0.5, heredabilidad media de 0.2 a 0.5 y baja heredabilidad menos de 0.2, dependiendo del carácter en estudio.

Cuadro 4.23. Componentes de varianza de variables agronómicas y fisiológicas

<b>Variables</b>	<b>V<sub>a</sub></b>	<b>V<sub>d</sub></b>	<b>ESV<sub>a</sub></b>	<b>ESV<sub>d</sub></b>	<b>h<sup>2</sup></b>
REND	0.6542	0.2539	0.3414	0.1409	<b>0.3521</b>
AP	171.4506	13.8570	72.1520	18.3115	<b>0.9251</b>
AM	151.4330	37.1212	89.3741	38.3578	<b>0.8030</b>
DFM	1.3892	0.2307	0.6651	0.1694	<b>0.4725</b>
DFF	1.3394	0.0011	0.6489	0.1979	<b>0.3837</b>
CP	0.0453	0.0022	0.0225	0.0079	<b>0.3294</b>
CM	0.1116	0.0357	0.0549	0.0162	<b>0.4513</b>
GS	7.8619	11.0450	5.2668	4.0375	<b>0.1825</b>
LMPGS	2.5911	1.5351	1.2914	0.3992	<b>0.5207</b>
PSPGS	0.0391	0.0292	0.0201	0.0072	<b>0.5145</b>
GSV	26.2579	93.6000	24.5705	27.23.70	<b>0.1247</b>
LMPV	0.0088	0.8768	0.1291	0.2417	<b>0.0057</b>
PSPV	-0.0003	0.0052	0.0006	.0014	<b>0.0000</b>

V<sub>a</sub> , V<sub>d</sub> = Valores estimados de varianza aditiva y dominancia      h<sup>2</sup> = Valores estimados de heredabilidad  
 ESV<sub>a</sub> = Valores estimados de errores estándar de varianza aditiva y dominancia

#### 4.2.8. Valores de Lisina y Triptofano

En el Cuadro 4.24 se muestra el promedio de los maíces cruzados N x N, N x Q y Q x Q, donde se puede observar los valores mas altos de lisina y triptofano en maíces cruzados Q x Q después Q x N y por último los maíces N x N. Para ampliar la información se puede observar en el Cuadro A8 del apéndice, todos los valores de lisina y triptófano obtenidos a través del análisis, donde los maíces Q x Q presentan valores de lisina de 0.278 hasta 0.320 por mg aa/100mg de harina del endospermo y de triptófano de 0.053 a 0.081 por mg aa/100mg de harina del endospermo, siendo las cruza que más sobresalieron en calidad de proteína CML-144 x CLQ-6203, CML-141 x CML-144 y CML-144 x CML-150, con valores de 0.320, 0.314, y 0.307, respectivamente. Estos resultados concuerdan con Habben *et al.*, (1994) que obtuvo valores de lisina del endospermo similares de 0.21 por mg aa/100mg de harina del endospermo para maíces normales y de 0.37 por mg aa/100mg de harina del endospermo en maíces de alta calidad de proteína.

Por otra parte, los maíces normal x normal tienen valores de lisina de 0.221 hasta 0.254 por mg aa/100mg de harina del endospermo y de triptófano de 0.029 hasta 0.040 por mg aa/100mg de harina del endospermo, lo que indica que se encuentran en el rango de maíces de grano normal; los maíces normal x QPM arrojaron valores de lisina de 0.221 hasta 0.286 por mg aa/100mg de harina del endospermo y de triptófano de 0.032 hasta 0.055 por mg aa/100mg de harina del endospermo. Lo cual puede considerarse como de maíces de



grano normal, sin embargo, tuvieron valores ligeramente más altos que los puramente normales.

4.24. Cuadro. Valores promedios de lisina y triptófano de maíces NN, NQ y QQ

Tipo de cruza	Triptofano	Lisina
6 N*N	0.037	0.232
24 N*Q	0.042	0.249
14 Q*Q	0.064	0.294

N = normales    Q = Maíces de calidad de proteína

### **Análisis Combinado**

#### **Análisis Combinado del Diseño Genético**

#### **Variables Agronómicas**

En el Cuadro 4.25 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza dialélicos combinados para las variables agronómicas, donde se pueden observar que hubo diferencias ( $P \leq 0.01$ ) entre años para todas las características evaluadas, lo que nos indica que las condiciones climáticas y edáficas para cada año (2002 y 2003) fueron diferentes; también se observaron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) entre híbridos para todas las variables evaluadas, las cuales son atribuibles a la gran diversidad genética que presentan los materiales.

Al desglosar la fuente de variación de híbridos en ACG y ACE, se encontraron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) entre los efectos de ACG y ACE para todas las variables evaluadas, con excepción de la variable DFF para ACE que sólo mostró significancia.

También se encontraron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para la interacción híbridos por años para las variables rendimiento, calificación de planta y mazorca, siendo no significativas las demás variables.

Cuadro 4.25. Cuadrados medios para el análisis de varianza genético combinado para características agronómicas en Iguala, Gro. P.V. 2002/02 y P.V. 2003/03.

F. V.	GL	REND. Ton/ha	AP m	AM m	DFM Días	DFF Días	CP Escala*	CM Escala*
Años	1	23.67**	2.75**	2.19**	1044.30**	1593.84**	1.13**	9.82**
Rep/años	4	1.06	0.09**	0.02	4.82**	5.74*	0.23*	0.39**
Híbridos	44	3.75**	0.14**	0.10**	7.67**	8.28**	0.59**	0.62**
ACG	9	13.15**	0.46**	0.36**	27.59**	27.92**	2.02**	1.98**
ACE	35	1.33**	0.06**	0.03**	2.55**	3.23*	0.22**	0.27**
híbr.*años	44	1.62**	0.03	0.01	1.88	2.24	0.21**	0.27**
ACG*años	9	2.04**	0.04	0.01	3.30 *	2.37	0.53**	0.24*
ACE*años	35	1.52**	0.03	0.01	1.52	2.20	0.13	0.28**
Error	176	0.62	0.02	0.01	1.38	1.85	0.09	0.11
Media		5.38	2.53	1.05	56.19	57.71	8.04	8.28
C.V.		14.67	6.04	10.08	2.09	2.36	3.66	4.08

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error, respectivamente. \* Escala visual del 1 al 10  
 REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
 DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta = Calificación de mazorca

Para la interacción ACG por años existieron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para las variables rendimiento, calificación de planta y mazorca y diferencia ( $P \leq 0.05$ ) para la variable DFM, siendo las demás variables no significativas. La interacción de la aptitud combinatoria general por años revela la importancia de los efectos aditivos en las variables mencionadas, indicando que los efectos de ACG para estas variables cambian de año con año y lo deseable es seleccionar aquellos que tengan mejores efectos de ACG a través de los años.

Para la interacción de ACE por años sólo existieron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para rendimiento y calificación de mazorca, siendo las demás variables no significativas. En cuanto a la interacción ACE por años la significancia para rendimiento y calificación de planta y mazorca nos indica que al menos un híbrido no mantiene su ACE a través de los años.

### **Variables Fisiológicas**

En el Cuadro 4.26 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza de los dialélicos combinados para las variables fisiológicas evaluadas, donde se puede apreciar que para la fuente de variación de años, hubo diferencias ( $P \leq 0.01$ ) para las variables LMPGS, LMPV y PSPV; la variable GSV tuvo una significancia, la variable GS no tuvo significancia, esto es debido a que al realizar la germinación estándar poco después de la cosecha hay una germinación muy alta en los híbridos, indicando que la semilla se

encuentra con una calidad adecuada, lo contrario sucede si la semilla es sometida a una prueba de vigor como es la de envejecimiento acelerado, lo cual refleja diferencias entre híbridos.

Para híbridos se observaron diferencias altamente significativas en todas las variables evaluadas, lo cual es atribuible a la gran diversidad mostrada por estos materiales.

Al desglosar la fuente de variación de híbridos en ACG y ACE, se encontraron diferencias ( $P \leq 0.01$ ) entre los efectos de ACG y ACE para todas las variables evaluadas.

Para la interacción de híbridos por años, todas las variables evaluadas tuvieron diferencias altamente significativas.

Los efectos de la interacción, ACG\*años, mostraron significancia ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables evaluadas indicando que al menos una línea cambió su comportamiento de un año a otro. La interacción, ACE\*años, también mostró que tienen significancia  $P \leq 0.01$  para todas las variables en estudio, lo cual nos indica que al menos un híbrido no mantuvo su ACE a través de los años.

Cuadro 4.26. Cuadrados medios del análisis de varianza genético combinado para características fisiológicas de semillas. Laboratorio de semillas de la UAAAN y UNIGRAS 2003 y 2004.

F. V.	GL	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
Años	1	12.84	64.02 **	298.84 *	524.63 **	1.79 **
Híbridos	44	80.07 **	12.05 **	525.00 **	8.14 **	0.05 **
ACG	9	153.43 **	42.35 **	919.88 **	26.22 **	0.10 **
ACE	35	61.21 **	4.25 **	424.67 **	3.46 **	0.04 **
híbr.*años	44	61.12 **	8.86 **	392.66 **	6.93 **	0.05 **
ACG*años	9	96.23 **	17.61 **	457.79 **	10.38 **	0.07 **
ACE*años	35	52.09 **	6.61 **	375.92 **	6.05 **	0.04 **
Error	270	22.93	0.72	63.14	0.89	0.0026
Media		95.46	8.35	82.27	6.21	0.30
C.V.		5.01	10.13	9.66	15.18	17.13

\*,\*\*=Significativo al 5 y 1% de probabilidad de error, respectivamente.

GS = Germinación estándar

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = Germinación estándar vigor

LMPV = Longitud media de plúmula vigor.

PSPV = Peso seco plúmula vigor.

### **Aptitud Combinatoria General del Análisis Combinado**

#### **Variables Agronómicas**

En el Cuadro 4.27 se presentan los valores estimados de ACG para las variables agronómicas estudiadas, encontrándose para rendimiento de grano, que todos los progenitores de grano normal, tuvieron valores estimados positivos, en los materiales de alta calidad de proteína sucedió lo contrario, ya que cinco materiales se observaron con valores negativos y solamente uno tuvo signo positivo, CML-144. Lo que coincide con Alezones (2003) quien probó

la capacidad combinatoria de cuatro materiales de alta calidad de proteína y ocho de grano normal, siendo la línea CML-144 de alta calidad de proteína la que más sobresalió en la aptitud combinatoria general, así como la línea CML-141.

Por otra parte, si se analizan las otras variables agronómicas, la línea T-44, T-45 y LT-155, de grano normal, presentaron características deseables para el fitomejorador en las variables (AP, AM, DFM, DFF, CP y CM), con excepción B-41. En los materiales de alta calidad de proteína a CML-144 no presentó características deseables, para las mismas variables.

Cuadro 4.27. Efectos de Aptitud Combinatoria General del análisis combinado para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. P-V 2002/02 y 2003/03.

	Línea	REND. Ton/ha	AP m	AM m	DFM Días	DFF Días	CP Escala*	CM Escala*
1	T-45	0.2945	-0.0403	-0.0352	-0.9833	-0.8000	0.1583	0.2958
2	T-44	<b>0.6379</b>	-0.1176	-0.1027	-1.0042	-1.0917	0.2417	0.2542
3	LT-155	<b>0.3286</b>	-0.0070	-0.0162	-1.2125	-1.2375	0.0854	-0.0583
4	B-41	<b>0.4592</b>	0.0132	0.0073	0.6417	0.2208	0.2208	-0.0896
5	CLQ-6203	-0.1639	-0.0570	-0.0398	0.2250	0.1792	0.0646	-0.0063
6	CML-141	-0.4978	0.0520	0.1280	0.1625	0.1583	-0.3625	-0.2354
7	CML-142	-0.2737	0.0938	0.1025	0.7042	0.8458	-0.2479	-0.0687
8	CML-144	<b>0.3382</b>	0.0463	0.0575	0.4958	0.5333	0.0542	0.1500
9	CML-150	-1.0904	-0.1555	-0.1477	0.3708	0.4292	-0.1958	-0.3396
10	CML-176	-0.0327	0.1722	0.0461	0.6000-	0.7625	-0.0187	0.0979

REND. = Rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

\* Escala visual del 1 al 10

**Nota: del No. 1 al 4 son maíces de grano normal y del 5 al 10 son de alta calidad de proteína**

## **Variables Fisiológicas**

Considerando las variables germinación estándar y vigor (Cuadro 4.28), como las de mayor importancia para determinar la calidad de la semilla, y de acuerdo a los efectos de ACG, se identificaron líneas con valores estimados mayores en germinación estándar; como fueron los casos donde participan las líneas, CML-144, CML-150 y CML-176 de alta calidad de proteína y LT-155, T-45, y B-41 para materiales de grano normal; sin embargo, se observó que al ser sometidos, a la prueba de envejecimiento acelerado, algunos materiales fueron más sensibles a la pérdida de vigor, como donde participaron las líneas CML-150, CML-176 de alta calidad de proteína, lo contrario se observó donde intervino la línea CML-144 quien soportó el estrés y mantuvo un valor positivo para la prueba de vigor; el mismo fenómeno se presentó en los materiales de grano normal; cruza donde participaron las líneas T-45 y LT-155 soportaron el estrés. Para longitud media de plúmula en vigor sucedió algo similar donde intervienen las líneas CML-144, LT-155 y T-45 quienes soportaron mejor la prueba de vigor.

Cabe señalar que no hubo un equilibrio de valores positivos y negativos en las líneas de calidad de proteína y maíces normales en GS y GSV. De esta manera, se pudiera mencionar que los materiales de alta calidad de proteína pierden más rápido su vigor y poder de germinación que los maíces normales, ya que de los tres materiales de alta calidad de proteína con signo positivo en la GS, dos de ellos no soportaron el estrés. En el caso de los tres materiales de

maíz normal en GS, las líneas que intervienen T-45 y LT-155 soportaron el estrés a que fueron sometidos, como se puede apreciar en el Cuadro antes mencionado.

