

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA
PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y
FISIOLÓGICAS DE MAÍZ

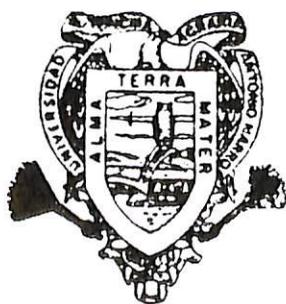
FRANCISCO JAVIER AZUARA HERVERT

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 2002

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA PARA
CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y FISIOLOGICAS DE MAIZ

TESIS

POR

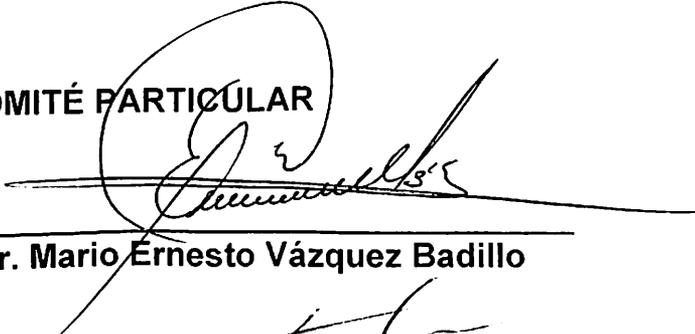
FRANCISCO JAVIER AZUARA HERVERT

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

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

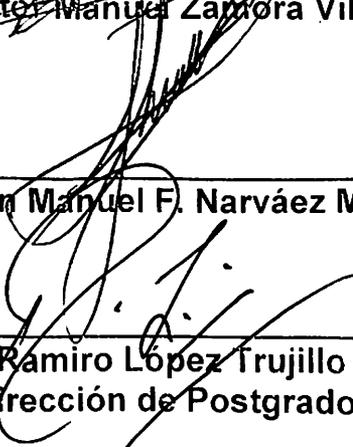
Asesor principal:


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Asesor:


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Asesor:


Dr. Juan Manuel F. Narváez Melo

Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirección de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONAT
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2002

AGRADECIMIENTOS

Al DR. Mario E. Vázquez Badillo, por su constante apoyo y ayuda brindada para la realización de esta investigación, por permitirme parte de su valioso tiempo en la revisión y comentarios de esta tesis.

Al DR. Víctor M. Zamora Villa, por su constante asesoría y supervisión en lo estadístico e importante participación del presente trabajo de investigación.

Al DR. Juan Manuel F. Narváez Melo, por su colaboración, sugerencias y revisión al escrito de este trabajo.

A mi "Alma Mater " con el más sincero y sentido agradecimiento por haberme acogido en su seno para tratar de superarme en esta profesión de constantes cambios.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad, a todo su personal académico, administrativo y personal del laboratorio, por concederme la oportunidad de realizar mis estudios y prácticas de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado para realizar los estudios de maestría.

El más sincero agradecimiento a las familias: Cruz Gutiérrez, García Méndez, Chávez Flores y Rico Domínguez por su confianza, amistad, cariño y comprensión.

A mis compañeros de generación: Gabriela Zamora, Patricia García, Erasmo Núñez y Socorro Bahena, por su desinteresada amistad, apoyo e incalculable ayuda brindada en toda la estancia en la maestría.

A mis amigos: José cruz, Alma, Sergio, Reynaldo, Juan Manuel, Armando, Verónica, Andrés, Mirna, Damián y a todos mis demás amigos y personas que de una u otra manera tuvieron que ver en la culminación de una meta más en mi vida.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre:

Lino Azuara Velez.

Por el enorme sacrificio realizado para superarme en la vida, su gran apoyo brindado durante todos mis estudios y por haber hecho de mí una persona de bien con el inmenso cariño que sólo un padre como él supo dar y por toda aquella fuerza que siempre mostró aún en los momentos más difíciles de su vida y que yo sé que Dios lo tiene en un lugar muy especial.

A mi madre:

Faustina Hervert Saucedo.

Por haberme motivado siempre a seguir adelante, por todos sus consejos y recomendaciones así como también su ayuda tanto económica como moral; a quien le agradezco gran parte de mi formación como profesionista.

A mis hermanos: Lino , Oscar y Maria de Lourdes Azuara Hervert por su amor, respeto y apoyo por alentarme siempre a la superación.

A mis sobrinos y mi demás familia que siempre se preocuparon por mi bienestar.

COMPENDIO

**Aptitud Combinatoria General y Especifica para Características
Agronómicas y Fisiológicas de Maíz**

POR

FRANCISCO JAVIER AZUARA HERVERT

MAESTRIA EN CIENCIAS

TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO DE 2002

DR. MARIO ERNESTO VAZQUEZ BADILLO -ASESOR-

PALABRAS CLAVES: Maíz, semilla, germinación, vigor, rendimiento, ACG,

ACE

Seis líneas de maíz generadas por el Instituto Mexicano del Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, fueron cruzadas entre sí para obtener cruces F1, generando un grupo de 51 genotipos, las cuales fueron evaluados en laboratorio para medir la capacidad fisiológica de la semilla mediante la germinación y vigor (envejecimiento acelerado, prueba fría, longitud media de plúmula y peso seco). También se evaluaron para características de mazorcas podridas, incidencia de *Fusarium* spp y rendimiento en Celaya, Gto. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (campo) y un completamente al azar (laboratorio). Posteriormente, se analizó bajo un diseño genético, utilizando el método cuatro de Griffing para análisis dialélicos y determinar ACG y ACE.

En las pruebas de laboratorio utilizadas, en especial la prueba fría y el envejecimiento acelerado son capaces de discriminar genotipos genéticamente superiores de las inferiores para las características fisiológicas, las pruebas fueron eficientes y seguras para caracterizar e identificar genotipos que presentan buen vigor para las variables fisiológicas y agronómicas, los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas, presentado coeficientes de variación bajos.

En los análisis dialélicos se observaron una alta significancia para las fuentes de variación de Aptitud combinatoria general y específica para la mayoría de las variables.

Respecto a la varianza aditiva y varianza de dominancia para las variables fisiológicas y agronómicas; la población a formarse con el material evaluado contendrá mayor varianza no aditiva ya que los cuadrados medios de ACE fueron superiores a los cuadrados medios de ACG, las cuales se debieron en mayor parte a los efectos de dominancia y epistasis.

Se lograron identificar progenitores que presentaron estimaciones de ACG altos antes y después del estrés al que fueron sometidas las semillas y que esta característica fue transmitida a su descendencia, sobresaliendo entre ellos las líneas AN255, AN232 y AN76, tanto en variables fisiológicas como agronómicas.

A nivel de cruzas específicas, se encontraron cruzas que mostraron efectos de ACE positivos, características fisiológicas, agronómicas y de sanidad aceptables antes y después del periodo de estrés al que fueron sometidas; de ellas sobresalen las cruzas AN255 X AN232 y AN232 X AN76, quienes pueden ser consideradas como alternativas en la generación de híbridos.

ABSTRACT

General and Specific Combining Ability for Agronomic and Physiological Traits
in Maize.

by

Francisco Javier Azuara Hervert

MASTER IN SCIENCE

IN SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAY 2002

DR. MARIO ERNESTO. VAZQUEZ BADILLO -ADVISOR-

Key words: Maize, seed, germination, vigor, yield, GCA, SCA.

Six maize lines generated by the Instituto Mexicano del Maíz from the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, were crossed among them to get

F1 seed, generating a set of 51 genotypes, that were assayed in laboratory for seed quality through germination and vigor tests (accelerating aging test, cold test, plumule length and dry weight test). The F1 crosses were also evaluated in Celaya, Gto. for rotten ears, *Fusarium* spp. and yield. In the field a randomized complete block design was used and in the laboratory a completely randomized one. Afterwards, the data was analyzed by a genetic design, using the Griffing Model IV for Diallel Analysis for GCA and SCA estimations.

In laboratory, the cold test and the accelerated aging test were able to discriminate genetically from the inferior genotypes through physiological traits.

The tests were safe and very efficient to characterize genotypes with good vigor for agronomic and physiological traits. The analysis of variance showed highly significant differences, with low variation coefficients.

In the Diallelic Analysis, a highly significant difference was obtained for general and specific combining ability for most of the variables.

With regard to the additive variance and the dominance variance for the physiological and agronomical traits, the population to be formed with the evaluated material will hold higher non additive variance, due to the superior SCA mean squares which were mostly due to dominance and epistatic effects.

Parental lines with GCA estimator values before and after the stress to which the seed was subjected and which trait was transmitted to the offsprings, standing out among those lines AN255, AN232 y AN76, this is for physiological and agronomic traits.

For specific crosses, there were positive SCA effects, and with acceptable physiological, agronomic and sanitary characteristics before and after the stress period to which they were subjected. The best crosses were AN255 X AN232 and AN232 X AN76, that could be considered alternative in the hybrid production.

INDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| INDICE DE CUADROS. | xiv |
| 1. INTRODUCCION. | 1 |
| 2. REVISION DE LITERATURA. | 5 |
| LA DIVERSIDAD EN MAIZ Y SU CALIDAD. | 5 |
| APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA. | 8 |
| INTERACCIONES GENICAS. | 12 |
| DISEÑOS DE GRIFFIN. | 17 |
| 3. MATERIALES Y METODOS. | 20 |
| AREA DE ESTUDIO. | 20 |
| ETAPA DE CAMPO. | 20 |
| ETAPA DE LABORATORIO. | 20 |
| MATERIAL GENETICO UTILIZADO. | 21 |
| PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL EN CAMPO. | 21 |
| VARIABLES EVALUADAS. | 23 |
| VARIABLES FISIOLÓGICAS. | 23 |
| VARIABLES AGRONÓMICAS. | 25 |
| DISEÑO ESTADÍSTICO UTILIZADO. | 27 |
| DISEÑO GENÉTICO ESTADÍSTICO. | 28 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION. | 30 |
| CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS. | 30 |
| ANÁLISIS DE VARIANZA. | 30 |
| COMPARACION DE MEDIAS. | 31 |
| CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. | 35 |
| ANÁLISIS DE VARIANZA. | 35 |
| COMPARACION DE MEDIAS. | 36 |
| ANÁLISIS GENÉTICO. | 37 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS..... | 37 |
| CARACTERISTICAS AGRONOMICAS..... | 44 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 50 |
| 6. RESUMEN..... | 52 |
| 7. LITERATURA CITADA..... | 55 |
| 8. APENDICE..... | 59 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro | página |
|--|--------|
| 4.1 Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas en laboratorio. | 30 |
| 4.2 Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas en campo. | 35 |
| 4.3 Cuadrados medios y significancia del análisis genético para las variables evaluadas en laboratorio. | 37 |
| 4.4 Cuadrados medios y significancia del análisis genético para las variables evaluadas en campo. | 44 |
| 4.5 Contribución de las variables a la suma de cuadrados debida sus efectos aditivos y no aditivos. | 47 |
| A.1 Comparación de medias para las variables fisiológicas y agronómicas.. | 61 |
| A.2 Comparación de medias para las plántulas normales en germinación estándar. | 62 |
| A.3 Efecto de ACG y ACE para plántulas anormales en germinación Estándar. | 63 |
| A.4 Efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en germinación estándar. | 64 |
| A.5 Efecto de ACG y ACE para prueba fría. | 65 |
| A.6 Efecto de ACG y ACE para envejecimiento acelerado | 66 |
| A.7 Efecto de ACG y ACE para plántulas anormales en envejecimiento acelerado. | 67 |
| A.8 Efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en envejecimiento acelerado. | 68 |
| A.9 Efecto de ACG y ACE para plántulas infectadas por <i>Fusarium</i> | 69 |
| A.10 Efecto de ACG y ACE para mazorcas podridas. | 70 |
| A.11 Efecto de ACG y ACE para rendimiento de mazorca por Hectárea. | 71 |

1. INTRODUCCION

La creciente demanda de alimentos como consecuencia del constante crecimiento de la población dentro de una superficie limitada, ha dirigido los esfuerzos en el campo de la agricultura hacia el aumento de la productividad mediante la selección del material genético, constituyendo así el principio del mejoramiento genético de las semillas.

En el caso del maíz, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación indica que cerca de 140 millones de hectáreas se cultivan en el mundo además de que se ha convertido en la principal fuente de alimento e ingresos para millones de agricultores en países en vías de desarrollo, este cultivo en la actualidad provee la mayor cantidad de las calorías que ingiere la población de escasos recursos en 20 países latinoamericanos y africanos (FAO 1999)

Del total de la superficie cultivada con maíz en México (8.1 millones de hectáreas), el 29 por ciento corresponde al uso de híbridos, en donde la media de producción de este cereal es de aproximadamente 2.2 ton ha⁻¹ para grano y de 3.3 para producción de semilla de maíz (SNICS, 1998), estos bajos rendimientos se deben al poco porcentaje de semilla híbrida utilizada y la baja adaptación de las variedades a regiones específicas de producción. Sin embargo, en algunas áreas la siembra de esta semilla es aún restringida por los altos costos, además de que los genotipos que se ofrecen en el mercado no

son aptos para la región, no obstante de ser productivos y carentes de una adecuada longevidad (vigor).

Incrementar los rendimientos de maíz por unidad de superficie es una necesidad que día a día está creciendo, ya que es un cultivo básico, pero el productor de este grano independientemente de su nivel de tecnificación o estatus socioeconómico demanda adquirir variedades que le aseguren un alto rendimiento en su cosecha con características agronómicas favorables.

A pesar de la trascendencia del aumento en sus rendimientos, los híbridos mejorados actuales observan incrementos en la calidad nutricional debido a la creciente demanda social en lo referente a la salud (obtención de productos con más proteínas, vitaminas, cualidades organolépticas, etc.), productos para la industria textil (fibras naturales más resistentes), pero en la actualidad el aspecto de la calidad fisiológica (vigor) y sanitaria ha sido poco considerada por un número reducido de investigadores y fitomejoradores. A todo lo anterior hay que añadir que el aprovechamiento de la variabilidad genética aún presenta numerosas posibilidades de éxito, además que la obtención de híbridos superiores es un método efectivo para aumentar la producción y el vigor, ya que éstas no suponen un aumento del costo de producción, aparte del necesario para sostener el incremento adicional del rendimiento.

Siendo el vigor un atributo de calidad, este consistía en medir el porcentaje de germinación, pero ésta solo mide la capacidad del material

genético para producir plántulas normales bajo condiciones controladas de laboratorio; sin embargo no era posible repetir estas evaluaciones confiablemente bajo condiciones de campo; actualmente existen metodologías para determinar el "vigor de semilla" que permiten medir la calidad de esta bajo ésta última condición. Para tener una buena calidad, uno de los factores que se puede mejorar y que incide en el rendimiento y la calidad fisiológica de la semilla es la selección de líneas que permitan aumentar el rendimiento mediante la combinación óptima entre ellas, que manifiestan buena aptitud combinatoria general (ACG) y luego escoger entre los mejores comportamientos de aptitud combinatoria específica (ACE), obteniendo así híbridos con buen potencial de rendimiento aunado a buenas características fisiológicas de la semilla, como lo es el vigor.

Por lo anterior, este trabajo tiene el propósito de seleccionar individuos genéticamente superiores con características agronómicas y fisiológicas deseables, proporcionando criterios al fitomejorador para que sus programas de mejoramiento sean más eficientes en la generación de híbridos que posean altos niveles de rendimiento y vigor en semilla, que garantice a la vez una buena longevidad y tolerancia al ataque de microorganismos que afecten su potencial fisiológico en la etapa de poscosecha. Planteándose los objetivos siguientes:

Objetivo General.

Seleccionar progenitores y cruzas que presenten buenas características agronómicas, fisiológicas y sanitarias que se consideran de interés económico.

Objetivos Específicos.

- Identificar líneas e híbridos de maíz que posean aptitud combinatoria en características agronómicas, fisiológicas y sanitarias deseables en semilla.
- Determinar si las pruebas de vigor combinadas pueden discriminar genotipos genéticamente superiores de los inferiores en las características fisiológicas.

Hipótesis.

- Cuando menos un genotipo presentará buenas características de aptitud combinatoria general y específica para características agronómicas, fisiológicas sanitarias de la semilla.
- Las pruebas de vigor (prueba fría y envejecimiento acelerado) en laboratorio pueden discriminar genotipos superiores en características fisiológicas.

2. REVISION DE LITERATURA

La Diversidad en Maíz y su Calidad.

Es un hecho por demás conocido que el maíz (*Zea mays*) se originó en México y que gran parte de la evolución que ha tenido en términos de su variabilidad genética ocurrió en este país. A medida que esta planta ha evolucionado, la gente ha introducido nuevos genotipos en un amplio espectro de ambientes y nichos ecológicos. De este modo, México también se convirtió en centro de diversidad genética del maíz y sus depósitos de germoplasma han contribuido de manera decisiva a la producción mundial del grano, incluso las variedades dentadas de la "Faja Maicera" estadounidense son descendientes cercanos de las primeras razas autóctonas mexicanas (Nadal 2000)

El banco de germoplasma sostenido por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) en México tiene 10,965 accesiones, de las cuales hay 3,532 que corresponden a variedades mexicanas; además el CIMMYT tiene otras 2,200 accesiones con menos de 100 a 200 semillas, y muchas de ellas son también originarias de México. Por otra parte, el banco de genes del INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria), dependiente del gobierno federal tiene otras 570 accesiones más que no están

incluidas en las colecciones del CIMMYT. El germoplasma de maíz mexicano combinado con el de otros complejos raciales de Sudamérica y África puede llegar a ser un factor muy relevante para la satisfacción de necesidades alimentarias cada vez mayores (Taba, 1994).