Cuadro 4.28. Efectos de Aptitud combinatoria General (ACG) del análisis combinado para las variables fisiológicas en estudio.

	LINEA	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
		GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
1	T-45	<b>0.1125</b>	0.2375	<b>4.8875</b>	-1.0102	-0.0346
2	T-44	-0.8875	0.1218	0.5125	-0.1951	-0.0169
3	LT-155	<b>2.3000</b>	1.5145	<b>3.1375</b>	0.5256	-0.0196
4	B-41	<b>0.9875</b>	1.0287	-0.8625	1.2187	0.0853
5	CLQ-6203	-2.3875	-0.8222	-1.8000	-0.1987	-0.0095
6	CML-141	-0.7000	-0.9352	1.2000	0.3082	0.0360
7	CML-142	-2.2625	-0.7780	-1.0500	-0.4779	-0.0270
8	CML-144	<b>1.1750</b>	0.3393	<b>4.0125</b>	0.4120	0.0276
9	CML-150	<b>1.3000</b>	-0.2771	-8.3625	-0.5779	-0.0079
10	CML-176	<b>0.3625</b>	-0.4294	-1.6750	-0.0048	0.0386

GS = Geminación estándar . LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.  
 GSV = germinación estándar vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor.  
 PSPV = Peso seco plúmula vigor.



## **Aptitud Combinatoria Específica del Análisis Combinado**

### **Variables Agronómicas**

De los valores estimados de ACE para rendimiento de grano, de las 45 cruzas directas, 19 presentaron valores positivos y 26 valores negativos (Cuadro A5).

En el Cuadro 4.29 se muestran las mejores 10 cruzas con los valores mayores estimados y los dos más bajos para rendimiento, observándose que puede existir efectos heteróticos entre maíces normales y de calidad de proteína; ya que en las cruzas siguientes participa una línea de alta calidad de proteína y una de grano normal: 4x8 (B-41 x CML-144), 1x5 (T-45 x CLQ-6203), 2x7 (T-44 x CML-142), 3x5 (LT-155 x CLQ-6203) y 3x10 (LT-155 x CML-176) con valores estimados de ACE de 1.0875, 0.9544, 0.7591, 0.6119 y 0.6090, respectivamente.

Estos materiales presentan valores estimados deseables para las variables AP, AM, DFM y DFF para obtener híbridos de porte más bajo y con menos días a floración masculina y femenina, además tiene una buena calificación de planta y mazorca. También las cruzas formadas por líneas de alta calidad de proteína como son las 6x9 (CML-141 x CML-150 y la 9x10 (CML-150 x CML-176) sobresalieron con valores estimados de ACE 0.6641 y 0.5033, respectivamente. Lo que coincide con Alezones (2003) donde

menciona que las cruzas con las líneas CML-144 y CML-150 fueron las más sobresalientes en un estudio que realizó para aptitud combinatoria de cuatro materiales de alta calidad de proteína y ocho de grano normal para la variable rendimiento de grano. Las medias de las características agronómicas del análisis combinado se presentan en el Cuadro A13.

Cuadro 4.29. Efectos genéticos de ACE del análisis combinado de las cruzas sobresalientes de 45 evaluadas para las variables agronómicas en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola primavera verano 2002/02 y 2003/03.

	CRUZA	REND. Ton/ha	AP M	AM m	DFM Días	DFF Días	CP escala	CM escala
1	4 x 8	<b>1.0875</b>	0.2302	0.1129	0.0069	-0.1319	0.0231	0.2396
2	1 x 5	<b>0.9544</b>	0.1270	0.0527	-0.7639	-0.7569	0.3252	0.2604
3	2 x 7	<b>0.7591</b>	0.1052	0.0679	-0.0556	-0.2986	0.2211	0.1979
4	6 x 9	<b>0.6641</b>	0.0016	0.0009	-0.3889	0.2014	0.1065	0.2917
5	3 x 5	<b>0.6119</b>	0.1987	0.2388	0.1319	0.3472	-0.3519	-0.0521
6	3 x 10	0.6090	-0.0271	0.0096	0.4236	0.2639	0.2315	0.3438
7	9 x 10	0.5033	0.0981	0.0594	-0.9931	-0.9028	0.1794	0.1250
8	2 x 6	0.4962	0.1120	0.0542	-0.0139	0.0556	0.0023	0.1146
9	3 x 8	0.3546	0.0254	0.0415	-0.4722	-0.6736	0.2419	0.3750
10	1 x 9	0.2176	0.0706	-0.0177	0.0903	-0.0069	0.1690	0.0938
.....								
44	7 x 10	-0.5729	0.0554	0.0775	0.3403	0.1806	-0.1852	-0.1458
45	2 x 3	-0.7937	-0.1057	-0.0666	0.5278	0.4514	-0.1956	0.0208

\*, \*\*=Significativo al 5 y 1% de nivel de significancia respectivamente.

\* escala visual del 1 al 10. REND. = rendimiento.

AP = Altura de planta

AM = Altura de mazorca

DFM = Días a floración masculina

DFF = Días a floración femenina

CP = Calificación de planta

CM = Calificación de mazorca

## Variables Fisiológicas

De las 45 cruzas, 23 tuvieron valores estimados positivos y 22 fueron valores negativos (Cuadro A6).

En el Cuadro 4.30 se presentan las mejores 10 cruzas simples tomando a la germinación estándar y vigor como las variables de mayor importancia para determinar el vigor de cada híbrido. Es importante señalar que los materiales que tuvieron una buena germinación, al ser sometidos a un estrés, mostraron resistencia, como son las cruzas 4 x 10 (B-41 x CLM-176), 2 x 6 (T-44 x CML-141), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203) y 4 x 6 (B-41 x CML-141) y 3 x 6 (LT-155 x CML-141), con valores estimados de ACE de 16.2708, 8.0208, 7.6456, 4.3958 y 2.8958, en GSV respectivamente. Estas cruzas soportaron la prueba de envejecimiento acelerado y están formadas por una línea de grano normal y una línea de alta calidad de proteína, la combinación de líneas de grano normal por calidad de proteína fueron resistentes al estrés, por lo que podríamos en un futuro tener este tipo de maíces con mayor longevidad en almacén comparados con los que se tienen actualmente. Lo que coincide con Alezones (2003) quien realizó un estudio con cuatro materiales de alta calidad de proteína y ocho de grano normal y obtuvo cruzas de este tipo como son: CML-144 x L20-2#1, CML-144 x P21-104 y CML-150 x L20-2#1 para rendimiento de grano. Además tres cruzas formadas por líneas de grano de alta calidad de proteína la 7 x 10 (CML-142 x CML-176), 5 x 8 (CLQ-6203 x CML-144) y 6 x 9 (CML-141 x CML-150) con valores estimados de 7.9583,

4.5208 y 2.3958, para GSV respectivamente y una cruce formada por dos líneas de grano normal como es la 2 x 3 (T-44 x LT-155) con un valor estimado de 5.5833, para la misma variable. Las medias de las características fisiológicas del análisis combinado se presentan en el Cuadro A14.

Cuadro 4.30. Efectos de ACE del análisis combinado para las cruces sobresalientes en características fisiológicas de 45 evaluadas.

No.	CRUZA	GS %	LMPGS cm	GSV %	LMPV cm	PSPV mvg
1	2 x 6	<b>6.1319</b>	0.1653	<b>8.0208</b>	0.5626	0.0265
2	5 x 8	<b>4.2569</b>	1.1798	<b>4.5208</b>	0.1700	0.0506
3	1 x 5	<b>3.3194</b>	0.1342	<b>7.6456</b>	0.7334	0.0458
4	1 x 8	<b>3.2569</b>	0.9751	-5.6667	-0.4735	-0.0932
5	6 x 9	<b>2.9444</b>	0.0504	<b>2.3958</b>	0.3617	0.0390
6	4 x 6	<b>2.7569</b>	1.8484	<b>4.3958</b>	-0.1349	-0.0748
7	7 x 10	<b>2.4444</b>	-0.2819	<b>7.9583</b>	0.5209	0.0657
8	3 x 6	<b>2.4444</b>	0.9564	<b>2.8958</b>	-0.7767	-0.0018
9	4 x 10	<b>2.1944</b>	0.4176	<b>16.2708</b>	0.7181	0.1178
10	2 x 3	<b>2.1320</b>	1.2431	<b>5.5833</b>	0.9828	0.0945
.....						
44	2 x 10	-3.9305	0.2130	-20.1042	-0.2257	-0.1079
45	6 x 8	-7.4306	-0.9385	1.0208	1.0481	0.0393

GS = Germinación estándar .

GSV = Germinación estándar vigor.

PSPV = Peso seco plúmula vigor.

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

LMPV = Longitud media de plúmula vigor.

## Variables Agronómicas por Tipo de Cruza

En el Cuadro 4.31 se aprecia que los promedios de los maíces de calidad de proteína se encuentran significativamente por abajo en rendimiento de los promedios de los maíces de grano normal y de los maíces de grano normal por maíces de alta calidad de proteína, estos últimos mejoran algunas de las características agronómicas como la CP, CM, AP, AM, DFM y DFF, incluyendo el rendimiento de grano que es estadísticamente igual al promedio de los maíces de grano normal, desechando la idea de que los maíces de alta calidad de proteína tienen rendimientos y características similares a los maíces de grano normal, como lo mencionan Villegas, Vasal y Bjarnason (1992) que muchos de los defectos asociados con el gen  $O_2$  fueron reducidos o eliminados, el rendimiento también mejoró y estuvo al mismo nivel de los cultivares normales, pero reteniendo una mayor calidad de las proteínas. También Magnavaca *et al.*, (1993) encontraron resultados similares del rendimiento de maíz de alta calidad de proteínas comparable al del maíz normal.

Cuadro 4.31. Promedio de características agronómicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM en la localidad de Iguala, Gro. ciclo agrícola P.V. 2002/02 y 2003.

Tipo cruza	REND.	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
6 N*N	5.91 a	2.38 b	0.95 b	55.08 b	56.50 b	8.25 a	8.38 a
24 N*QPM	5.68 a	2.55 a	1.05 a	55.89 b	57.33 b	8.16 a	8.37 a
15 QPM*QPM	4.67 b	2.55 a	1.09 a	57.11 a	58.78 a	7.74 b	8.11 b

Letras iguales no existen diferencias significativas al 0.01 y 0.05.

REND. = rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

## Variables Fisiológicas

En el Cuadro 4.32 se observan las características fisiológicas, donde los maíces normal por normal y normal por alta calidad de proteína superan significativamente a los de alta calidad de proteína en las variables GS y GSV, estos últimos, mejoran significativamente sus características fisiológicas como LMPV y PSPV al ser cruzados con un maíz normal y se encuentran con valores similares a los maíces de grano normal y sólo LMPGS es diferente significativamente

Cuadro 4.32. Promedio de características fisiológicas de híbridos de grano normal x normal, normal x QPM y QPM x QPM del análisis combinado en laboratorio CCDTS de la UAAAN.

Tipo de cruza	Germinación estándar		Envejecimiento acelerado		
	GS %	LMPGS cm	GSV %	LMPV cm	PSPV gr
6N*N	96.25 a	9.61 a	86.75 a	6.41 a	0.3125 a
24N*QPM	95.89 a	8.68 b	82.54 ab	6.29 a	0.2959 a
15QPM*QPM	91.43 b	7.30 c	79.93 b	6.01 a	0.2961 a

Letras iguales no existen diferencias significativas al 0.01 y 0.05.

GSV = Germinación estándar vigor. LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = Germinación estándar en vigor LMPV = Longitud media de plúmula en vigor

PSPV = Peso seco plúmula en vigor.

## Heredabilidad en Base al Análisis Combinado

La heredabilidad en base al análisis combinado para todas las características agronómicas fue alta, por el contrario, para todas las variables

fisiológicas se tuvo una baja heredabilidad, con excepción de la longitud media de plúmula germinación estándar 0.5624 y longitud media de plúmula para vigor 0.5648 que fue relativamente alta (Cuadro 4.33). El tipo de acción génica aditiva fue la que predominó en los caracteres agronómicos y fisiológicos estudiados. Lo que coincide con Barla-Szabo, *et al.*, (1990), al realizar un dialélico para vigor de maíz, reportan que los efectos aditivos fueron más importantes que los no aditivos, con presencia de efectos epistáticos. Así como con Bdliya y Burris (1988) quienes realizaron un análisis dialélico en el cultivo de maíz para determinar ACG y ACE para carácter de resistencia al secado de la semilla y concluyeron que los efectos aditivos y maternos son más importante que los no aditivos para el secado de la semilla, considerando que este proceso afecta el vigor de la semilla.

En el análisis combinado se encontraron valores negativos en las estimaciones de las varianzas no aditivas ( $V_d$ ) en las variables Rend., CM, LMPGS, LMPV y PSPV lo cual repercute en valores incorrectos de  $h^2$ . En este caso particular solo hubo varianzas aditivas con valores negativos, por lo cual, el cálculo de la heredabilidad en sentido estricto no fue afectado. Sin embargo, Márquez (1988) menciona que el componente de varianza con signo negativo, para efectos de estimación matemática tiene un valor de cero.

Cuadro 4.33. Componentes de varianza del análisis combinado de variables agronómicas y fisiológicas

Variables	$V_a$	$V_d$	$EEV_a$	$EEV_d$	$h^2$
REND	0.4707	-0.0305	0.2371	0.0782	<b>0.7530</b>
AP	0.0164	0.0047	0.0082	0.0025	<b>0.7033</b>
AM	0.0137	0.0033	0.0064	0.0013	<b>0.8258</b>
DFM	0.9690	0.1718	0.4943	0.1150	<b>0.7579</b>
DFF	1.0216	0.1716	0.4991	0.1517	<b>0.7400</b>
CP	0.0580	0.0149	0.0371	0.0098	<b>0.5942</b>
CM	0.0733	-0.0026	0.0356	0.0150	<b>0.7133</b>
GS	2.0032	1.5206	3.2737	3.1144	<b>0.1501</b>
LMPGS	1.1291	-0.3925	0.8134	0.3046	<b>0.5624</b>
GSV	17.2222	8.1259	18.9189	21.9766	<b>0.1965</b>
LMPV	0.7662	-0.4259	0.5027	0.2705	<b>0.5648</b>
PSPV	0.0011	-0.0003	0.0022	0.0021	<b>0.1362</b>

$V_a$ ,  $V_d$  = Valores estimados de varianza aditiva y dominancia  $h^2$  = Valores estimados de heredabilidad  
 ES  $V_a$ ,  $ESV_d$  = Valores estimados de errores estándar de varianza aditiva y dominancia.



## RESUMEN

La asociación entre caracteres agronómicos de campo e indicadores de calidad fisiológica de semillas en laboratorio y sus componentes genéticos son factores importantes para ampliar la caracterización del germoplasma en un programa de mejoramiento. Así, los objetivos en esta investigación ç fueron analizar los efectos de aptitud combinatoria general y específica y explorar el tipo de acción génica de algunos caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de la semilla de maíz. El trabajo se realizó en dos ciclos de siembra; para el primer ciclo de evaluación en ambas etapas fueron catorce líneas endogámicas de maíz, siete genotipos de grano normal del INIFAP y siete materiales de alto contenido proteico generados en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Para el segundo ciclo de evaluación solamente se evaluaron 10 de las 14 líneas, cuatro de grano normal y seis maíces de alta calidad de proteína. Se realizaron análisis dialélicos individuales para cada experimento y un análisis combinado con los 10 materiales coincidentes. Se analizaron las variables agronómicas: Días floración a masculina y femenina (DFM y DFF), altura de planta y mazorca (AP y AM), calificación de planta y mazorca (CP y CM), así como el rendimiento de grano (REND). La calidad fisiológica fue determinada por la germinación estándar

(GS) y germinación estándar de vigor (GSV), longitud media de plúmula (LMPGS y LMPV) y peso seco de plúmula (PSPGS y PSPV) para germinación estándar y vigor. Los resultados en la primera evaluación mostraron diferencias altamente significativas, así como para los efectos de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE) en todas las variables en estudio, con excepción de germinación estándar vigor que fue significativa. En el segundo experimento todas las variables fisiológicas fueron ( $P \leq 0.01$ ) para ACG y ACE, así como para las variables agronómicas de ACG y dos variables de ACE (CP y CM) y significativa para la variable rendimiento, las demás variables no fueron significativas. En el análisis combinado se detectó ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables en estudio, tanto para características agronómicas y fisiológicas. Se identificaron las líneas TL-155, B-41, T-45 y CML-144 como las mejores para ACG, tanto en las variables agronómicas como fisiológicas. Para la ACE en el análisis combinado se identificaron como las cruzas: 4 x 8 (B-41 x CML-144), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203) y 2 x 7 (T-44 x CML-142) como las más sobresalientes con los mayores valores estimados de ACE para rendimiento de grano 1.0875, 0.9544 y 0.7591 respectivamente y las cruzas 4 x 10 (B-41 x CML-176) y 2 x 6 (T-44 x CML-141) como las más sobresalientes con los valores más altos estimados de ACE en el vigor de 16.2708 y 8.020, coincidiendo algunas cruzas con los análisis individuales. Finalmente, se puede decir que los maíces de grano normal x normal tuvieron mayor rendimiento de grano que los maíces de alta calidad de proteína, éstos mejoraron su rendimiento significativamente al cruzarse con un maíz normal. Para el análisis combinado, todas las variables agronómicas y dos de las variables fisiológicas tuvieron una heredabilidad alta;

para germinación estándar y vigor la heredabilidad fue baja. El análisis combinado mostró que el tipo de acción génica aditiva fue la que predominó en los caracteres agronómicos y fisiológicos estudiados, así como para todas las variables en los análisis individuales.

## **CONCLUSIONES.**

En el análisis combinado el tipo de acción que predominó fue la aditiva en todos los caracteres agronómicos y fisiológicos.

Se identificaron los mejores híbridos con los valores mas altos de ACE para la variable rendimiento de grano como son: 4 x 8 (B-41 x CML-144), 1 x 5 (T-45 x CLQ-6203) y 2 x 7 (T-44 x CML-142) y para la variable GSV los híbridos 4 x 10 (B-41 x CML-176) y 2 x 6 (T-44 x CML-141).

Se identificaron las mejores líneas con valores más altos de ACG para la variable rendimiento como son: T-44, B-41, CML-144 y LT-155 y para la variable GSV las líneas T-45, CML-144 y LT-155.

Los cruzamientos N x N y N x QPM fueron mejores estadísticamente que los maíces QPM x QPM para la mayoría de las características agronómicas y fisiológicas.

Para el análisis combinado todas las variables agronómicas tienen una heredabilidad alta por arriba de 0.50 y dos de las variables fisiológicas LMPGS

y LMPV; para las variables GS, GSV y PSPV la heredabilidad fue baja de 0.15, 0.19 y .14 respectivamente.

Se corrobora que los maíces de alta calidad de proteína tienen mejores cantidades de lisina y triptófano que los maíces de grano normal x normal y normal x QPM.

## LITERATURA CITADA

- Agrawal, P. K., R. B. Patil, M. Dadlani and D. Singh. 1980. effect of relative humidity and temperature on germination of seed of two F1 sorghum hybrids and their parents during storage. *Journal of seed technology*. 6 (3):31-37.
- Ahenkora, K. , S. Twumasi-Afriyie, Y. K. Sallah, P., and K.. Obeng-Antwi, 2000. Protein nutritional quality and consumer acceptability of tropical Ghanaian quality protein maize. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(3):354-360.
- Alezones, J. 2003. General combining ability estimation in a factorial cross between four QPM and eight conventional white corn lines. *Fundación para la investigación Agrícola Danac. San Felipe, Edo. Yaracuy, Venezuela. Investigación agrícola* 8 (1) : 1: 10.
- Anderson, J. D. 1970. Physiological and biochemical difference in deteriorating barley seed. *Crop. Sci.* 10 (1) : 36-39. USA.
- Antuna, G. O., F. Rincón S., E. Gutierrez R., N. A. Ruíz T. y L. Bustamante G. 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 26 (1) : 11-17
- AOSA. 1983. Seed vigour testing handbook. Contribution N°. 32. EUA. Pág. 10.
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Sci.* 18 (4) : 533-536
- Barla-Szabo, G., J. Bocsi., B. Dolinka and M. Odiemah. 1990. Diallel analysis of seed vigour in maize. *Seed Sci. Tech.* 18 (3) : 721-729.
- Bdliya P.M. and J.S. Burris. 1988. Diallel analysis of tolerance of drying injury in seed corn. *Crop Sci.* 28 (6) : 935-938.
- Bjarnason, A. J. And S. Vasal K . 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breed.* 9 : 181-216.

- Bertolini, N. B., A. M. Verderio, P. Bonardi, and C. Lorenzoni. 2002. Quality protein improvement in maize opaque-2 lines. *Tecnica Molitoria*. 52 (8) : 806-813.
- Bernal, L. I. 1981. Aspectos bioquímicos de la germinación y el deterioro. Departamento de Bioquímica Vegetal. Facultad de Química de la UNAM. México. 16pp.
- Brauer, H. O. 1983. Fitogenética aplicada. 4ta. Reimpresión. Edit. Limusa, S.A. Mexico. 371p.
- Bustamante, G., L. A. 1995. Pruebas de vigor en semillas y sus aplicaciones. VIII curso de actualización en tecnología de semilla. Taller de calidad de semillas. UAAAN – CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Castro G. M. 1974. Rendimiento y heterosis en cruces internacionales en México. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados de Chapingo. México. 83 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Elementos esenciales para el éxito de un programa de semillas. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiovisual sobre el mismo tema. Cali, Colombia. 79 p.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, (CIMMYT). 1994. Manual para la producción de semillas de maíz. Semana de la Semilla de Maíz de CIMMYT. El Batán, 31 mayo al 4 junio. 179 p.
- Chávez, A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de planta alógamas. Editorial trillas. México, D.F. 143 p.
- Chávez, A. J. L. 1993. Mejoramiento de plantas. Editorial trillas. México, D.F. 136 p.
- Córdova, O. H., S. Velázquez R., F. Poey and G. Soto. 1980. Heterosis del rendimiento y aptitud combinatoria de líneas y familias completos de maíz. Memorias de XXVI Reunión Anual de PCCMCA. Marzo 24-28. Guatemala. 1-15 p.
- De la Cruz, L. E., S. A. Rodríguez H., M. Estrada B., J. D. Mendoza P. y N. P. Brito M. 2005. Análisis Dialélico de líneas de maíz QPM para características agronómicas. Universidad y Ciencia. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 21 (41) : 19-26.
- Delouche J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science. and Technology*. 1 (2) : 427-452.

- Delouche, H. H. 1986, Physiological seed quality. Short course for seedsmen. Mississippi State University. Vol. 27: 51-59 USA.
- Delouche, J. C. 1985. Nuevos caminos en la investigación sobre tecnología de semillas. Memorias Tecnológicas de Semillas. CIAT. Colombia. 39 p.
- Díaz, C. F. D. 2001. Seed News. la revista internacional de las semillas. Universidad Federal de. Brasil. e-mail dcdias@mail.ufv.br. Verificado el 20 de enero del 2006.
- Dickson, H. M. 1980. Genetic aspects of seed quality. Hortscience. 15 (6) :771-773. USA.
- FAO 2002. El perfil del maíz. Base de datos de producción mundial y comercio internacional del maíz. <http://apps.fao.org/faostal>. Verificada el 25 de octubre del 2005.
- Fornos, M. 2003. Programas de recursos genéticos Nicaragüenses. Departamento de producción vegetal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 129 p.
- Garay, E. A. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores. CIAT. Mayo 15 – junio 23. Cali, Colombia. p. 2-11.
- Garcia, A. A. F. and L. C. Souza Jr, 2002. Phenotypic recurrent selection to improve protein quality in non-opaque maize populations. Ciencia Agrícola. 59 (4) : 743-748
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Grifing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9 (4) : 463-493.
- Guía para la Asistencia Técnica del CEIGUA. 1995. Instituto Nacional de Investigaciones forestales y Agropecuarias. Secretaría de agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Iguala, Gro. México. p. 15-23.
- Gupta, D. and S. L. Basak. 1983. Genetics of germination and seedling growth of flax (*Linum usitatissimum*). Seed Sci. Tech. 11(2) : 251-256.
- Gupta, H. O. 2003. Effect of pericarp on protein quality in maize. Journal of Food Science and Technology (Mysore) 40 (1) : 80-83.



- Hallauer, A. R. and B. Miranda J. 1986. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press. Second printing. 469 p.
- Hampton J.G. 2001. New Zealand Seed Technology Institute. Lincoln University Canterbury-New Zealand. e-mail [hamptonj@lincoln.acnz](mailto:hamptonj@lincoln.acnz). Verificado el 20 de enero del 2006.
- International Seed Testing Association (ISTA) 2004. International Rules for Seed Testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland. 700p
- Jugenheirmer R.W. 1985. El Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivos y producción de semillas. Universidad de Hlinois USA. 4ta edición. ed. Limusa, México. PP.117-122.
- Krieg, D. R. and S. N. Bartee. 1975. Cotton seed density. Associated germination and seedling emergence properties. Agron. Jour. 67(3):343-347.
- Luchsinger, L. A. y A. Violic M. 1972. Capacidad combinatoria y específica para rendimiento y sus componentes de 10 líneas de maíz (*Zea mays* L.), Fitotecnia Latinoamericana 8 : 36 – 48.
- Magnavaca, R., C. Oliveira A., R. Morais A., E. Gama E. and D. Santos M. 1989. Family hybrid selection of quality protein maize. Maydica 34 (1) 63-71.
- Márquez, S. F. 1988. Genotecnia Vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial ADGETA. México, D. F. 563 p.
- Martínez G. A. 1975. Diseños y análisis de experimentos de cruza dialélicos. Centro de estadística y calculo. Colegio de postgraduados. México. 255 p.
- Martínez, M.V. 1989. Efecto de las características físicas sobre la calidad de las semillas de maíz. Tesis de licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- McDonald, M. B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts. 65: 109-139.
- Molina, M. J., A. Estrada J., M. Livera M. y V. A. González H. 1990. Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas de México Sociedad Mexicana de Citogenética. Chapingo, México. 364 p.

- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 2da. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 383 pp.
- Moreno, M. E., R. Morones R. y L. Gutiérrez, R 1978. Diferencias entre líneas, cruza simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. Turrialba 28 (3) : 233-237.
- Moreno, M. E. 1996, Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición. Instituto de Biología. UNAM. México. D.F. 393 p.
- Muñoz, A. G y F. Poey 1983. Variabilidad de los descriptores en arroz. Su expresión, medida e interacción. Trabajo presentado en la IV Reunión anual de semilla. PCCMCA. Panama. Abril. 5-8. 7p
- Perez, F. J. 1995. Pruebas en sanidad de semillas de soya. VII curso de actualización en tecnología de semilla. UAAAN – CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 41p.
- Perretti A. 1994. Manual para análisis de semillas. Primera edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281. p.
- Perry D.A. 1972. Seed vigor and field establishment. Hort. Abstrac 42: 334-342.
- Pixley, K. V. , S. M. Bjarnason. 2002. Stability of grain yield, endosperm modification, and protein quality of hybrid and open-pollinated quality protein maize (QPM) cultivars. Crop Science 42 (6) : 1882-1890
- Poehlman, J. M. and S. Allen. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial LIMUSA, S.A. Segunda Edición. México, D.F. p. 282-283.
- Potts, H. E. 1977. Semillas, desarrollo, estructura y función. Curso sobre producción de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Roberts, E. H. 1972. Viabiity of seed. Ed. Charman and Hall, Londres, England. 447p.
- Robles, S. R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Editorial LIMUSA. México. D. F. 477p.
- Rojas B. A. and G.F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials III. General and specific. Combining ability and their interaction with locations an years. Agron. Journal. 44 (9) : 462-466.
- SAS Institute. 1999. SAS Language and procedure. Usage. Version 8. ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C.