Algunas limitantes de los programas de producción de semillas no se cumplen debido a la falta de semilla de calidad, ya que esta comprende varios atributos, indicando que la semilla debe ser apta para la siembra, ya que esta se clasifica de acuerdo a varios criterios: apariencia, uniformidad, germinación, pureza genética, contaminantes de semillas extrañas, insectos, materia inerte, enfermedades, daño mecánico, tratamiento químico, grado de deterioro, estado de madurez, etc., todos estos atributos influyen para que en la cosecha tengamos buena calidad física, fisiológica y sanitaria, ya que existe una interacción genotipo ambiente durante todo el ciclo de desarrollo de la planta (Vázquez, 1993).

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

La sanidad es otro atributo no menos importante en la calidad y este se refiere a la presencia de patógenos, como hongos, bacterias, virus y nematodos presentes en la misma, patógenos que pueden generar trastornos como alteraciones fisiológicas en la planta o semilla que aceleran su proceso de deterioro y generan pérdidas importantes al no haber un desarrollo normal desde las etapas tempranas de la planta, así mismo, la infección del cultivo que puede repercutir en serias pérdidas de producción, además de convertir a las semillas en transmisor y dispersor de patógenos (Avendaño 1997). En resumen, una semilla de calidad es pura, tanto varietal como física, un alto porcentaje de germinación y vigor, así como la ausencia de patógenos.

Estos atributos de calidad 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 (Muñoz y Poey 1983).

Por lo anterior, al seleccionar líneas se deben de considerar los posibles efectos visuales, presión de selección, interacción genotipo ambiente, edáficos, etc. Además del objetivo del mejoramiento para ciertas características, aprovechando su aptitud de combinación entre ellas, para que al momento de tomar decisiones se pueda evitar pérdidas de materiales valiosos.

Aptitud Combinatoria General y Específica.

El comportamiento de líneas endocriadas en su combinación híbrida es lo que generalmente se refiere como capacidad o aptitud combinatoria. Este comportamiento en híbridos ha sido dividido en dos categorías: capacidad combinatoria general y específica.

Los términos de capacidad combinatoria general y específica fueron usados y originalmente definidos por Sprague y Tatum (1942), cuando utilizaron el sistema de cruzamientos dialélicos como un procedimiento de pruebas de líneas endocriadas. Ellos definieron el término de capacidad combinatoria general como el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas; y el término capacidad combinatoria específica para designar aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas.

Rojas y Sprague (1952) relacionan varianzas para ACG y ACE a los posibles tipos de acción génica envueltos; la varianza para capacidad combinatoria general incluye la porción genética aditiva, mientras que la varianza para capacidad combinatoria específica generalmente incluye la desviación por dominancia y epístasis. Así mismo, señalan que estos estimados tienen mayor valor cuando se repiten en una serie de experimentos en años y localidades.

Muchos investigadores indican que la mejor etapa para realizar las pruebas de ACG y ACE es en generaciones tempranas, ya que la habilidad combinatoria es un carácter heredable que se trasmite a su descendencia.

Larios (1992) en un estudio de aptitud combinatoria de líneas en diferentes niveles de endogamia, concluyó que los cuadrados medios de ACE fueron superiores a los de ACG para la variable rendimiento, tanto a nivel individual como en el combinado y que los mayores efectos que se observaron en los híbridos se debieron a efectos no aditivos.

Peña *et al.* (1994) determinaron la aptitud combinatoria de líneas en combinación con variedades adaptadas, con el fin de identificar híbridos más sobresalientes a corto plazo, ellos encontraron que los efectos de dominancia se manifiestan en una mayor eficiencia para precocidad. Además encontró alta variabilidad genética entre el material estudiado que puede ser útil en la generación de híbridos de buen potencial de producción.

Por su parte, Rodríguez (1995) al trabajar con los progenitores para la formación de híbridos dobles experimentales, encontró que algunos de ellos poseen una excelente aptitud combinatoria y diversidad genética, además de que obtuvieron una buena expresión de heterosis útil y de estabilidad, principalmente en el carácter de rendimiento.

Gomar (1985) trabajando con sorgo estimó ACG y ACE; él concluyó que las características de días a floración y excursión de panoja presentaron efectos de sobredominancia en dos localidades evaluadas, además de que en una localidad se encontraron efectos similares para las variables de altura de planta, número de hojas y rendimiento; mientras que en la otra localidad se presentó para peso de mil semillas. También Méndez (1987) en sorgo, obtuvo en su análisis de varianza diferencias altamente significativas para ACG en las hembras y machos para peso fresco y seco de planta, diámetro de tallo, número de hojas, altura de planta, área de hoja bandera y días a floración en diferentes localidades, revelando altos valores de ACG y acción de genes aditivos en la herencia de estas características.

Por su parte, Gómez (1990) realizó un análisis de varianza para el cultivo del trigo; la ACG y ACE mostraron diferencias significativas para peso de mil granos, granos por espiga principal, área foliar, altura de planta y días a madurez fisiológica. Las espigas por planta, granos por planta, peso de mil granos, granos por espiga principal, rendimiento por espiga principal y días a

espigamiento mostraron una acción predominante de la varianza aditiva, mientras que el rendimiento por planta reveló ACE significativa, lo cual indicó que la varianza no aditiva está controlando este carácter. La proporción de ACG/ACE mostró una gran diferencia a favor de la ACG para 11 características de las 13 evaluadas, sin embargo, para rendimiento por planta y longitud de la espiga, los efectos de genes aditivos y no aditivos se manifestaron igual.

En arroz se han realizado estudios de ACG y ACE entre progenitores nacionales y de introducción para determinar su efecto sobre la heterosis; a través de estos estudios se han desarrollando líneas androestériles portadoras del carácter Cytoplasmic Male Sterility (CMS), así como líneas mantenedoras de la esterilidad (B) y líneas restauradoras (R). Con esto se crean híbridos que pueden cultivarse comercialmente bajo riego con rendimientos superiores en un 35 a 40 por ciento en comparación con lo que reportan las variedades comerciales para transplante y siembra directa (Hernández, 1993).

Aranda (1982) trabajando con chile, encontró que la variable rendimiento presentó significancia para ACG atribuible al tipo de acción genética aditiva cuando se realizó el análisis para cada localidad separadamente, más en el análisis combinado también fue significativo la ACE, pero en el análisis de componentes de rendimiento prevaleció el tipo de acción genética no aditiva, aunque algunos componentes de rendimientos presentaron también ACG, sin embargo fue mas importante la ACE para dichos componentes.

Interacciones Génicas

Gurin (1999) en su recopilación define a estas interacciones de la siguiente manera:

Dominancia: Es un tipo de interacción alélica en dónde uno de los genes presentes en alguno de los dos cromosomas homólogos se expresa y a la vez, enmascara al gen que se encuentra en el mismo locus del otro cromosoma homólogo. El gen que enmascara se llama gen dominante y el enmascarado gen recesivo. En los experimentos de Mendel al cruzar dos líneas puras, los híbridos obtenidos expresaban uno de los rasgos de sus progenitores que correspondía a la expresión del gen dominante.

Epistasis: Es un tipo de interacción a nivel del producto de los genes no alelos. En una vía metabólica donde intervienen distintas enzimas, cada una de ellas transforma un sustrato en un producto, de manera que el compuesto final se obtiene por acción de varias enzimas. Cada una de estas está determinada por un gen a lo menos. Si uno de los genes que codificada para alguna de las enzimas sufre una mutación y cambia producirá una enzima defectuosa y el producto final no se obtendrá. El efecto enmascarador sobre el fenotipo que tiene un gen sobre otro gen no alelo se denomina epistasis. El gen primero es el que enmascara el efecto del otro gen. Se distinguen distintos tipos de epistasis: dominante, recesiva, doble dominante y doble recesiva y en cada una las

proporciones clásicas se ven alteradas.

El departamento de psicobiología de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), en sus fundamentos biológicos de la conducta (1996-2001) explica que en el caso de las influencias genéticas solamente se hereda el aditivo. Los otros dos aparecen si hay interacciones de los alelos dentro de un mismo locus (el de dominancia) o entre alelos de diversos loci (el de epistasia). Es decir, surgen de las interacciones de los alelos de un individuo entre sí, ya sea dentro del mismo locus o entre distintos loci, y son particulares de ese individuo, la distinción entre los tres componentes genéticos del modelo poligénico es que realmente sólo se transmite el componente aditivo, es decir, el que resulta de la suma de los efectos génicos de los alelos. Los otros dos no aditivos no se heredan como tales, surgen de las interacciones de lo heredado, pero no se heredan propiamente. Se dice entonces que los efectos no aditivos hacen que los sujetos de una misma familia se diferencien entre sí, mientras que los aditivos los hacen más semejantes.

Según Robinson y Cockerham (1963), los propósitos perseguidos al estimar los parámetros genéticos son, 1) obtener información sobre la naturaleza de la acción de los genes involucrados en la herencia del o los caracteres bajo investigación y 2) obtener bases para la evaluación de planes de mejoramiento de la población u obtener la información necesaria para el desarrollo de nuevos enfoques del mejoramiento genético de plantas y animales.