- Serrato, C. V. M. 1995. Manual de procedimiento de control de calidad, en el campo en la producción de semilla de Maíz. UAAAN. Vol. 4. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Sprague G.F and L. A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. 34 (10) : 923-932.
- United States Department of Agriculture (USDA) 1986. Semillas. Editorial CECSA. 201-213 p.
- Vasal, S. K. 2002. Quality protein maize: overcoming the hurdles. *Journal of Crop Production*. 6 (1) : 193-227.
- Vasal, S. K. 1994. High quality protein corn. In. A.R. Hallauer (ed.) *Specialty corns*, Boca Ratón, FL, USA, P.79-121. CRC Press.
- Vázquez, B. M. E., S. A. Rodríguez H., E. Moreno M. y G.Srinivasam. 1996. Estimación de los efectos genéticos en seis poblaciones de maíz para evaluar vigor y sanidad de semillas. Premio Nacional de Investigación "Cesar Garza". Asociación Mexicana de Semilleros. Puerto Vallarta, México. 22. P.
- Villa, L. G. 1982. Recomendaciones para el secamiento y almacenamiento de la semilla producida por el agricultor. Memoria de la reunión de trabajo, sobre semilla mejorada para el pequeño agricultor CIAT. Cali, Colombia. Pág.. 25-28.
- Villanueva, V. C., F. Castillo G. y J. D. Molina G. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruza. *Rev. Fitotec. Mex*. 17 (2) : 175-185.
- Villegas, E. 1972. Maíces de alta calidad nutricional. Memoria del simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. México, D.F. pp. 13-19.
- Villegas, E., S. Vasal K. and M. Bjarnason. 1992. Quality protein maize – what is it and how was it developed. In. E. T. Mertz, ed. *Quality protein maize*. St Paul, MN, USA. The American Association of Cereal Chemists. P. 27-48.
- Villegas, E., E. Ortega y R. Bauer. 1985. Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de proteína de los cereales. Laboratorio de calidad de proteínas. Centro Internacional de Mejoramiento de maíz y trigo. México. 32 p.

- Woodstock,, L. W. 1973. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Science and. Technology* . 1 (1) : 127-157.
- XingMing , F., T.Jing., H. BiHua., and L. Feng. 2001a, Analysis of combining ability and heterotic groups of yellow grain quality protein maize inbreds. *Hereditas (Beijing)*, 23 (6) : 547-552.
- XingMing , F., Jing, T. , Bihua , H. y Feng, L. 2001b. Analysis of combining ability of yield and heterotic patterns in yellow-grained maize inbreds. *Journal of Southwest Agricultural University*. 23 (6) : 498-502.
- Zarkadas, C. G 1997. Assessment of the protein quality of native white floury maize, designated IAPO-13, by amino acid analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45 (4) : 1062-1069.

# APÉNDICE

Cuadro A1. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria específica para siete variables agronómicas de 91 cruzas. Evaluadas en la localidad de Iguala, Gro. P:V. 2002/02.

CRUZA	REND.	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
S12	0.0085	-0.1171	-0.038	1.363	2.761	-0.284	-0.132
S13	0.4438	0.1076	0.084	-0.609	-0.017	0.021	0.145
S14	-0.5776	-0.0546	-0.050	1.030	0.177	0.035	-0.007
S15	0.4494	-0.0363	0.033	-0.276	-0.850	0.119	-0.188
S16	-0.2773	-0.0715	-0.069	-0.053	0.038	0.174	0.145
S17	-0.2971	0.0085	-0.012	-1.998	-2.156	-0.298	-0.452
S18	-0.5328	-0.1029	-0.040	-0.637	-1.045	-0.104	0.395
S19	-0.0926	0.1590	0.100	0.974	0.511	-0.006	0.201
S110	-0.7509	-0.1146	-0.077	0.780	0.538	0.063	-0.369
S111	0.3314	0.1365	0.004	0.947	0.816	0.035	-0.035
S112	0.3371	0.0226	0.000	-0.776	-0.712	-0.159	-0.021
S113	0.0275	-0.0318	0.009	-0.748	-0.100	0.063	0.020
S23	-0.0459	-0.0468	-0.031	-0.220	0.038	-0.034	0.284
S24	0.6737	-0.0190	0.066	-0.248	-0.434	-0.020	0.131
S25	0.3967	0.2460	0.159	-0.220	-0.462	-0.104	0.118
S26	0.6511	0.0107	0.003	-0.331	-0.573	-0.048	-0.049
S27	0.0479	-0.0893	0.003	0.058	-0.434	-0.020	0.020
S28	0.4159	0.1560	0.093	0.419	0.344	0.007	0.034
S29	0.8821	0.1079	0.042	-0.303	-0.434	0.271	0.173
S210	-0.8173	-0.1657	-0.125	-0.831	-1.073	0.174	-0.063
S211	-0.3959	0.1087	-0.024	0.335	0.205	0.146	-0.063
S212	-0.8206	-0.0785	-0.091	1.280	1.011	0.119	-0.382
S213	-0.6998	-0.0696	-0.042	-0.359	-0.045	-0.159	-0.174
S34	0.1790	0.0357	-0.036	0.447	0.122	0.285	-0.091
S35	-1.7710	-0.1526	-0.110	1.141	0.761	-0.131	-0.271
S36	-0.0130	-0.0513	0.008	0.030	-0.350	0.091	0.062
S37	-0.1144	-0.0579	-0.065	-0.248	-0.212	-0.048	0.298
S38	-0.4304	-0.0026	-0.016	1.113	0.900	-0.020	-0.188
S39	0.3550	0.1326	0.103	-1.276	-0.878	-0.423	-0.549
S310	0.5584	0.0657	0.037	-0.137	-0.517	0.313	0.381
S311	-0.2483	0.0168	0.031	0.697	1.427	-0.215	-0.285
S312	0.9954	-0.0138	0.020	0.308	-0.100	0.257	0.395
S313	0.7122	-0.0049	0.006	0.002	-0.156	-0.020	0.104
S45	-0.9181	-0.1749	-0.110	-0.887	-0.712	0.049	-0.257
S46	-0.8077	-0.0368	-0.009	-0.665	-0.156	-0.062	0.243
S47	0.2972	-0.1435	-0.039	0.058	0.650	-0.201	-0.021
S48	0.2728	0.0518	0.084	-0.248	-0.573	-0.006	-0.174
S49	-0.3827	-0.0496	-0.057	0.030	0.650	-0.243	-0.369

Cuadro A1. Continuación .....

<b>CRUZA</b>	<b>REND.</b>	<b>AP</b>	<b>AM</b>	<b>DFM</b>	<b>DFF</b>	<b>CP</b>	<b>CM</b>
S410	1.3933	0.2201	0.110	-0.165	-0.323	0.160	0.229
S411	-0.0090	0.0012	0.004	-0.665	-0.378	-0.034	0.395
S412	0.4397	0.1274	0.024	0.613	0.427	-0.062	0.076
S413	-0.4776	-0.0704	-0.031	0.308	0.372	-0.173	-0.382
S56	-0.2007	-0.1018	-0.073	-0.303	-0.184	0.021	-0.271
S57	0.2888	0.0149	-0.016	0.085	0.622	0.049	-0.035
S58	-0.2402	-0.0799	-0.100	-0.220	-0.267	0.077	0.145
S59	0.7783	0.0354	0.043	-0.276	-0.712	0.007	0.284
S510	-0.6530	0.1185	0.059	1.530	1.316	-0.423	-0.119
S511	0.6750	0.0229	0.030	-0.637	-0.739	0.049	0.381
S512	-0.0107	-0.0476	0.000	-0.026	0.400	0.188	0.062
S513	0.2638	0.1512	0.065	1.669	2.344	0.077	0.270
S67	-0.0988	0.0262	-0.001	1.641	1.177	0.105	0.131
S68	0.2095	0.0182	-0.009	-0.331	-0.045	0.299	0.145
S69	-0.8244	0.0201	0.010	0.613	0.844	0.063	-0.216
S610	-0.1790	0.1265	0.140	0.419	1.205	-0.368	-0.452
S611	0.9313	-0.0957	0.018	-0.081	-0.184	0.271	0.381
S612	0.1497	0.1571	0.054	-0.470	-0.378	-0.090	-0.105
S613	0.1901	-0.0274	-0.087	-0.109	-0.767	-0.368	-0.230
S78	0.9760	0.0815	0.051	0.058	0.427	-0.006	-0.119
S79	0.5428	-0.1765	-0.140	-1.331	-1.350	0.257	0.187
S710	0.0439	0.1032	0.037	-0.192	-0.323	0.160	0.451
S711	-1.4568	-0.1590	-0.012	1.641	1.622	-0.368	-0.549
S712	0.0942	0.1004	0.061	-0.748	-0.573	0.271	0.298
S713	1.1857	0.2660	0.163	-0.387	-0.628	0.327	0.340
S89	-0.3569	0.0754	0.000	0.363	-0.239	-0.215	0.034
S810	-0.0558	-0.0415	-0.017	-0.498	-0.545	0.021	-0.035
S811	-0.0575	-0.0004	-0.022	0.002	1.066	-0.173	-0.035
S812	-0.2318	-0.1043	-0.016	-0.387	-0.462	-0.034	0.312
S813	0.5463	0.0079	0.026	-0.692	-0.850	0.188	0.187
S910	0.3990	-0.1263	-0.058	0.780	1.344	-0.048	-0.063
S911	-0.2327	-0.1685	-0.146	-1.053	-2.045	0.257	0.104
S912	-0.2793	0.0676	0.060	0.224	0.427	-0.270	-0.049
S913	-0.1649	0.0399	0.085	0.585	0.038	0.285	0.326
S1011	-0.2980	-0.0754	-0.016	0.419	0.316	-0.006	-0.466
S1012	-1.0340	-0.0560	-0.037	0.030	0.122	-0.201	-0.285
S1013	0.0228	0.0129	-0.022	-1.942	-1.600	-0.145	0.090
S1112	0.4937	0.1618	0.107	-1.137	-1.267	0.105	0.215
S1113	-0.3468	-0.0360	-0.031	-0.442	-0.323	0.160	-0.244
S114	0.9308	0.0946	0.055	0.002	0.038	0.341	0.298

Cuadro A1. Continuación .....

<b>CRUZA</b>	<b>REND.</b>	<b>AP</b>	<b>AM</b>	<b>DFM</b>	<b>DFF</b>	<b>CP</b>	<b>CM</b>
S214	-0.2966	-0.0432	-0.016	-0.942	-0.906	-0.048	0.104
S314	-0.6209	-0.0285	-0.031	-1.248	-1.017	-0.076	-0.285
S414	-0.0830	0.1126	0.042	0.391	0.177	0.271	0.229
S514	0.9417	0.0043	0.018	-1.581	-1.517	0.021	-0.119
S614	0.2693	0.0257	0.012	-0.359	-0.628	-0.090	0.215
S714	-1.5094	0.0257	-0.031	1.363	1.177	-0.229	-0.549
S814	-0.5151	-0.0590	-0.035	1.058	1.288	-0.034	-0.702
S914	-0.6237	-0.1171	-0.042	0.669	1.844	0.063	-0.063
S1014	1.3707	-0.0674	-0.032	-0.192	-0.462	0.299	0.701
S1114	0.6134	0.0871	0.055	-0.026	-0.517	-0.229	0.201
S1213	-0.4578	-0.2699	-0.165	1.169	1.150	-0.034	-0.396
S1214	0.3244	-0.0668	-0.018	-0.081	-0.045	-0.090	-0.119
S1314	-0.8015	0.0321	0.024	0.947	0.566	-0.201	0.090

REND. = Rendimiento, AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina

DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca



Cuadro A2. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria específica para cinco variables fisiológicas de 91 cruza. Evaluadas en el laboratorio de análisis de semillas de la UAAAN y en UNGRAS-UNAM 2003.

<b>CRUZA</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>GSV</b>	<b>PSPV</b>	<b>LMPV</b>
S12	2.154	-1.925	11.256	0.140	0.991
S13	1.571	0.399	-3.077	0.013	0.186
S14	2.904	-0.676	-5.910	-0.134	-1.517
S15	5.654	0.174	5.256	0.005	0.004
S16	6.987	1.256	-34.077	-0.114	-1.612
S17	0.654	-0.868	-18.744	-0.142	-0.993
S18	6.987	0.870	-5.077	0.032	0.085
S19	1.904	0.294	7.840	-0.070	-0.718
S110	8.737	2.098	-1.077	-0.074	-0.015
S111	0.904	0.071	5.756	-0.135	-0.893
S112	5.821	0.104	13.840	0.263	1.581
S113	-48.929	-2.944	0.840	0.057	0.847
S23	3.904	0.894	8.256	0.151	1.271
S24	1.237	0.562	10.423	0.004	-1.296
S25	4.987	0.937	10.590	-0.152	-2.078
S26	-29.679	-2.303	-16.744	-0.028	1.286
S27	3.987	0.038	-8.410	-0.069	-0.550
S28	6.321	1.186	8.256	0.047	0.731
S29	3.237	1.198	4.173	-0.026	-0.777
S210	1.071	0.381	-11.744	-0.002	-0.122
S211	-1.763	-0.138	0.090	0.034	0.841
S212	-2.846	-0.573	-6.827	-0.013	1.314
S213	8.404	0.521	-4.827	-0.095	-0.432
S34	-2.346	-0.757	-8.910	-0.133	-1.076
S35	-2.596	-0.053	-16.744	-0.062	-1.093
S36	3.737	-0.040	0.923	-0.017	0.056
S37	-8.596	-2.419	9.256	-0.009	0.103
S38	2.737	1.566	-6.077	0.024	-0.684
S39	-0.346	-0.417	5.840	0.054	1.651
S310	-0.513	-1.468	4.923	0.045	0.598
S311	-0.346	-0.015	-3.244	0.000	-1.049
S312	1.571	1.260	4.840	-0.013	0.729
S313	3.821	0.557	9.840	-0.039	-0.550
S45	-3.263	0.643	-0.577	-0.117	-0.893
S46	-0.929	0.805	5.090	-0.098	-0.204
S47	1.737	-0.606	-2.577	-0.126	-0.602

Cuadro A2. Continuación.....

<b>CRUZA</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>GSV</b>	<b>PSPV</b>	<b>LMPV</b>
S48	0.071	0.422	-3.910	-0.111	0.431
S49	-4.013	-0.756	-13.994	-0.146	-1.424
S410	-4.179	-0.438	12.090	0.241	1.361
S411	-0.013	0.070	4.923	0.315	2.383
S412	1.904	-0.350	18.006	0.239	1.319
S413	5.154	1.027	-2.994	0.051	-1.070
S56	-0.179	-1.675	0.256	0.074	3.455
S57	-3.513	0.074	-9.410	0.187	3.074
S58	0.821	0.571	-3.744	0.112	1.002
S59	-3.263	0.393	11.173	0.315	1.812
S510	1.571	-0.013	-3.744	-0.079	-1.508
S511	-4.263	0.007	-1.910	-0.097	-1.213
S512	-1.346	0.207	10.173	-0.091	-0.807
S513	4.904	-0.440	-1.827	-0.101	-2.444
S67	3.821	0.316	-0.744	-0.069	-0.280
S68	4.154	0.477	22.923	-0.027	-0.594
S69	4.071	0.864	0.840	0.050	-0.967
S610	-0.096	0.194	-6.077	0.005	-0.235
S611	2.071	-0.127	8.756	0.060	-0.057
S612	-1.013	0.538	0.840	0.017	-0.659
S613	3.237	-0.180	4.840	0.103	0.777
S78	2.821	0.890	13.256	0.013	-0.828
S79	2.737	1.302	7.173	0.100	1.562
S710	-0.429	0.908	2.256	0.035	-0.785
S711	-0.263	0.034	2.090	-0.002	0.269
S712	-2.346	-0.156	-5.827	-0.056	-1.280
S713	6.904	0.838	14.173	0.183	0.957
S89	-2.929	-1.405	-8.160	0.006	-0.027
S810	-11.096	-2.227	-8.077	-0.096	-0.047
S811	1.071	-0.549	-0.244	0.045	0.025
S812	-9.013	-1.966	-6.160	-0.016	-0.659
S813	0.237	-0.291	-3.160	-0.011	0.005
S910	1.821	-0.533	6.840	-0.040	0.557
S911	-3.013	-0.817	-3.327	-0.099	-0.738
S912	0.904	-0.829	-9.244	-0.061	-0.062
S913	0.154	0.335	-4.244	-0.058	0.077
S1011	-1.179	0.744	-6.244	0.017	1.077
S1012	-1.263	-0.138	-11.160	-0.154	-1.284
S1013	5.987	0.174	9.840	0.038	0.730

Cuadro A2. Continuación .....

<b>CRUZA</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>GSV</b>	<b>PSPV</b>	<b>LMPV</b>
S1112	0.904	0.447	-0.327	-0.047	-0.694
S1113	5.154	0.152	-4.327	-0.039	0.740
S114	4.654	1.149	23.173	0.160	2.052
S214	-1.013	-0.778	-4.494	0.009	-1.180
S314	-2.596	0.492	-5.827	-0.013	-0.143
S414	1.737	0.055	-11.660	0.015	2.587
S514	0.487	-0.825	0.506	0.006	0.689
S614	3.821	-0.125	13.173	0.045	-0.965
S714	-7.513	-0.349	-2.494	-0.047	-0.646
S814	-2.179	0.456	0.173	-0.018	0.560
S914	-1.263	0.371	-4.910	-0.024	-0.946
S1014	-0.429	0.319	12.173	0.065	-0.328
S1114	0.737	0.120	-1.994	-0.053	-0.691
S1213	4.071	1.297	-4.244	-0.007	0.926
S1214	2.654	0.160	-3.910	-0.061	-0.425
S1314	0.904	-1.045	-13.910	-0.083	-0.564

GS = Geminación estándar .

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = germinación estándar vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco de plúmula para vigor.

Cuadro A3. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria específica para siete variables Agronómicas de 45 cruzas. Evaluadas en la localidad de Iguala, Gro. P:V. 2003/03.

CRUZA	REND	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
S12	-0.755	-0.053	0.024	-0.014	0.102	-0.225	-0.137
S13	-0.605	-0.080	-0.028	-0.181	-0.356	-0.245	-0.324
S14	-0.250	-0.055	-0.006	-0.597	-0.481	0.005	-0.199
S15	1.216	0.197	0.094	-1.097	-0.981	0.275	0.280
S16	0.545	-0.034	-0.043	1.028	0.977	0.025	0.093
S17	-0.384	-0.011	0.005	1.736	1.894	-0.225	-0.032
S18	0.183	0.131	-0.006	-0.847	-0.856	0.359	-0.199
S19	0.095	0.045	-0.037	-0.514	-0.565	0.275	0.280
S23	-1.488	-0.153	-0.010	1.194	0.977	-0.308	-0.262
S24	-0.500	-0.194	0.024	-0.222	0.185	-0.391	0.030
S25	0.000	0.025	0.024	0.278	0.019	0.213	0.176
S26	0.295	0.043	0.003	-0.264	-0.023	-0.037	0.155
S27	0.366	0.049	0.034	0.111	-0.106	0.213	0.197
S28	0.800	0.108	0.007	-0.806	-1.190	0.130	0.030
S29	0.645	0.206	0.026	-0.139	0.102	0.046	-0.324
S34	-0.217	-0.071	-0.095	1.278	1.060	-0.245	-0.491
S35	1.150	0.147	0.221	0.111	0.227	0.025	0.488
S36	-0.688	0.099	-0.049	0.569	0.852	0.109	-0.032
S37	1.016	0.056	-0.068	-2.056	-2.231	0.359	0.176
S38	0.350	-0.036	0.038	-0.972	-0.981	0.275	0.343
S39	0.129	0.045	0.057	-0.306	-0.023	-0.141	-0.178
S45	0.037	0.156	0.044	-0.306	-0.231	0.109	-0.220
S46	-0.367	-0.025	-0.043	0.153	0.060	0.025	0.259
S47	0.670	-0.052	-0.095	-1.139	-0.356	0.109	0.468
S48	1.070	0.239	0.111	0.278	-0.106	0.025	0.301
S49	-0.484	0.020	0.097	0.611	-0.148	0.275	-0.220
S56	-0.567	-0.157	0.040	0.319	0.227	-0.204	-0.428
S57	0.570	-0.017	0.071	-0.306	-0.523	0.213	0.113
S58	-1.230	-0.075	-0.205	0.444	0.394	-0.204	-0.220
S59	-1.084	-0.211	-0.220	0.444	0.352	-0.454	-0.074
S67	0.100	0.035	0.017	-0.514	-0.898	0.130	-0.407
S68	0.066	-0.107	0.024	-0.097	0.352	0.046	0.093
S69	1.179	0.024	0.026	-0.764	-0.690	0.296	0.572
S78	-0.863	-0.100	-0.028	0.944	1.269	-0.370	-0.199
S79	-0.417	0.031	0.007	0.944	1.227	-0.287	-0.053
S110	-0.046	-0.142	-0.003	0.486	0.269	-0.245	0.238
S210	0.637	-0.032	-0.041	-0.139	-0.065	0.359	0.134

Cuadro A3 Continuación .....

<b>CRUZA</b>	<b>REND</b>	<b>AP</b>	<b>AM</b>	<b>DFM</b>	<b>DFF</b>	<b>CP</b>	<b>CM</b>
S310	0.354	-0.009	0.024	0.361	0.477	0.171	0.280
S410	0.041	-0.017	-0.037	-0.056	0.019	0.088	0.072
S510	-0.092	-0.065	-0.070	0.111	0.519	0.025	-0.116
S610	-0.563	0.120	0.026	-0.431	-0.856	-0.391	-0.303
S710	-1.059	0.010	0.057	0.278	-0.273	-0.141	-0.262
S89	-0.584	-0.227	0.030	0.694	0.477	-0.204	-0.053
S810	0.208	0.068	0.030	0.361	0.644	-0.058	-0.095
S910	0.520	0.066	0.015	-0.972	-0.731	0.192	0.051

REND. = rendimiento AP = Altura de planta AM = Altura de mazorca DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina CP = Calificación de planta CM = Calificación de mazorca

Cuadro A4. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria general para seis variables fisiológicas de 45 cruzas. Evaluadas en el laboratorio de análisis de semillas de la UAAAN y en UNIGRAS-UNAM 2003.

<b>CRUZA</b>	<b>GSV</b>	<b>LMPV</b>	<b>PSPV</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>PSPGS</b>
S12	8.472	-0.656	-0.012	3.056	2.481	195.067
S13	3.722	0.797	0.093	-1.819	-0.912	186.551
S14	2.097	2.028	0.148	-0.319	0.619	661.489
S15	0.597	-0.022	-0.031	6.431	-0.384	3.135
S16	-13.653	-1.810	-0.125	-9.694	-2.747	-306.468
S17	0.222	-0.111	-0.004	2.931	0.708	-143.561
S18	-4.903	-0.642	-0.098	0.931	0.022	-156.233
S19	4.722	0.104	-0.003	-0.944	0.329	-104.343
S23	4.722	0.946	0.086	1.931	1.967	70.751
S24	-9.903	-1.177	-0.054	-2.569	-2.762	-251.786
S25	-1.403	1.300	0.053	-2.819	2.194	128.435
S26	6.347	0.514	0.028	6.056	-0.931	-2.693
S27	5.222	0.715	0.038	-5.319	-1.021	-31.186
S28	6.097	0.473	0.033	2.681	-1.252	12.242
S29	11.722	-0.645	-0.018	0.806	-0.718	-17.668
S34	9.347	0.675	0.086	0.556	-0.772	-189.502
S35	3.847	-0.580	-0.013	2.306	-1.353	-72.430
S36	7.597	-0.788	-0.032	1.181	0.414	66.442
S37	2.472	0.223	-0.077	2.806	0.459	-0.877
S38	-16.653	-1.587	-0.103	-2.194	-0.534	-45.424
S39	-7.028	0.238	0.011	-3.069	0.335	-15.308
S45	-6.778	-1.358	-0.107	-3.194	-0.332	-173.168
S46	8.972	-0.458	-0.024	3.681	2.865	63.429
S47	-16.153	-0.597	-0.094	-4.694	-1.040	-117.490
S48	-8.278	0.447	-0.011	2.306	0.599	-89.611
S49	6.347	-0.095	0.017	2.431	0.078	-22.671
S56	-4.528	-0.991	-0.044	-2.569	-1.090	30.151
S57	1.347	-0.880	-0.021	-1.944	-0.001	68.557
S58	-0.778	1.237	0.050	8.056	2.081	104.985
S59	-1.153	0.418	0.045	-5.819	-0.555	-85.749
S67	-9.903	0.804	0.029	2.931	0.749	93.479
S68	5.972	2.267	0.153	-6.069	0.016	-1.468
S69	0.597	0.629	0.021	3.056	0.465	62.498
S78	-0.153	-1.067	-0.031	-5.444	-0.917	-48.136
S79	-3.528	0.358	0.026	5.681	1.240	95.079
S110	-1.278	0.311	0.032	-0.569	-0.117	-335.636

Cuadro A4. Continuación.....

<b>CRUZA</b>	<b>GSV</b>	<b>LMPV</b>	<b>PSPV</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>PSPGS</b>
S210	-31.278	-1.470	-0.154	-3.819	0.042	-103.161
S310	-8.028	0.076	-0.051	-1.694	0.397	-0.202
S410	14.347	0.535	0.040	1.806	0.745	119.310
S510	8.847	0.875	0.068	-0.444	-0.560	-3.918
S610	-1.403	-0.168	-0.005	1.431	0.257	-5.371
S710	20.472	0.555	0.134	3.056	-0.178	84.135
S89	4.347	-0.710	-0.014	-1.319	-0.301	33.482
S810	14.347	-0.417	0.021	1.056	0.286	190.164
S910	-16.028	-0.297	-0.085	-0.819	-0.872	54.679

GS = Geminación estándar .

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = germinación estándar vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco de plúmula para vigor.

PSPGS = Peso seco de plúmula germinación estándar.

Cuadro A5. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria específica para siete variables agronómicas de 45 cruzas posibles, en el análisis combinado. Evaluadas en la localidad de Iguala, Gro. P:V. 2002/02 y 2003/03..