Gaytán (1994) estudió la variabilidad genética de diferentes genotipos para estimar diferentes formas de heterosis en características cuantitativas y relacionar características fenotípicas de los genotipos y poder identificar las mejores combinaciones para desarrollar híbridos potenciales, no en todos los casos cuando se tienen genotipos con alto rendimiento de grano es cuando se obtienen altos índices de cosecha.

Álvarez (1984) estimó parámetros genéticos en un sintético de maíz y encontró una mayor varianza aditiva para las características de altura de planta y mazorca, diámetro de mazorca y peso de 300 semillas, en la cual se puede explotar mediante algún esquema de selección recurrente que acumule los efectos aditivos presentes en tales características. Caso contrario sucedió con rendimiento y número de mazorcas por 100 plantas, donde encontró mayor varianza de dominancia; por lo que se justifica un programa de hibridación que explote los efectos no aditivos de dichas características.

Griffing (1956) estimó los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genotípica de la población parental por medio del uso de los componentes de varianza para ACG y ACE.

Por su parte, Alvarado (1987) determinó la magnitud de los componentes de heterosis en el cultivo de maíz, así como la contribución relativa de los efectos aditivos y de dominancia. Además encontró que los efectos génicos aditivos mostraron la mayor contribución a la variación total y

que la heterosis promedio tuvo el efecto más importante sobre el valor heterotico mostrado por las cruzas.

Guerrero (1990) concluye que la metodología de líneas *per sé* capitaliza mejor los efectos aditivos y dominantes de acuerdo a los resultados encontrados. Mientras que la metodología de cruzas de prueba capitalizó mejor el efecto heterótico, ya que mediante esta metodología trató de detectar que línea o líneas combinan bien entre sí, encontrando que para rendimiento, el 55.54 por ciento de la variación total de medias generacionales fue atribuido a los efectos de dominancia intravarietal y los efectos aditivos contribuyeron con el uno por ciento y los heteroticos con un 12.11 por ciento a la variación total de medias generacionales.

Lugo (1993) concluye en su trabajo que el desempeño de las cruzas dobles están en función directa de los efectos aditivos y no aditivos propios de sus cruzas simples progenitoras, y que en la prepotencia de las cruzas simples no se encontró una asociación con la habilidad combinatoria general de sus líneas progenitoras, pues la recombinación de genes al aparearse dos líneas para constituir las cruzas forman un genotipo nuevo con efectos aditivos y no aditivos propios. Por lo que al tener información a este respecto en las cruzas simples, es primordial en el proceso de formación de híbridos dobles o triples

Bdliya y Burris (1988) trabajando con características fisiológicas de la semilla en maíz, determinaron la aptitud combinatoria para el carácter

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 ACG y ACE para la prueba de germinación en calor; mientras que la ACG fue mayor que la ACE y 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 el vigor de la semilla.

Vázquez, (1996), al trabajar con seis poblaciones de maiz y ser evaluados bajo un diseño dialélico, encontraron que los efectos de aptitud combinatoria especifica son mas importantes en que los de aptitud combinatoria general en la manifestación de la germinación y vigor de semillas; sin embargo, manifiestan que existen pocos trabajos genéticos que involucren la calidad fisiológica de la semilla. Por lo anterior, sugieren que se incursionen en esta área al desarrollar estrategias en mejoramiento, con la intención de integrar esfuerzos y generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

Tomando en cuenta que el componente genético es el de mayor importancia en la manifestación del vigor de la semilla, el cual no ha sido suficientemente explotado. Delouche (1985) sugiere que se implante una estrategia para que se incluyan en los programas de mejoramiento genético los caracteres de vigor. Esta debe de ser orientada a la resistencia o tolerancia al deterioro de la semilla en el campo, incrementar la longevidad de la semilla bajo

condiciones de estrés, mejorar la capacidad y emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables.

Diseños de Griffing

En genética vegetal, cuando los investigadores disponen de una muestra de líneas y efectúan cruzas simples entre ellas llamadas cruzas dialélicas, los diseños de cruzamientos de Griffing (1956) son de gran utilidad para evaluar diferentes aspectos genéticos asociados con las cruzas, apoyándose para ello en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros. En ciertas especies vegetales es posible utilizar a las líneas que participan en una determinada craza como padres, madres o para efectuar autofecundaciones. La elección de alguno de los diseños de Griffing depende de las cruzas que se incluyan en el experimento; si se consideran las cruzas en un sentido, es posible elegir a los diseños dos o cuatro de Griffing, en cambio, si se consideran además las cruzas recíprocas, es posible elegir a los diseños uno o tres respectivamente. Griffing usó el término "cruzas dialélicas" y las describe como el procedimiento en el cual se elige un conjunto de líneas progenitoras y se realizan las cruzas entre ellas. Así tenemos que existe un máximo de n^2 de cruzas posibles; y presenta 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. Comprende el ensayo de las autofecundaciones (padres), las cruzas F1 y las recíprocas de la F1.

De tal forma que si se tienen:

$n = 10$ padres, se tendrán:

$n(n-1)/2 = 45$ F1 directas

$n(n-1)/2 = 45$ F1 recíprocas

Total = $n^2 = 100$

Diseño 2. Aquí se ensayan las autofecundaciones (padres) y las cruzas F1, pero no se incluyen las cruzas recíprocas, se ensayan en total $n(n+1)/2$ combinaciones.

$n = 10$ padres

$n(n-1)/2 = 45$ F1 directas

Total = $n(n+1)/2 = 55$

Diseño 3. Se ensayan las cruzas F1 y sus recíprocas, pero no se incluyen las autofecundaciones (padres), se ensayan $n(n-1)$ combinaciones.

$n = 10$ padres

$n(n-1)/2 = 45$ F1 directas

$n(n-1)/2 = 45$ F1 recíprocas

Total = $n(n-1) = 90$

Diseño 4. Se ensaya un grupo de cruzas F1, sin incluir las reciprocas. Aquí solo se ensayan $n(n-1)/2$. Este método es el mas usado, porque se estudian las F1 y a través de ellas se estiman la aptitud combinatoria general y especifica de los padres.

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

$$n(n-1)/2 = 45 \text{ F1}$$

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

Musito (2000), mediante un dialélico identificó cruzas con alto potencial agronómico con tendencias a transmitir esas características para la predicción de cruzas triples, así también predijo el comportamiento de híbridos simples en generaciones futuras y respecto a la estimación de varianzas aditivas y de dominancia, en la población que evaluó encontró una mayor varianza aditiva a la cual se le puede aplicar un esquema de mejoramiento recurrente en donde se acumulen los efectos aditivos presentes en las variables agronómicas.

3. MATERIALES Y METODOS

Área de Estudio

Etapas de Campo

Esta etapa se llevó a cabo en la localidad de Celaya, Gto. La cual se encuentra ubicado a 20° 32' Latitud Norte y a 100° 49' Longitud Oeste. Con una Altitud de 1754 msnm, con una temperatura media anual de 20.6° C y una mínima de 0.8° C, su precipitación media anual es de 597 mm. (García, 1981). La siembra se realizó en terrenos de un productor cooperante en el tramo de la carretera Celaya - Juventino Rosas.

Etapas de Laboratorio

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; la cual se encuentra localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a una latitud de 25° 13' 48 ", una longitud de 101° 01' 48 " y una altura de 1743, metros sobre el nivel del mar.

Material Genético Utilizado

El material genético que se utilizó en esta investigación fueron seis genotipos de maíz que han generado los investigadores del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la UAAAN, el cual es el siguiente:

| GENOTIPO | ORIGEN |
|----------|----------------|
| AN2 | Trópico Seco |
| AN20 | Trópico Seco |
| AN76 | Trópico Seco |
| AN211 | Trópico Húmedo |
| AN232 | Bajío |
| AN255 | Bajío |

Dos de ellas fueron obtenidas de los programas que se realizan en el Bajío y se caracterizan por ser de porte bajo e intermedio; tres son del trópico seco y una de trópico húmedo.

Procedimiento Experimental en Campo

Para recombinar los genotipos utilizados y así obtener todas las cruzas posibles, se sembraron en campo mediante un dialélico con arreglo de progenitores apareados; con este sistema se tuvieron mayores posibilidades de

realizar las cruzas directas, así como el incremento de los progenitores mediante cruzas fraternales planta a planta.

Siembra

La siembra se llevó a cabo en el mes de Mayo del 2000, mediante un sistema de progenitores apareados. La preparación del terreno consistió en: barbecho, rastreo y surcado del terreno. La parcela experimental por entrada fué de dos surcos de 5.0 m de largo y 0.76 m de ancho, dando un área experimental de 7.60 m² y la parcela útil de 6.70 m², con 21 plantas por surco, obteniendo una densidad de población de 62,686 plantas por hectárea. La siembra se realizó manualmente sembrando dos semillas por golpe para después aclarar a una planta. Las labores del cultivo y control de enfermedades y plagas se realizaron de acuerdo a las necesidades del cultivo, la formula de fertilización de N-P-K fue de 160-60-00, fraccionándose en dos partes; el cincuenta por ciento al momento de la siembra y la segunda parte en el primer cultivo. El desarrollo del cultivo fue bajo riego. Las parejas de cruzas directas se cosecharon y se formó un compuesto balanceado.

Variables Evaluadas

Variables Fisiológicas

Germinación Estándar (GS)

Se realizó conforme a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 1996), para lo cual se colocaron cuatro repeticiones de 25 semillas en toallas de papel húmedo, las cuales se enrollaron para formar los llamados "tacos". Posteriormente se llevaron a incubación a 25° C, realizándose un conteo de germinación a los seis días, se registraron las plántulas normales, anormales y semillas no germinadas.

Longitud Media de Plúmula (LMP)

Estas plántulas provienen de la prueba de germinación estándar a los seis días, midiendo solamente la longitud de la plúmula (mm) de plántulas normales, la longitud se dividió entre el número de plántulas normales, obteniendo así el promedio de ellas.

Peso Seco de Plúmula (PS)

Después de evaluar germinación estándar, las plántulas normales se separaron del resto de la semilla y se sometieron a secado en estufa por 24

horas a 80° C, para luego establecer en una balanza analítica de precisión (0.0001 g) el peso seco expresado en miligramos por plántula (mg/pl).

Prueba de Envejecimiento Artificial (EA)

Se utilizó una cámara de envejecimiento artificial con condiciones de $40 \pm 2^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de 100 por ciento. La cámara interna constó de un vaso de precipitado de 600 ml conteniendo 100 ml de agua en donde se colocaron 200 semillas en una malla de alambre, sostenidas por un soporte en el interior y tapándose con papel aluminio. El tiempo de exposición bajo estas condiciones fue de ocho días. Al finalizar el período se sacaron las semillas y se realizó la prueba de germinación, plántulas anormales, longitud media de plúmula y peso seco, según lo establece la ISTA (1996).

Prueba Fría Modificada (PF)

La semilla que se sometió a esta prueba fue de un remanente de semilla envejecida, las cuales se sembraron en recipientes, colocando las semillas sobre el suelo, cubriéndolas con una capa de un cm de suelo, posteriormente se le añadió agua necesaria para que la humedad del suelo se mantuviera a un 70 por ciento de saturación. Las cajas se taparon y colocaron en una cámara a 10°C . A los siete días se pasaron a una cámara de crecimiento con

temperatura de 25° C a iluminación constante. Realizando la evaluación de plántulas normales y anormales.

Variables Agronómicas

Porcentaje de Plantas Infeccionadas con *Fusarium* spp (PIF)

Por ciento de plantas que manifestaron síntomas de ataque de *Fusarium* spp en el tallo de las plantas en relación al total de plantas por parcela experimental.

Mazorcas Podridas (MZP)

Se consideraron mazorcas podridas aquellas que tuvieron más de un 10 por ciento de granos podridos, expresado en por ciento en función del número total de mazorcas por parcela.

Rendimiento de Mazorca por Hectárea (RMH)

Para estimar el rendimiento se utilizó la siguiente metodología: Se tomó una muestra aleatoria de 200 gramos de semilla del acopio de mazorcas de la parcela; se determinó el contenido de humedad al momento de la cosecha con un determinador de humedad Dickey John modelo MGT, calculándose el por

ciento de materia seca por diferencia con el 100 por ciento. Finalmente, el rendimiento en mazorca al 15.5 por ciento de humedad se obtuvo al calcular la materia seca (MS): $MS = 100 - \text{el por ciento de contenido de humedad de cada parcela}$. Posteriormente se obtuvo el peso seco (PS), el cuál esta en función del peso de campo (PC): Para obtener el peso absoluto se dividió la MS entre 100 para transformarla a unidades.

$$PS = PC * MS$$

Posteriormente, el peso seco fue corregido por fallas mediante covarianza y la determinación del coeficiente de regresión para corregir los rendimientos. Una vez obtenido el peso seco corregido, este es multiplicado por el factor de corrección y de esta manera obtener los rendimientos (ton ha^{-1}) para cada una de las parcelas. El factor de corrección está basado en la siguiente formula.

$$FC = \frac{10,000 \text{ m}^2}{APU \times 0.845 \times 1\,000}$$

donde:

FC = Factor de conversión a ton ha^{-1} .

APU= Area de parcela útil (distancia entre surcos x distancia entre el número óptimo de plantas por parcela).

0.845= Constante para obtener el rendimiento al 15.5 por ciento de humedad

1000= Coeficiente para obtener el rendimiento en ton ha^{-1} .

$10,000\text{m}^2$ =Superficie de una hectárea.

Diseño Estadístico Utilizado

El análisis estadístico utilizado fue el diseño completamente al azar para las variables de laboratorio y estas se realizaron con cuatro repeticiones a acepción de prueba fría que se realizó con tres repeticiones, para las variables de campo se utilizó el mismo diseño con dos repeticiones cada una. Utilizando el paquete estadístico SAS (1989). Siendo el modelo lineal el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado

μ = Efecto de la media general

δ = efecto de tratamientos

E_{ij} = Error experimental

En germinación estándar y prueba fría, los datos fueron transformados mediante arcoseno $\sqrt{X + 0.005/100}$ (Steel y Torrie, 1986).

Se realizó una comparación de medias mediante la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al nivel de 0.05 de probabilidad para aquellas variables que presentaron diferencias significativas y de 0.01 para las que presentaron alta significancia.

La fórmula de esta prueba fue:

$$DMS = t \frac{2S^2}{r}$$

Donde:

S^2 = cuadrado medio del error

r = número de repeticiones

t = valor tabular de t para los grados de libertad del error

Diseño Genético Estadístico

Se estimaron los efectos de aptitud combinatoria de la siguiente forma:

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

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

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.

Se utilizó el diseño cuatro de Griffing de diseños dialélicos para todas las variables, para estimar los efectos de aptitud combinatoria general y específica, mediante el modelo lineal siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Valor fenotípico observado de la craza con progenitores i, j.

μ = Media general

g_i, g_j = Efecto de la ACG del progenitor i, j

s_{ij} = El efecto de la ACE de la craza (i,j)

y_k = Efecto de la K - ésima repetición

e_{ijk} = Error experimental

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Características Fisiológicas

Análisis de Varianza

De acuerdo a los análisis de varianza (Cuadro 4.1) de las variables evaluadas en laboratorio y para la fuente de tratamientos, presentaron diferencias altamente significativas ($\alpha= 0.01$) para todas las variables, lo anterior nos indica que existe una suficiente variación entre los materiales evaluados, también se pudo apreciar que los coeficientes de variación fueron aceptables, ya que estos oscilaron entre 4.33 y 18.79 por ciento.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas en laboratorio.

| F.V | G.L | PN (GSI) | PA (GS) | LMPI (GS) | PS(GS) | PF | PN (EA) | PA (EA) | LMP (EA) | PS (EA) |
|---------|-----|----------|-----------|-----------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|
| TRAT | 20 | 550.3** | 0.00166** | 9.01** | 136.0** | 2335.2** | 0.0360** | 0.020** | 13.19** | 198.7** |
| ERROR | 63 | 38.79 | 0.0010 | 0.9325 | 43.073 | 82.0317 | 0.0172 | 0.0029 | 0.690 | 22.578 |
| C.V (%) | | 6.99 | 4.33 | 11.12 | 18.54 | 13.44 | 11.58 | 6.78 | 10.59 | 18.79 |

* ** = Significativo y altamente significativo, respectivamente

PN (GS) = Plántulas normales en prueba de germinación estándar

PA (GS) = Plántulas anormales iniciales en prueba de germinación estándar

LMP (GS) = Longitud media de plántula inicial en prueba de germinación estándar

PS (GS) = Peso seco de plúmula inicial en prueba de germinación estándar

PF= Prueba fría

PN= Plántulas normales en prueba de envejecimiento acelerado

PAF (EA)= Plántulas anormales finales en prueba de envejecimiento acelerado

LMPF (EA) = Longitud media de plántula final en prueba de envejecimiento acelerado

PSF (EA) = Peso seco de plúmula final en prueba de envejecimiento acelerado

Comparación de Medias

En el Cuadro A1 se presenta la comparación de medias mediante DMS, para las plántulas normales, anormales, longitud de plántula y peso seco de plúmula obtenida en la prueba de germinación estándar (**GS**), en dicha variable donde se formaron cinco grupos estadísticos, en los cuales del primer grupo sobresalen las cruzas AN255 * AN76 , AN255 * AN20 y AN 255 * AN232 con 99, 99 y 98 por ciento de germinación, mientras que las germinaciones mas bajas las registraron las cruzas AN232 * AN2 y AN232 * AN20 con 63.0 y 62.0 por ciento respectivamente; cabe señalar que las cruzas que llevan como progenitor la línea AN2 reducen su potencial de germinación, ya que esta línea es considerada de baja calidad fisiológica; en cambio, las cruzas que tuvieron germinaciones altas tienen como progenitor común la línea AN255, la cual es considerada de buen potencial fisiológico.