CRUZA	REND	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
S12	-0.332	-0.082	-0.001	0.465	1.181	-0.269	-0.167
S13	-0.138	-0.006	0.015	-0.493	-0.340	-0.112	-0.104
S14	-0.517	-0.085	-0.041	-0.014	-0.299	0.002	-0.156
S15	0.954	0.127	0.053	-0.764	-0.757	0.325	0.260
S16	0.116	-0.70	-0.045	-0.035	-0.236	0.002	0.240
S17	-0.134	0.086	0.072	1.257	1.076	-0.112	0.073
S18	-0.315	0.027	-0.029	-0.201	-0.278	0.169	-0.313
S19	0.218	0.070	-0.018	0.090	-0.007	0.169	0.094
S23	-0.794	-0.106	-0.067	0.528	0.451	-0.196	0.021
S24	0.015	-0.122	0.041	-0.326	-0.174	-0.248	0.052
S25	-0.237	-0.014	-0.008	-0.410	-0.632	0.075	0.135
S26	0.496	0.112	0.054	-0.014	0.056	0.002	0.115
S27	0.759	0.105	0.068	-0.056	-0.299	0.221	0.198
S28	-0.009	0.004	-0.037	-0.847	-1.153	0.086	-0.021
S29	0.160	0.151	0.010	0.111	0.118	0.086	-0.198
S34	-0.190	-0.056	-0.087	0.882	0.639	-0.008	-0.302
S35	0.612	0.199	0.239	0.132	0.347	-0.352	-0.052
S36	-0.517	0.038	-0.044	0.861	0.868	0.075	-0.073
S37	0.187	-0.069	-0.143	-2.181	-2.319	0.294	0.010
S38	0.355	0.025	0.041	-0.472	-0.674	0.242	0.375
S39	-0.124	0.002	0.035	0.319	0.764	-0.175	-0.219
S45	-0.255	0.097	0.012	-0.056	-0.111	0.179	-0.021
S46	-0.050	-0.007	0.007	-0.160	-0.257	0.023	0.042
S47	0.135	-0.057	-0.065	-0.535	0.222	-0.091	0.042
S48	1.087	0.230	0.113	0.007	-0.132	0.023	0.240
S49	-0.355	-0.028	0.040	-0.035	-0.194	0.106	0.063
S56	-0.561	-0.117	-0.019	0.590	0.618	-0.071	-0.542
S57	-0.052	-0.062	0.017	0.215	0.597	0.148	0.042
S58	-0.090	-0.060	-0.125	0.090	-0.090	0.013	0.240
S59	-0.360	-0.089	-0.101	0.215	-0.153	-0.321	0.063
S67	0.075	0.077	0.029	-0.056	-0.549	-0.008	-0.146
S68	0.073	-0.045	0.016	-0.347	-0.069	0.023	0.052
S69	0.664	0.002	0.001	-0.389	0.201	0.106	0.292
S78	-0.170	-0.070	-0.007	0.944	1.410	-0.258	-0.115
S79	-0.227	-0.065	-0.047	0.069	-0.319	-0.008	0.042
S110	0.148	-0.067	-0.006	-0.306	-0.340	-0.175	0.073



Cuadro A5 Continuación.....

<b>CRUZA</b>	<b>REND</b>	<b>AP</b>	<b>AM</b>	<b>DFM</b>	<b>DFF</b>	<b>CP</b>	<b>CM</b>
S210	-0.058	-0.048	-0.061	0.549	0.451	0.242	-0.135
S310	0.609	-0.027	0.010	0.424	0.264	0.231	0.344
S410	0.130	0.029	-0.021	0.236	0.306	0.013	0.042
S510	-0.011	-0.080	-0.067	-0.014	0.181	0.002	-0.125
S610	-0.296	0.010	0.001	-0.451	-0.632	-0.154	0.021
S710	-0.573	0.055	0.077	0.340	0.181	-0.185	-0.146
S89	-0.478	-0.141	0.021	0.611	0.493	-0.144	-0.260
S810	-0.452	0.029	0.007	0.215	0.493	-0.154	-0.198
S910	0.503	0.098	0.059	-0.993	-0.903	0.179	0.125

REND. = Rendimiento, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca, DFM = Días a floración masculina  
DFF = Días a floración femenina, CP = Calificación de planta, CM = Calificación de mazorca

Cuadro A6. Índices estimados para los efectos de aptitud combinatoria específica para seis variables fisiológicas de 45 cruzas del análisis combinado evaluadas en el laboratorio de análisis de semillas de la UAAAN y en UNIGRAS-UNAM 2003.

<b>CRUZA</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>GSV</b>	<b>LMPV</b>	<b>PSPV</b>
S12	-0.181	0.064	5.833	0.024	0.035
S13	-2.368	-0.543	-2.292	0.367	0.038
S14	-0.556	-0.076	-4.792	0.051	-0.018
S15	3.319	0.134	7.646	0.733	0.046
S16	-2.868	-0.999	-10.354	-0.921	-0.048
S17	0.694	0.456	3.396	-0.136	-0.012
S18	3.257	0.975	-5.667	-0.473	-0.093
S19	-1.868	0.040	2.708	-0.444	-0.081
S23	2.132	1.243	5.583	0.983	0.094
S24	-1.056	-1.049	-0.917	-1.443	-0.059
S25	-2.681	0.559	-5.479	-0.223	0.003
S26	6.132	0.165	8.021	0.563	0.027
S27	-1.306	0.142	5.771	0.246	0.022
S28	1.757	-0.422	-3.792	0.029	-0.001
S29	-0.868	-0.489	5.083	0.047	-0.013
S34	-0.743	-0.785	0.458	-0.396	-0.045
S35	0.132	-1.149	7.896	0.623	0.029
S36	2.444	0.956	2.896	-0.777	-0.002
S37	1.007	0.500	-3.354	-0.014	-0.039
S38	-0.931	-1.059	-5.417	-0.622	-0.032
S39	-1.556	0.027	-4.542	-0.437	-0.002
S45	-0.556	-0.121	-10.604	0.271	-0.071
S46	2.757	1.848	4.396	-0.135	-0.075
S47	-3.681	-0.678	-12.854	-0.795	-0.100
S48	-0.118	0.261	2.083	0.696	0.102
S49	1.757	0.180	5.958	1.032	0.148
S56	-1.868	-0.313	-1.667	-0.414	-0.033
S57	-1.306	0.205	-0.917	-0.774	0.003
S58	4.257	1.180	4.521	0.170	0.051
S59	-2.368	-0.313	-2.604	-0.325	-0.016
S67	1.007	-0.121	-4.917	0.750	0.061
S68	-7.431	-0.938	1.021	1.048	0.039
S69	2.944	0.050	2.396	0.362	0.039
S78	-0.868	-0.542	5.771	0.020	0.002
S79	2.007	0.319	-0.854	0.182	-0.004
S110	0.569	-0.052	3.521	0.799	0.132

Cuadro 6A. Continuación .....

<b>CRUZA</b>	<b>GS</b>	<b>LMPGS</b>	<b>GSV</b>	<b>LMPV</b>	<b>PSPV</b>
S210	-3.931	-0.213	-20.104	-0.226	-0.108
S310	-0.118	0.809	-1.229	0.274	-0.043
S410	2.194	0.418	16.271	0.718	0.118
S510	1.069	-0.181	1.208	-0.061	-0.012
S610	-3.118	-0.648	-1.792	-0.476	-0.008
S710	2.444	-0.282	7.958	0.521	0.066
S89	-0.431	0.290	-0.417	0.132	0.002
S810	0.507	0.256	1.896	-1.000	-0.070
S910	0.382	-0.105	-7.729	-0.549	-0.074

GS = Geminación estándar .

LMPGS = Longitud media de plúmula germinación estándar.

GSV = germinación estándar vigor. LMPV = Longitud media de plúmula vigor. PSPV = Peso seco de plúmula para vigor.

Cuadro A7. Cantidad de triptófano y lisina en híbridos de grano normal x normal (NN), normal x QPM (N\*Q) y QPM x QPM (Q\*Q) Ciclo agrícola 2002/02.

TRATAMIENTO	GENEALOGÍA	TRIPTOFANO	LISINA
1 NN	T-45 x T-44	0.042	0.233
2 NN	T-45 x LT-155	0.041	0.268
3 NN	T-45 x B-41	0.045	0.256
4 NN	T-45 x Y-902314	0.039	0.183
5 NN	T-45 x T-37	0.035	0.184
6 NN	T-45 x LT-154	0.042	0.250
7 NQ	T-45 x CML-141	0.036	0.198
8 NQ	T-45 x CML-142	0.057	0.263
9 NQ	T-45 x CML-144	0.041	0.245
10 NQ	T-45 x CML-150	0.040	0.242
11 NQ	T-45 x CML-176	0.035	0.235
12 NQ	T-45 x CML-177	0.033	0.223
13 NQ	T-45 x CLQ-6203	0.030	0.216
14 NN	T-44 x LT-155	0.029	0.219
15 NN	T-44 x B-41	0.027	0.223
16 NN	T-44 x Y-902314	0.033	0.201
17 NN	T-44 x T-37	0.033	0.226
18 NN	T-44 x LT-154	0.041	0.235
19 NQ	T-44 x CML-141	0.035	0.214
20 NQ	T-44 x CML-142	0.046	0.244
21 NQ	T-44 x CML-144	0.042	0.181
22 NQ	T-44 x CML-150	0.052	0.163
23 NQ	T-44 x CML-176	0.051	0.192
24 NQ	T-44 x CML-177	0.047	0.211
25 NQ	T-44 x CLQ-6203	0.053	0.272
26 NN	LT-155 x B-41	0.044	0.244
27 NN	LT-155 x Y-902314	0.046	0.186
28 NN	LT-155 x T-37	0.044	0.196
29 NN	LT-155 x LT-154	0.047	0.248
30 NQ	LT-155 x CML-141	0.044	0.213
31 NQ	LT-155 x CML-142	0.062	0.201
32 NQ	LT-155 x CML-144	0.051	0.181
33 NQ	LT-155 x CML-150	0.047	0.181
34 NQ	LT-155 x CML-176	0.036	0.156
35 NQ	LT-155 x CML-177	0.056	0.211
36 NQ	LT-155 x CLQ-6203	0.056	0.198
37 NN	B-41 x Y-902314	0.040	0.163
38 NN	B-41 x T-37	0.044	0.195
39 NN	B-41 x LT-154	0.042	0.183
40 NQ	B-41 x CML-141	0.038	0.168
41 NQ	B-41 x CML-142	0.049	0.292
42 NQ	B-41 x CML-144	0.036	0.199
43 NQ	B-41 x CML-150	0.047	0.293

Continuación Cuadro A7.....

TRATAMIENTO	GENEALOGÍA	TRIPTOFANO	LISINA
44 NQ	B-41 x CML-176	0.046	0.325
45 NQ	B-41 x CML-177	0.046	0.268
50 NQ	Y-902314 x CML-142	0.050	0.289
51 NQ	Y-902314 x CML-144	0.048	0.213
52 NQ	Y-902314 x CML-150	0.045	0.195
53 NQ	Y-902314 x CML-176	0.036	0.204
54 NQ	Y-902314 x CML-177	0.041	0.217
55NQ	Y-902314 x CLQ-6203	0.050	0.204
56 NN	T-37 x LT-154	0.046	0.222
57 NQ	T-37 x CML-141	0.039	0.213
58 NQ	T-37 x CML-142	0.045	0.225
59 NQ	T-37 x CML-144	0.041	0.228
60 NQ	T-37 x CML-150	0.040	0.187
61 NQ	T-37 x CML-176	0.044	0.248
62 NQ	T-37 x CML-177	0.058	0.298
63 NQ	T-37 x CLQ-6203	0.042	0.204
64 NQ	LT-154 x CML-141	0.042	0.192
65 NQ	LT-154 x CML-142	0.048	0.248
66 NQ	LT-154 x CML-144	0.045	0.204
67 NQ	LT-154 x CML-150	0.045	0.230
68 NQ	LT-154 x CML-176	0.045	0.230
69 NQ	LT-154 x CML-177	0.036	0.250
70 NQ	LT-154 x CLQ-6203	0.047	0.205
71 QQ	CML-141 x CML-142	0.064	0.305
72 QQ	CML-141 x CML-144	0.071	0.313
73 QQ	CML-141 x CML-150	0.058	0.232
74 QQ	CML-141 x CML-176	0.075	0.281
75 QQ	CML-141 x CML-177	0.063	0.284
76 QQ	CML-141 x CLQ-6203	0.057	0.313
77 QQ	CML-142 x CML-144	0.062	0.254
78 QQ	CML-142 x CML-150	0.060	0.287
79 QQ	CML-142 x CML-176	0.064	0.254
80 QQ	CML-142 x CML-177	0.071	0.327
81 QQ	CML-142 x CLQ-6203	0.056	0.298
82 QQ	CML-144 x CML-150	0.063	0.322
83 QQ	CML-144 x CML-176	0.045	0.229
84 QQ	CML-144 x CML-177	0.064	0.289
85 QQ	CML-144 x CLQ-6203	0.068	0.326
86 QQ	CML-150 x CML-176	0.056	0.229
87 QQ	CML-150 x CML-177	0.058	0.275
88 QQ	CML-150 x CLQ-6203	0.047	0.205
89 QQ	CML-176 x CML-177	0.046	0.205
90 QQ	CML-176 x CLQ-6203	0.044	0.205
91 QQ	CML-177 x CLQ-6203	0.065	0.295

Cuadro A8. Cantidad de triptófano y lisina en híbridos de grano normal x normal (NN), normal x QPM (NQ) y QPM x QPM (Q\*Q) . Ciclo agrícola P.V. 2003/03.