En plántulas anormales (**PA**), se presentaron cuatro grupos estadísticos, donde la línea AN2 presentó el mayor número de plántulas anormales con 34 por ciento, seguida por la crusa AN232 * AN20 con 32 por ciento y en el último grupo se presentaron tres cruzas con el menor porcentaje de plántulas anormales, siendo ellas las cruzas AN255 * AN20, AN 255 * AN76 y AN20 * AN2 con solo el uno por ciento; como pudo observarse, la línea AN2 resultó ser de bajo potencial fisiológico, en cambio la línea AN255 mostró un buen potencial para esta característica.

Para longitud media de plúmula (**LMP**) se presentaron siete grupos estadísticos, sobresaliendo en el grupo uno la línea AN255 con 11.32, siguiendo las cruzas AN76 * AN2, AN255 * AN211, AN255 * AN232, AN255 * AN76 y la línea AN76; con 10.82, 10.80, 10.65, 10.20 y 10.10 respectivamente. Por el contrario, las longitudes mas bajas correspondieron para la AN2 y AN232*AN20 con 6.75 y 6.22; por lo anterior, la línea AN255 presentó un buen potencial fisiológico, la cual puede ser considerada como un buen progenitor para esta característica, ya que está presente en las cruzas con buena longitud de plántula, mientras que la línea AN2 y AN 232 estuvieron presentes como progenitores comunes pero disminuyeron la longitud de plántula. cuadro

En peso seco de plúmula (**PS**), solo se presentaron dos grupos estadísticos, de los cuales el mas sobresaliente contuvo únicamente el progenitor AN255 con 0.04517mg/plúmula, por el contrario la línea AN20 fue la que tuvo más bajo peso (0.02737 mg/plúmula). En esta variable, la línea AN20 es considerada de muy baja calidad fisiológica, ya que manifiesta en sus cruzas un menor potencial para peso seco de plúmula; mientras que la línea AN255 es considerada como buen progenitor para las cruzas que manifestaron buenas características de peso seco.

En cuanto a los mejores valores en la comparación de medias, se destaca la presencia de las líneas AN232, AN255, AN76 como progenitores que en los atributos favorables de germinación como plántulas normales, longitud media de plúmula y peso seco, se encuentran en los dos primeros

grupos, siendo de valores promedios altos favoreciendo en la mayoría de las combinaciones en las que participan.

En el cuadro antes mencionado se encuentran los valores para prueba fría (PF), sobresale la cruce AN232 * AN20, ya que registró un 98.66 por ciento de germinación, mientras que los valores mas bajos obtenidos en prueba fría correspondieron a los progenitores AN20 y AN2 con 20 y 0.0 por ciento, después del estrés al que fueron sometidos los genotipos, mientras que las líneas con mayor por ciento de germinación fueron AN232 y AN20, expresando un buen potencial fisiológico; mientras que AN20 y AN2 siguen expresando su bajo potencial fisiológico.

En la prueba de envejecimiento acelerado PN (EA) se obtuvieron datos de plántulas normales, anormales, longitud de plúmula y peso seco de plúmula (Cuadro A1), encontrándose en plántulas normales la formación de ocho grupos estadísticos, del primer grupo sobresalen las cruces AN76 * AN2 , AN255 * AN20 y AN255 * AN2, con 97, 93 y 93 por ciento de germinación, mientras que las germinaciones mas bajas las registraron las líneas AN20 y AN2 con 32.0 y 27.0 por ciento respectivamente; se pudo observar que las cruces que llevan como progenitor común la línea AN2 y AN232 bajan su potencial de germinación, ya que estas líneas son consideradas de baja calidad fisiológica; en cambio, las cruces que tuvieron germinaciones altas tienen como progenitor común la línea AN255, la cual es considerada de buen potencial fisiológico.

En plántulas anormales **PA (EA)** se presentaron ocho grupos estadísticos y en el mejor grupo se encontraron los genotipos AN255 * AN2, AN255 * AN20 y AN76 * AN20 con tres, tres y uno por ciento de plántulas anormales y los progenitores con mayor número de plántulas anormales fueron AN211 y AN2 con 56 y 35 por ciento. Aún después del estrés de la semilla, la línea AN255 mostró un buen potencial, por lo cual se considera buen progenitor al minimizar el número de plántulas anormales; en cambio las líneas AN211 y AN2 expresaron un alto número de anomalía considerándose como malos progenitores para esta característica.

Para la longitud media de plúmula después de la prueba de envejecimiento artificial **LMPF (EA)**, se conformaron siete grupos estadísticos, de los cuales los dos primeros grupos sobrepasan la media general que fue de 7.88 cm de longitud formados por ocho cruzas, en el grupo uno con 11.05 se integró la craza AN255 * AN2 con la mejor longitud, en tanto que los progenitores con poca longitud de plúmula fueron AN2 y AN20 con 5.90 y 5.27. En esta característica, las líneas AN255 y AN76 fueron las mejores líneas que al combinarse con las demás líneas, aumentan la longitud; mientras que AN2 y AN20 fueron las líneas que por su baja calidad son considerados como progenitores malos para esta característica.

En peso seco de plúmula después de la prueba de envejecimiento artificial **PSF (EA)**, se presentaron cinco grupos estadísticos y una media general de 0.02528 mg/plúmula. En el grupo uno destacan las cruzas AN76 *

AN20, AN255 * AN20, AN76 * AN20 con 0.03285, 0.03265 y 0.03250 mg/plúmula superando la media; mientras que AN211 y AN20 fueron las líneas con menor peso seco con 0.01295 y 0.00792 mg/plúmula. Las líneas AN255 y AN76 mostraron ser las mejores líneas, ya que fueron progenitores que presentaron características fisiológicas deseables; mientras que AN211 y AN20 presentaron características que contribuyen a reducir el peso seco de plúmula.

Características Agronómicas

Análisis de Varianza

En estas variables (Cuadro 4.2), se obtuvo una alta significancia ($\alpha=0.01$) para mazorcas podridas y rendimiento de mazorca por hectárea , siendo no significativa en plantas infectadas con *Fusarium*. Los coeficientes de variación obtenidos para estas variables fueron de 4.95, 5.05 y 16.37 para plantas infectadas con *Fusarium*, mazorcas podridas y rendimiento de mazorca.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas en campo

| F.V | G.L | PIF | MZPOD | RMH |
|-------|-----|----------|----------|---------|
| TRAT | 20 | 0.002 NS | 0.0036** | 21.84** |
| ERROR | 21 | 0.001 | 0.0018 | 3.596 |
| C.V | | 4.95 | 5.050 | 16.37 |

* ** = Significativo y altamente significativo, respectivamente

PIF= Plántulas infectadas con *Fusarium*

MZPOD= Mazorcas podridas

RMH= Rendimiento de mazorca por hectárea

Comparación de Medias

En el cuadro A1 se presenta la comparación de medias para las características agronómicas, en donde las mazorcas podridas (**MZP**) presentaron cinco grupos estadísticos, siendo AN255, AN211 * AN2 y AN76 los que resultaron con el mayor porcentaje de mazorcas podridas con 17.0, 13.05 y 11.60; mientras que AN211 * AN20 y AN255 * AN20 obtuvieron resultados de 0.50 y 0 por ciento de mazorcas podridas; como puede observarse, las líneas AN255 y AN76 son los progenitores que resultaron con el mayor promedio; en cambio las líneas AN211 y AN20 presentaron el menor número de mazorcas podridas.

En rendimiento de mazorca por hectárea (**RMH**) se presentaron cuatro grupos estadísticos, en donde AN255 * AN2, AN255 * AN211 y AN76 * AN2 registraron valores de 17.39, 16.57 y 16.14 ton ha⁻¹; con una media general de 11.58 ton ha⁻¹, mientras que los rendimientos mas bajos los obtuvieron AN211 y AN211 * AN20 con 7.80 y 7.65 ton ha⁻¹. En esta característica es importante señalar que la línea AN255 fue una de las mas sobresalientes, ya que en las mayoría de las cruzas es considerada como de buena calidad fisiológica y agronómica; mientras que AN211 es considerada como una línea de muy baja calidad agronómica.