TRATAMIENTO	GENEALOGÍA	TRIPTOFANO	LISINA
1 NN	T-45 x T-44	0.035	0.211
2 NN	T-45 x LT-155	0.039	0.226
3 NN	T-45 x B-41	0.029	0.221
4 NQ	T-45 x CLQ-6203	0.047	0.246
5 NQ	T-45 x CML-141	0.037	0.221
6 NQ	T-45 x CML-142	0.046	0.245
7 NQ	T-45 x CML-144	0.037	0.248
8 NQ	T-45 x CML-150	0.036	0.248
9 NQ	T-45 x CML-176	0.042	0.230
10 NN	T-44 x LT-155	0.040	0.254
11 NN	T-44 x B-41	0.039	0.248
12 NQ	T-44 x CLQ-6203	0.032	0.226
13 NQ	T-44 x CML-141	0.041	0.234
14 NQ	T-44 x CML-142	0.043	0.244
15 NQ	T-44 x CML-144	0.044	0.256
16 NQ	T-44 x CML-150	0.048	0.275
17 NQ	T-44 x CML-176	0.055	0.282
18 NN	LT-155 x B-41	0.039	0.231
19 NQ	LT-155 x CML-142	0.042	0.246
20 NQ	LT-155 x CML-141	0.052	0.286
21 NQ	LT-155 x CLQ-6203	0.037	0.251
22 NQ	LT-155 x CML-144	0.049	0.263
23 NQ	LT-155 x CML-150	0.041	0.247
24 NQ	LT-155 x CML-176	0.040	0.241
25 NQ	B-41 x CLQ-6203	0.043	0.261
26 NQ	B-41 x CML-141	0.034	0.234
27 NQ	B-41 x CML-142	0.044	0.262
28 NQ	B-41 x CML-144	0.036	0.241
29 NQ	B-41 x CML-150	0.039	0.255
30 NQ	B-41 x CML-176	0.040	0.246
31 QQ	CML-141 x CLQ-6203	0.058	0.279
32 QQ	CML-142 x CLQ-6203	0.060	0.297
33 QQ	CML-144 x CLQ-6203	0.081	0.320
34 QQ	CML-150 x CLQ-6203	0.068	0.296
35 QQ	CML-176 x CLQ-6203	0.053	0.284
36 QQ	CML-141 x CML-142	0.062	0.287
37 QQ	CML-141 x CML-144	0.071	0.314
38 QQ	CML-141 x CML-150	0.061	0.285
39 QQ	CML-141 x CML-176	0.065	0.278
40 QQ	CML-142 x CML-144	0.061	0.288
41 QQ	CML-142 x CML-150	0.061	0.296
42 QQ	CML-142 x CML-176	0.062	0.293
43 QQ	CML-144 x CML-150	0.065	0.307
44 QQ	CML-144 x CML-176	-----	-----
45 QQ	CML-150 x CML-176	0.061	0.291

Cuadro A9. Media de características agronómicas de la primera evaluación

HIBRIDO	REND	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
2 x 6	6.72	2.37	0.90	57.67	59.67	8.33	8.33
4 x 10	6.60	2.73	1.14	59.00	60.67	8.17	8.33
2 x 4	6.48	2.23	0.91	57.67	59.00	8.33	8.33
2 x 9	6.47	2.51	1.05	58.00	59.67	8.33	8.33
1 x 3	6.36	2.49	1.01	55.33	58.00	8.50	8.50
3 x 12	6.27	2.54	0.98	57.67	59.67	8.50	8.50
10 x 14	6.26	2.42	0.95	58.00	59.67	8.33	8.83
1 x 2	6.26	2.12	0.80	57.67	61.00	8.33	8.50
7 x 13	6.25	2.58	1.04	57.33	59.33	8.50	8.50
2 x 3	6.24	2.22	0.81	56.00	58.00	8.50	8.50
3 x 10	6.24	2.59	1.06	57.33	59.00	8.50	8.50
2 x 7	6.21	2.11	0.78	58.67	60.00	8.50	8.33
1 x 14	6.06	2.44	0.94	56.67	58.67	8.67	8.67
7 x 8	6.03	2.51	1.04	59.67	62.00	8.00	7.83
2 x 5	6.03	2.55	1.05	58.00	59.67	8.33	8.67
2 x 8	5.93	2.51	1.06	58.00	59.67	8.17	8.17
3 x 13	5.90	2.38	0.94	55.33	57.33	8.17	8.17
3 x 6	5.72	2.45	0.99	57.67	59.67	8.33	8.17
1 x 5	5.72	2.39	1.01	57.67	59.33	8.50	8.50
3 x 7	5.71	2.29	0.80	58.00	60.00	8.33	8.33
7 x 9	5.68	2.30	0.89	59.00	61.00	8.17	8.17
3 x 4	5.66	2.43	0.89	58.00	59.33	8.50	7.83
4 x 7	5.65	2.18	0.83	60.00	62.33	8.00	8.00
3 x 9	5.61	2.68	1.20	56.67	59.00	7.50	7.33
7 x 10	5.60	2.56	1.00	59.67	61.67	8.33	8.67
1 x 12	5.58	2.54	0.96	56.67	59.33	8.17	8.50
6 x 11	5.52	2.22	0.87	59.33	61.67	8.33	8.33
6 x 7	5.51	2.46	0.92	61.67	63.67	8.33	8.33
1 x 7	5.50	2.32	0.85	56.33	58.33	8.17	8.00
5 x 7	5.46	2.40	0.90	60.33	63.00	8.33	8.33
5 x 14	5.45	2.42	0.95	57.00	59.00	8.17	8.17
1 x 6	5.42	2.40	0.91	57.67	60.33	8.50	8.67
5 x 9	5.38	2.63	1.19	59.67	61.33	7.83	8.50
9 x 10	5.38	2.54	1.14	60.33	63.00	7.67	8.00
6 x 10	5.28	2.74	1.22	59.67	63.00	7.67	7.83
7 x 12	5.24	2.58	0.96	59.00	61.67	8.50	8.50
4 x 12	5.24	2.66	0.98	59.67	61.67	8.00	8.17
6 x 14	5.21	2.49	0.95	58.00	60.00	8.00	8.33
6 x 12	5.20	2.80	1.07	58.67	61.67	8.00	8.17
2 x 14	5.20	2.19	0.78	56.00	57.67	8.33	8.33
2 x 10	5.19	2.21	0.82	57.00	58.67	8.50	8.33
1 x 13	5.19	2.32	0.95	54.67	57.67	8.33	8.50
6 x 8	5.17	2.61	1.10	58.67	61.33	8.17	8.17
6 x 13	5.16	2.45	0.91	57.00	59.00	7.67	8.00
1 x 9	5.13	2.68	1.19	59.00	60.67	8.00	8.50

Cuadro A9. Continuación .....

HIBRIDO	REND	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
1 x 11	5.10	2.33	0.80	58.67	60.67	8.33	8.17
4 x 8	4.98	2.53	1.13	58.67	60.00	7.83	7.67
8 x 13	4.97	2.48	1.09	56.00	58.00	8.00	8.17
10 x 13	4.94	2.51	1.02	55.00	57.67	7.83	8.33
1 x 10	4.90	2.38	0.95	58.33	60.33	8.33	8.17
5 x 6	4.88	2.44	0.96	59.33	62.00	8.17	8.17
1 x 4	4.87	2.31	0.88	58.67	59.67	8.33	8.33
8 x 10	4.85	2.57	1.13	58.33	60.33	7.83	8.00
5 x 11	4.83	2.29	0.87	59.00	61.00	8.17	8.50
2 x 13	4.82	2.17	0.81	55.33	57.67	8.17	8.17
12 x 14	4.81	2.45	0.89	58.00	60.33	8.00	8.00
5 x 13	4.80	2.58	1.05	59.00	62.00	8.17	8.67
2 x 12	4.79	2.33	0.78	59.00	61.00	8.50	8.00
3 x 8	4.75	2.50	1.03	58.33	60.00	8.00	7.67
2 x 11	4.74	2.19	0.68	58.33	60.00	8.50	8.00
11 x 14	4.63	2.28	0.80	58.33	59.67	7.83	8.00
11 x 12	4.62	2.53	0.93	58.00	60.33	8.17	8.17
1 x 8	4.62	2.36	1.01	56.67	58.33	8.00	8.67
5 x 12	4.61	2.55	1.01	59.33	62.33	8.33	8.50
4 x 14	4.61	2.47	0.92	58.67	60.00	8.33	8.17
3 x 11	4.56	2.24	0.82	58.33	61.00	8.00	7.50
3 x 14	4.54	2.35	0.85	55.33	57.33	8.17	7.67
4 x 6	4.45	2.45	0.97	58.67	61.33	8.00	8.33
4 x 9	4.40	2.48	1.04	59.67	62.00	7.50	7.50
5 x 10	4.37	2.69	1.14	61.00	63.00	7.67	8.33
9 x 13	4.33	2.56	1.19	58.00	59.67	8.00	8.33
4 x 11	4.32	2.21	0.80	58.67	60.67	8.00	8.17
9 x 12	4.30	2.76	1.18	59.67	62.33	7.50	8.00
5 x 8	4.29	2.46	1.00	59.00	61.00	8.00	8.33
8 x 12	4.28	2.53	1.06	58.33	60.67	7.83	8.33
4 x 13	4.24	2.29	0.91	57.33	59.33	7.83	7.67
10 x 11	4.23	2.26	0.88	59.67	61.67	8.00	7.50
6 x 9	4.21	2.66	1.16	60.33	63.00	7.83	7.83
8 x 9	4.13	2.71	1.22	59.67	61.00	7.33	7.83
12 x 13	4.06	2.25	0.80	58.00	60.67	8.00	7.83
8 x 11	3.98	2.31	0.89	59.00	62.00	7.67	7.67
10 x 12	3.97	2.61	1.02	59.00	61.67	7.83	8.00
4 x 5	3.91	2.26	0.87	58.67	60.67	8.17	8.00
8 x 14	3.88	2.40	0.97	59.00	61.00	7.83	7.17
9 x 11	3.88	2.19	0.81	58.67	59.67	8.00	7.83
9 x 14	3.85	2.40	1.01	59.33	62.33	7.83	7.83
11 x 13	3.70	2.16	0.77	56.67	59.00	8.17	7.67
13 x 14	3.60	2.38	0.92	57.00	58.67	7.83	8.17
7 x 14	3.53	2.33	0.79	60.33	62.00	8.00	7.50
3 x 5	3.53	2.30	0.87	59.00	60.67	8.17	8.00
7 x 11	3.22	2.00	0.72	61.67	63.67	7.83	7.33



Cuadro A10. Medias de las características fisiológicas de la primer evaluación

HIBRIDO	GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
1 x 10	100.00	9.28	82.00	5.89	0.2305
2 x 5	100.00	9.68	94.00	5.64	0.2107
2 x 8	100.00	9.70	91.00	8.18	0.3183
3 x 6	100.00	8.90	80.00	7.88	0.2832
5 x 10	100.00	0.00	83.00	6.54	0.3634
10 x 13	100.00	0.00	95.00	8.18	0.4402
2 x 3	99.00	10.04	97.00	9.26	0.4587
2 x 13	99.00	9.10	77.00	6.69	0.2279
3 x 8	99.00	10.09	80.00	7.73	0.3141
4 x 11	99.00	8.86	79.00	11.05	0.8162
4 x 12	99.00	8.34	97.00	10.36	0.7533
4 x 13	99.00	10.09	75.00	8.15	0.5300
4 x 14	99.00	8.68	63.00	11.13	0.4643
6 x 8	99.00	1.00	96.00	6.69	0.2377
6 x 11	99.00	0.00	77.00	6.35	0.3980
6 x 14	99.00	1.00	82.00	5.31	0.3309
11 x 13	99.00	1.00	70.00	7.41	0.3406
3 x 10	98.00	7.19	97.00	8.92	0.4324
3 x 11	98.00	8.30	78.00	6.48	0.3645
3 x 12	98.00	9.47	91.00	8.63	0.3646
4 x 7	98.00	8.09	78.00	8.42	0.3816
5 x 13	98.00	1.00	78.00	5.37	0.2963
6 x 7	98.00	0.00	74.00	6.48	0.2749
6 x 9	98.00	2.00	78.00	6.01	0.3825
7 x 13	98.00	2.00	95.00	7.98	0.5687
8 x 11	98.00	2.00	75.00	7.02	0.3730
9 x 10	98.00	2.00	97.00	8.04	0.3799
10 x 11	98.00	2.00	75.00	7.98	0.4420
11 x 12	98.00	2.00	75.00	5.80	0.3678
11 x 14	98.00	2.00	69.00	5.30	0.2970
12 x 14	98.00	2.00	72.00	5.94	0.3018
2 x 4	97.00	10.19	92.00	7.83	0.4487
2 x 7	97.00	8.25	76.00	6.38	0.2822
2 x 10	97.00	9.03	77.00	7.24	0.3661
3 x 13	97.00	9.14	95.00	7.53	0.3027
4 x 8	97.00	9.42	75.00	9.98	0.3173
5 x 8	97.00	2.00	77.00	9.14	0.4574
5 x 14	97.00	2.00	77.00	7.82	0.3728
6 x 10	97.00	3.00	73.00	6.96	0.3664
7 x 8	97.00	3.00	95.00	6.53	0.3472
10 x 14	97.00	3.00	94.00	6.45	0.4376
1 x 5	96.00	7.45	83.00	6.26	0.3043
1 x 6	96.00	8.72	36.00	3.79	0.1035
1 x 8	96.00	7.92	72.00	6.08	0.2402