Análisis Genético

Características Fisiológicas

De acuerdo a los análisis de varianza del diseño genético (Cuadro 4.3), se observó que en la mayoría de las variables evaluadas mostraron alta significancia ($\alpha = 0.01$) para las fuentes de ACG y ACE, a excepción del peso seco de plúmula en germinación estándar y envejecimiento artificial quienes resultaron ser no significativas; las diferencias significativas dan a entender que existe una gran variación en la constitución genética de los progenitores y ello permite que al cruzar dos líneas altamente contrastantes originen híbridos con capacidad heterótica.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios y significancia del análisis genético para las variables evaluadas en laboratorio.

| F.V | G.L | PN (GS) | PA(GS) | LMP(GS) | P.F | E.A | P.A. (EA) | L.M.P. (EA) |
|---------|-----|---------|------------|---------|----------|----------|-----------|-------------|
| TRAT. | 20 | 550.3** | 0.0 0166** | 9.01** | 2335.2** | 0.0060** | 0.020** | 13.19** |
| ACG | 5 | 260.2** | 52.90** | 127.8** | 1076.4** | 668.85** | 242.3** | 4.26** |
| ACE | 15 | 96.6** | 60.97** | 98.14** | 292.2 | 31.95** | 123.4** | 2.94** |
| ERROR | 63 | 9.6 | 0.001 | 0.23 | 82.031 | 0.0172 | 0.0029 | 0.17 |
| TOTAL | 83 | | | | | | | |
| C.V (%) | | 6.99 | 4.33 | 11.12 | 13.44 | 11.59 | 6.78 | 10.59 |

+ La prueba fría se realizó con 3 repeticiones.

*, ** significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad.

PN (GS) = Plántulas normales en prueba de germinación estándar

PA (GS) = Plántulas anormales iniciales en prueba de germinación estándar

LMP (GS) = Longitud media de plántula inicial en prueba de germinación estándar

PS (GS) = Peso seco de plúmula inicial en prueba de germinación estándar

PF= Prueba fría

PN= Plántulas normales en prueba de envejecimiento acelerado

PAF (EA)= Plántulas anormales finales en prueba de envejecimiento acelerado

LMPF (EA) = Longitud media de plántula final en prueba de envejecimiento acelerado

PSF (EA) = Peso seco de plúmula final en prueba de envejecimiento acelerado

Germinación Estándar

Los valores de ACG y ACE para germinación inicial se concentran en el Cuadro A.2, donde se muestra que las mejores líneas con valores de ACG fueron AN255 y AN76 con valores de 7.16 y 4.41; mientras que las líneas AN2 y AN232, mostraron los valores más bajos de ACG, siendo estos de -7.58 y -5.4 . En lo que respecta a los valores de ACE se observaron que las cruzas más sobresalientes para esta característica fueron la AN20 * AN2 con 11.07, seguida por la cruce AN232 * AN76 con 9.94. El efecto más bajos de ACE lo obtuvieron las combinaciones AN232 * AN20 y AN232 * AN2 con -21.05 y -13.05 , estas cruzas obtuvieron una germinación por debajo de la media general.

Los resultados anteriores muestran que las cruzas más sobresalientes fueron AN20 * AN2, AN232 * AN76 y AN211 * AN2, donde se observó la mayor participación de dos progenitores AN76 y AN211, estas líneas las presentaron una ACG favorable en la manifestación de la germinación, y una ACE favorable en las cruzas en las que participaron, presentando así efectos de dominancia para las cruzas respectivas.

Plántulas Anormales en Germinación Estándar

En el Cuadro A.3, se concentran los valores de ACG y ACE para plántulas anormales en la germinación estándar inicial, en donde se observó que las líneas AN2 y AN232 presentaron valores de ACG de 7.67 y 3.17;

mientras que AN211 y AN76 presentaron los valores más bajos de -2.216 y -3.954 respectivamente. En cuanto a los efectos de ACE para esta variable se observó que las cruzas AN232 * AN20 y AN232 * AN211 registraron los valores más altos de 20.04 y 10.66, en cambio AN20 * AN2, AN211 * AN2 y AN76 * AN2 obtuvieron los valores más bajos con -15.15, -8.830 y -8.09.

Como se pudo observar, las cruzas que presentaron la mayor cantidad de plántulas anormales están conformadas por progenitores que presentan altos valores de ACG, como lo son las líneas AN232 y AN2, considerándose a estas líneas como indeseables para esta característica, por el contrario, las líneas que presentaron la menor cantidad de anomalías en las plántulas y de ACG fueron AN76 y AN211, manifestándose así en los valores de ACE cuando ambas se relacionan, lo que hace que estas líneas presenten buenos efectos aditivos para esta variable.

Longitud Media de Plúmula en Germinación Estándar

En el Cuadro A.4, se concentran los valores de ACG y ACE para longitud media de plúmula, observándose que la línea AN255 presentó el valor más alto de ACG con 4.11 y el valor más bajo lo obtuvo la línea AN20 con -0.900. En lo que respecta a los efectos de ACE, los mejores valores lo aportaron las combinaciones AN255 * AN232 y AN232 * AN20 con 26.60 y 3.11; mientras que las cruzas AN232 * AN76 y AN255 * AN2 registraron valores de -4.34 y -4.16, representando así como las combinaciones con menor valor en la ACE y con aptitud poco favorable para aumentar la longitud de plántula.

Por lo anterior, los mayores efectos aditivos para la manifestación de longitud de plúmula los mostró la AN255 y AN232, repercutiendo así en la ACE al tener un buen comportamiento de efecto de dominancia y al presentar un valor muy alto, sobresaliendo así del resto de las cruzas, esto nos indica que al tener dos líneas con buena ACG podemos tener por lo tanto buen comportamiento en la ACE, en la cual estos dos progenitores aumentaron la longitud de plúmula en las cruzas en las que participaron.

Prueba Fría

Los efectos de ACG y ACE para prueba fría se concentran en el Cuadro A.5, en el cual se observó que el mejor efecto aditivo fue para las líneas AN232, AN255 y AN76, con valores de ACG de 13.44, 9.56 y 8.27; mientras que las líneas AN211 y AN2 registraron los menores efectos aditivos con -9.347 y -12.347. En los efectos no aditivos, los mejores valores se obtuvieron en las cruzas AN76 * AN20, AN255 * AN2 y AN232 * AN20, manifestando un buena combinación favorable en la expresión de la pérdida de vigor de la semilla, al presentar valores de 20.77, 19.23 y 18.61; en cambio, las cruzas que presentaron los efectos mas bajos fueron AN255 * AN20, AN232 * AN76 y AN20 * AN2 con valores de -14.51, -6.26 y -1.59.

Los progenitores más sobresalientes fueron AN232 y AN255. que en su ACG resultaron ser buenas en esta característica, resultado que se refleja al participar estas en la expresión de la ACE, contribuyendo a la buena

manifestación de la germinación de la semilla después de haber sometida a estrés.

Envejecimiento Acelerado

Los valores de ACG y ACE para envejecimiento acelerado se concentran en el Cuadro A.6, donde se muestra que las mejores líneas con valores de ACG fueron AN255, AN232 y AN76 con valores de 12.75, 4.00 y 6.75; mientras que las líneas AN20 y AN2 mostraron los valores más bajos de ACG, con -5.62 y -11.50 . En lo que respecta a los valores de ACE, las cruzas más sobresalientes para esta característica fue la AN76 * AN20 con 24.01, seguida por la cruce AN255 * AN2 con 19.89. También se observó que el efecto más bajo de ACE la obtuvo la combinación AN255 * AN76 y AN20 * AN2 con -7.35 y -10.73 .

Los resultados anteriores muestran que las cruzas más sobresalientes fueron AN76 * AN20, AN25 * AN2 y AN232 * AN20, donde se observó la participación de tres progenitores en común que son: AN76, AN255 y AN232, las cuales presentaron una ACG favorable en la manifestación de la germinación después del envejecimiento, lo cual se ve reflejada en las cruzas en las que participan, presentando así una ACE favorable y por lo tanto efectos de dominancia para las cruzas respectivas.

Plántulas Anormales en Envejecimiento Acelerado.

En el Cuadro A.7, se presentan los efectos de ACG y ACE, observándose que las líneas con valores altos de ACG fueron AN211 y AN2 con 8.29 y 4.91; mientras que AN76 y AN255 son líneas con efectos aditivos ya que presentan un número reducido de plántulas anormales con valores de -5.08 y -5.33. En los valores de ACE las cruzas AN20 * AN2, AN255 * AN232 y AN232 * AN76 con valores de 8.10, 2.48 y 2.23, presentaron el mayor número de plántulas anormales; mientras que AN76 * AN211 y AN255 * AN2 registraron valores de -12.01 y -11.39, los cuales presentaron los efectos no aditivos mas bajos y por debajo de la media en el número de plántulas anormales.

Los resultados anteriores mostraron que las cruzas con mayor anormalidad están conformados por el progenitor AN2, quien presenta una ACG con valores altos, reflejando por lo tanto una ACE alta en las cruzas donde esta línea participa; pero en cambio AN76 y AN255 resultaron ser progenitores comunes en las cruzas con menor ACE, las cuales presentaron la menor anormalidad, lo cual es deseable en esta característica.

Longitud Media de Plántula en Envejecimiento Acelerado

En el Cuadro A.8, se presentan los valores de ACG y ACE para la longitud de plúmula, observándose que en la ACG las líneas AN255 y AN76

presentaron los valores mas altos de 0.99 y 0.73; mientras que la línea con ACG reducido fue para la línea AN232 con -0.90 . En cambio en los valores de ACE se observó que las cruzas más sobresalientes fueron la AN76 * AN20 y AN255 * AN20 con 2.50 y 2.30; Mientras que los efectos mas bajos se obtuvieron en las cruzas AN255 * AN76 y AN232 * AN20 con -0.70 y -0.59 .