Cuadro A11. Medias de las características agronómicas de la segunda generación

HIBRIDO	REND.	AP	AM	DFM	DFF	CP	CM
4 x 8	7.93	291.67	131.67	55.67	56.00	8.50	8.83
2 x 8	7.50	271.67	111.67	52.67	53.33	8.33	9.00
2 x 10	7.07	275.00	108.33	53.67	54.67	8.50	9.00
4 x 7	7.00	268.33	115.00	54.33	56.00	8.33	8.83
1 x 5	6.87	268.33	111.67	52.67	54.00	8.50	9.00
3 x 5	6.70	265.00	126.67	54.00	55.00	8.17	9.00
3 x 7	6.70	275.00	113.33	51.67	52.67	8.17	8.67
4 x 10	6.63	283.33	118.33	55.67	56.33	8.50	8.50
3 x 8	6.57	260.00	120.00	52.67	53.67	8.33	9.00
2 x 7	6.53	271.67	118.33	53.67	54.67	8.17	9.00
1 x 8	6.50	275.00	113.33	52.67	54.00	8.50	8.67
2 x 4	6.50	238.33	108.33	53.33	54.33	8.17	8.67
8 x 10	6.50	295.00	130.00	56.00	57.33	8.00	8.67
1 x 4	6.37	253.33	108.33	53.00	54.00	8.50	8.33
3 x 4	6.30	253.33	101.67	55.00	55.33	8.17	7.83
3 x 10	6.30	280.00	120.00	54.33	55.33	8.17	8.83
4 x 5	6.23	270.00	113.33	55.33	56.00	8.67	8.17
2 x 6	6.10	265.00	120.00	52.67	54.00	7.67	8.67
2 x 5	6.03	250.00	101.67	54.00	54.67	8.50	9.00
1 x 10	6.00	265.00	115.00	54.33	55.33	7.83	9.00
1 x 6	5.97	258.33	118.33	54.00	55.33	7.67	8.50
5 x 7	5.93	261.67	125.00	55.33	56.33	8.17	8.67
6 x 8	5.73	260.00	136.67	54.67	56.33	7.67	8.50
1 x 2	5.70	246.67	101.67	51.67	53.00	8.00	8.83
4 x 6	5.60	265.00	125.00	55.00	55.67	8.00	8.33
5 x 10	5.53	268.33	108.33	56.00	57.33	8.17	8.50
2 x 9	5.43	263.33	93.33	53.00	54.33	7.83	8.00
1 x 7	5.40	266.67	118.33	55.33	57.00	7.67	8.67
1 x 3	5.37	246.67	101.67	51.67	52.67	7.83	8.33
6 x 7	5.23	280.00	140.00	54.33	55.33	7.50	7.83
7 x 8	5.17	266.67	126.67	56.33	58.00	7.50	8.50
6 x 9	4.93	255.00	116.67	53.67	55.00	7.50	8.33
9 x 10	4.90	276.67	108.33	54.33	55.67	7.83	8.17
2 x 3	4.87	238.33	91.67	53.00	53.67	7.83	8.50
6 x 10	4.83	300.00	138.33	54.67	55.33	7.17	8.00
7 x 10	4.70	295.00	136.67	56.00	56.67	7.67	8.33
5 x 8	4.67	250.00	93.33	56.00	57.00	8.00	8.50
3 x 6	4.63	273.33	120.00	53.67	55.00	7.67	8.17
1 x 9	4.50	248.33	90.00	52.67	54.00	8.00	8.50
4 x 9	4.47	251.67	110.00	55.67	55.67	8.33	7.67
3 x 9	4.43	250.00	101.67	53.00	54.33	7.50	7.83
5 x 6	4.43	241.67	126.67	55.33	56.33	7.50	7.83
8 x 9	4.07	230.00	108.33	55.67	56.67	7.50	8.17
7 x 9	3.70	261.67	110.00	56.00	57.67	7.17	8.00
5 x 9	2.90	218.33	71.67	55.67	56.67	7.33	8.00

Cuadro A12. Medias de características fisiológicas de la segunda generación

HIBRIDO	GS	LMPGS	PSPGS	GSV	LMPV	PSPV
1 x 8	100.00	10.52	634.30	89.00	4.40	164.63
2 x 6	100.00	5.70	282.80	93.00	5.60	224.50
3 x 4	100.00	11.34	688.25	94.00	6.14	306.95
3 x 6	100.00	9.68	524.93	99.00	4.82	166.60
4 x 6	100.00	11.16	573.25	99.00	5.23	227.20
4 x 8	100.00	11.26	646.90	78.00	6.27	259.33
4 x 9	100.00	9.70	724.93	79.00	4.72	230.48
5 x 8	100.00	10.12	478.40	84.00	6.75	295.35
6 x 9	100.00	7.24	390.83	80.00	5.59	212.80
7 x 9	100.00	8.82	541.38	68.00	4.72	221.68
1 x 2	99.00	11.80	953.85	96.00	3.50	198.50
1 x 3	99.00	11.04	1118.33	96.00	5.48	307.03
1 x 5	99.00	7.97	623.15	90.00	4.44	209.10
2 x 3	99.00	12.42	724.18	86.00	5.80	252.68
3 x 7	99.00	10.53	575.58	86.00	5.23	126.83
4 x 10	99.00	10.40	865.38	95.00	5.93	325.68
8 x 10	99.00	9.46	743.65	98.00	5.25	304.03
1 x 4	98.00	11.60	1644.60	93.00	6.80	414.08
1 x 7	98.00	9.65	538.25	90.00	4.21	243.90
1 x 9	98.00	9.79	697.28	85.00	4.14	202.28
1 x 10	98.00	9.37	464.45	87.00	4.93	310.55
2 x 8	98.00	7.75	524.43	89.00	5.68	248.78
3 x 8	98.00	11.10	639.75	71.00	4.14	115.35
3 x 10	98.00	11.02	694.53	74.00	5.38	182.45
6 x 10	98.00	7.06	321.43	86.00	5.37	258.78
3 x 9	97.00	10.93	680.95	67.00	4.97	172.83
7 x 10	97.00	7.43	528.90	100.00	5.50	402.48
8 x 9	97.00	8.84	588.50	80.00	4.38	197.05
9 x 10	97.00	7.26	619.25	54.00	4.37	140.63
2 x 9	96.00	7.24	505.60	81.00	3.56	140.38
3 x 5	96.00	8.14	442.23	87.00	4.57	182.75
6 x 7	96.00	7.00	302.00	79.00	6.05	262.50
2 x 4	92.00	6.72	452.98	70.00	3.76	164.90
2 x 10	91.00	8.03	418.58	46.00	3.32	77.50
5 x 10	91.00	6.47	379.05	88.00	5.96	328.23
6 x 8	91.00	7.83	315.78	99.00	8.23	401.70
4 x 7	89.00	8.06	510.30	66.00	4.50	161.63
7 x 8	89.00	7.70	387.08	85.00	4.30	221.38
1 x 6	88.00	5.39	257.38	84.00	3.10	118.30
4 x 5	88.00	8.19	392.83	75.00	3.88	140.85
5 x 6	88.00	4.58	176.88	84.00	4.39	181.30
2 x 5	86.00	9.05	470.10	77.00	5.93	246.25
2 x 7	86.00	6.42	372.28	84.00	5.20	239.33
5 x 7	86.00	6.48	333.25	82.00	3.91	208.85
5 x 9	86.00	6.45	298.75	70.00	4.92	232.60

Cuadro A13. Medias de características agronómicas del análisis combinado

HIBRIDO	REND	AP	AM	DFM	DFE	CP	CM
4 x 8	7.27	282.17	122.67	57.33	58.33	8.33	8.58
2 x 7	6.50	261.33	111.67	55.83	57.17	8.25	8.67
2 x 4	6.49	230.50	99.50	55.50	56.67	8.25	8.50
1 x 5	6.47	256.17	102.67	54.67	56.33	8.58	8.83
3 x 8	6.40	259.67	113.17	55.00	56.33	8.42	8.75
2 x 8	6.35	246.50	96.67	54.83	56.00	8.42	8.67
3 x 10	6.29	267.00	108.83	56.00	57.50	8.33	8.67
3 x 5	6.16	266.67	123.17	55.33	57.00	7.83	8.17
2 x 6	6.02	257.83	112.83	55.33	56.83	7.92	8.42
1 x 2	5.98	229.17	91.00	54.67	57.00	8.17	8.67
3 x 4	5.98	248.17	95.33	56.50	57.33	8.33	7.83
4 x 10	5.94	274.67	108.17	57.67	59.00	8.25	8.33
2 x 10	5.93	253.83	93.17	56.33	57.83	8.50	8.50
1 x 3	5.87	247.83	101.33	53.50	55.33	8.17	8.42
1 x 10	5.79	259.67	105.33	55.50	57.33	8.00	8.75
4 x 7	5.70	258.17	109.33	57.00	59.00	7.92	8.17
1 x 8	5.70	256.50	104.17	55.50	57.17	8.42	8.42
3 x 7	5.62	255.00	99.17	53.50	55.00	8.17	8.17
2 x 5	5.62	234.33	89.83	55.00	56.17	8.42	8.67
1 x 4	5.62	242.00	98.00	55.83	56.83	8.42	8.33
2 x 3	5.55	230.17	86.33	54.50	55.83	8.17	8.50
5 x 8	5.46	246.17	94.17	57.00	58.33	8.17	8.67
4 x 5	5.42	258.50	102.83	57.00	58.00	8.50	8.17
6 x 8	5.29	258.50	125.00	56.50	58.33	7.75	8.25
1 x 6	5.29	247.33	109.67	55.33	56.83	7.83	8.58
4 x 6	5.29	259.00	119.17	56.83	57.83	7.92	8.00
7 x 8	5.28	260.17	120.17	58.33	60.50	7.58	8.25
1 x 7	5.27	267.17	118.83	57.17	58.83	7.83	8.58
8 x 10	5.23	278.00	116.00	57.50	59.50	7.92	8.33
5 x 10	5.17	256.67	98.83	57.00	58.83	8.08	8.25
2 x 9	5.09	241.00	80.83	55.67	57.17	8.17	8.00
5 x 7	4.89	250.67	112.83	57.33	59.33	8.00	8.25
1 x 9	4.80	240.67	84.83	55.67	57.33	8.17	8.33
9 x 10	4.76	264.67	100.67	56.17	58.00	8.00	8.17
3 x 6	4.69	261.50	111.67	56.00	57.50	7.83	7.92
6 x 7	4.68	275.50	130.83	57.00	58.17	7.42	7.83
6 x 10	4.55	276.67	122.33	56.50	58.00	7.50	8.17
7 x 10	4.50	285.33	127.50	57.83	59.50	7.58	8.17
3 x 9	4.49	237.17	92.00	55.67	57.67	7.75	7.67
6 x 9	4.46	243.00	103.00	56.33	58.50	7.58	8.00
4 x 9	4.39	236.17	94.83	57.17	58.17	8.17	7.92
5 x 6	4.16	241.00	111.83	57.17	58.67	7.67	7.50
8 x 9	4.15	228.17	98.00	57.67	59.17	7.75	7.83
7 x 9	3.79	240.50	95.67	57.33	58.67	7.58	7.92
5 x 9	3.77	223.00	76.00	57.00	58.17	7.58	8.00

Cuadro A14. Medias de características fisiológicas del análisis combinado

HIBRIDO	GS	LMPGS	GSV	LMPV	PSPV
1 x 8	100.00	9.90	85.50	5.14	0.1976
2 x 6	100.00	7.70	92.00	6.89	0.2714
3 x 6	99.50	9.88	89.50	6.27	0.2403
4 x 9	99.50	9.28	79.00	7.89	0.5233
2 x 3	99.00	11.23	91.50	7.53	0.3557
4 x 10	99.00	9.37	96.00	8.15	0.5395
6 x 9	99.00	7.19	77.50	6.31	0.2929
4 x 6	98.50	10.29	87.00	7.61	0.2723
5 x 8	98.50	9.05	89.00	6.60	0.3665
3 x 4	98.00	10.11	85.00	7.56	0.3189
3 x 8	98.00	9.14	84.00	6.53	0.2739
3 x 10	98.00	10.24	82.50	7.01	0.2735
2 x 8	97.50	8.39	83.00	6.46	0.3074
3 x 9	97.50	9.61	72.50	5.72	0.2687
4 x 8	97.50	9.98	87.50	8.54	0.5127
8 x 9	97.50	8.70	77.50	6.18	0.3195
8 x 10	97.50	8.51	86.50	5.62	0.2940
9 x 10	97.50	7.54	64.50	5.08	0.2542
1 x 5	96.50	7.90	93.00	5.74	0.2994
1 x 10	96.50	8.10	89.00	6.00	0.4338
3 x 7	96.50	9.59	81.00	6.25	0.2127
7 x 9	96.50	7.61	72.00	5.34	0.2594
1 x 4	96.00	9.54	81.50	6.47	0.3306
7 x 10	96.00	6.86	87.50	6.25	0.3751
1 x 3	95.50	9.56	88.00	6.10	0.2820
3 x 5	95.50	7.89	91.50	7.16	0.2975
1 x 9	95.00	8.35	81.50	4.18	0.1743
2 x 9	95.00	7.70	79.50	5.49	0.2599
1 x 2	94.50	8.77	93.50	5.03	0.2816
2 x 4	94.50	8.45	81.00	5.79	0.3068
5 x 10	94.50	6.92	80.00	5.95	0.3150
1 x 7	94.00	8.26	89.50	4.59	0.2247
4 x 5	93.50	8.43	69.00	7.50	0.3026
6 x 7	93.50	6.51	77.50	6.79	0.2955
7 x 8	93.50	7.37	91.00	6.17	0.3006
1 x 6	92.00	6.65	78.00	4.59	0.1793
5 x 9	92.00	6.94	69.50	5.11	0.2648
6 x 10	92.00	6.34	80.00	6.04	0.2921
2 x 7	91.00	7.83	87.50	5.79	0.2762
2 x 10	91.00	7.83	61.00	5.79	0.2115
4 x 7	90.50	7.92	67.50	6.16	0.2556
5 x 6	90.50	6.28	80.00	5.91	0.2196
2 x 5	89.50	8.21	75.50	5.60	0.2739
5 x 7	89.50	6.95	78.50	4.76	0.2644
6 x 8	88.50	6.81	88.50	7.98	0.3287