Con los resultados anteriores puede observarse que los mayores efectos aditivos lo presentaron AN255 y AN76 al tener valores altos de ACG, considerándose a esta líneas como deseables para esta característica ya que al participar como progenitores comunes en las cruzas aumentan su ACE, por lo que hace que estas líneas presenten buenos efectos para esta variable fisiológica.

Características Agronómicas

De acuerdo a los análisis de varianza del diseño genético (Cuadro 4.4), se observó que en todas las variables se presentaron alta significancia en las fuentes de ACG y ACE, existiendo también una gran variación en la constitución genética.

Cuadro 4.4 Cuadrados medios y significancia del análisis dialélico para las variables de campo.

| F.V | G.L | P.I.F. + | MZPOD.+ | R.M.H+ |
|---------|-----|----------|----------|--------------|
| TRAT. | 20 | 0.002** | 0.0036** | 21.84** |
| ACG | 5 | 25.57** | 21.87** | 3082754.1** |
| ACE | 15 | 8.85** | 43.65** | 12146785.8** |
| ERROR | 63 | 0.0005 | 0.0018 | 1.79 |
| TOTAL | 83 | | | |
| C.V (%) | | 4.95 | 5.050 | 16.37 |

+ Las tres variables agronómicas se realizaron con 2 repeticiones.

*, ** significativo al nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad.

PIF= Plántulas infectadas con *Fusarium*

MZPOD= Mazorcas podridas

RMH= Rendimiento de mazorca por hectárea

Plántulas Infectadas con *Fusarium*.

Para la incidencia de *Fusarium*, los valores de ACG y ACE se muestran en el Cuadro A.9, donde se observó que la línea AN20 presentó el mayor efecto de ACG con 2.35. Mientras que la línea AN255 presentó el valor mas bajo con - 1.89, en esta característica es ideal tener los efectos más bajos, por lo que los genotipos con valores negativos son la alternativa a

seleccionar siempre y cuando en otras pruebas muestran buenos resultados y puedan ser utilizados en la formación de híbridos con buenas características sanitarias. Por lo anterior, los mayores efectos de ACE obtenidos se registraron en las cruzas AN232 * AN20 y AN255 * AN76 con 4.62 y 3.00, mientras que las cruzas con menor valor de ACE fueron las combinaciones de AN76 * AN20 y AN255 * AN20 con -3.75 y -3.62, resultando ser estas últimas las de mayor interés económico; por lo que se recomendarían como alternativa a los progenitores AN211, AN76 y AN255 por su poca manifestación de efectos aditivos, lo cual es óptimo en esta característica, esta cualidad se ve favorecida al participar como progenitores, ya que disminuye su ACE.

Mazorcas Podridas.

En el Cuadro A.10 aparecen los efectos de ACG y ACE, en donde se observó que las líneas que mostraron efectos aditivos en la incidencia de mazorcas podridas fueron AN20 y AN255 con valores de 3.102 y 0.039 de ACG, sin embargo, para esta característica es ideal tener los efectos más bajos, y AN211 y AN2 registraron los menores valores de ACG con -1.64 y -0.860. En la ACE, las cruzas que obtuvieron menor incidencia de mazorcas podridas fueron AN255 * AN20, AN211 * AN20 y AN232 * AN20 con valores bajos de -10.76, -8.57 y -4.61; en cambio AN211 * AN2 y AN232 * AN76 mostraron valores de ACE de 7.939 y 0.414 respectivamente, lo cual no es recomendable.

Las cruzas que presentaron la mayor cantidad de pudrición de mazorcas están conformadas por progenitores que presentaron altos valores de ACG, representadas por AN20 y AN255, líneas que se consideran indeseables para esta característica de sanidad; en cambio, las líneas AN232, AN211 y AN2 resultaron ser progenitores de efectos aditivos benéficos y que cuando se relacionan en las cruzas, el resultado es una disminución en la pudrición, ya que sus valores de ACE son ideales para la obtención de híbridos más sanos.

Rendimiento de Mazorca.

En rendimiento de mazorca se presentan los valores de ACG y ACE en el Cuadro A.11, donde se muestra que las mejores líneas con valores de ACG fueron AN255 y AN232 con valores de 469.46 y 748.13. Las líneas con menor ACG fueron AN2 y AN20 con valores de -567.71 y -718.53. Los valores de ACE más sobresalientes para esta variable los presentaron las cruzas AN255 * AN211 y AN76 * AN2 con valores de 5347.82 y 5178.54; mientras que los valores más bajos de ACE lo registraron las cruzas AN255 * AN2 y AN211 * AN20 con valores de -3622.80 y -2397.02.

Por lo anterior, los mejores efectos aditivos para la manifestación de un buen rendimiento fueron para AN232 y AN255, repercutiendo así en las cruzas en las que participaron, ya que presentaron buenos efectos de dominancia al presentar un valor alto de ACE. Estos resultados muestran que estas líneas pueden ser consideradas como alternativas en la generación de híbridos.

Con los resultados obtenidos, puede inferirse que las diferencias estadísticas entre las cruzas evaluadas se deben principalmente a efectos no aditivas; como se puede apreciar en el Cuadro 4.5; esto es básico para llegar a saber sobre la varianza que tienen las cruzas evaluadas, las cuales se deben en mayor parte a los efectos de dominancia, coincidiendo estos resultados con los de Daldon (1980).

Cuadro. 4.5 Contribución de las variables a la suma de cuadrados debida a sus efectos aditivos y no aditivos (%).

| VARIABLE | ACG | ACE |
|-----------|--------------|--------------|
| PN(GSI) | 48 | 52 |
| PA(GSI) | 22.42 | 77.53 |
| LMP(GSI) | 30.26 | 69.73 |
| PS(GSI) | 2.07 | 97.92 |
| PF | 55.11 | 44.88 |
| EA | 40.88 | 59.11 |
| PAF(EA) | 6.14 | 93.85 |
| LMP(EA) | 83.37 | 16.62 |
| PS(EA) | 4 | 96 |
| PI(EA) | 49.06 | 50.94 |
| MZP | 14.31 | 85.68 |
| RMH | 7.79 | 92.20 |

Al interpretar los resultados del análisis genético para las cruzas, se puede inferir que para la variable germinación estándar que engloba los atributos como, plántulas normales, longitud de plúmula y peso seco, la contribución de los efectos de ACE (dominancia y epistasis) fue superior a los efectos de ACG (aditivos); lo antes expuesto, indica que los efectos no aditivos son más importantes debido a que existen mayor número de loci en estado homocigotico

Indudablemente uno de los objetivos de los fitomejoradores al derivar líneas de cualquier fuente de germoplásma es llegar a seleccionar líneas superiores por su ACG que al cruzarse con otro genotipo puedan expresar la mayor ACE y poder identificar los gametos o frecuencias génicas que permitan obtener híbridos, en este caso con características agronómicas y fisiológicas deseadas y llegar a repetir este tipo de cruzamientos cuantas veces se desee, pero tomando en cuenta que tipo de interacciones son heredables.

En esta investigación se combinaron dos pruebas de vigor (prueba fría y envejecimiento acelerado) para ser mas eficientes, obteniendo resultados favorables ya que los efectos de ACG (aditivos) contribuyeron con la mayor proporción; pero los atributos que engloba la prueba de vigor (plántulas anormales, longitud de plúmula y peso seco) contribuyeron más con sus efectos no aditivos.

Delouche (1986) menciona que la calidad fisiológica lleva atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y emerger rápidamente, producir plantas vigorosas y estándares y uniformes bajo condiciones de campo que se presentan durante la época de cultivo. Esta cualidad está determinada por factores genéticos, fisiológicos, patológicos y ambientales.

Refiriéndose a lo patológico, pudo observarse en este estudio que las cruas presentaron una alta resistencia al ataque de enfermedades, su mayor contribución se debió a efectos de dominancia y epistasis.

Al interpretar los cuadrados medios de la fuente de variación ACG y ACE respecto a rendimiento, se observó también que la mayor parte de las contribución está dando por la ACE, por lo tanto los efectos no aditivos son en mayor forma los que están contribuyendo a la expresión fenotípica, de las cruzas evaluadas.

Resultados similares obtuvo Larios (1992) en rendimiento, tanto la ACG como la ACE mostraron ser altamente significativos , pero denotó que la ACE en la mayor parte de los cuadrados medios contribuyeron en la expresión fenotípica, siendo importante este tipo de resultados por el nivel que presentan las cruzas debido a los efectos no aditivos.

5. CONCLUSIONES

Basándose en los objetivos planteados inicialmente se concluye lo siguiente:

- La prueba fría y envejecimiento acelerado, ayudan a discriminar genotipos genéticamente superiores de los inferiores en con base en las características fisiológicas para una selección mas eficiente.
- Respecto a la varianza aditiva y varianza de dominancia para las variables fisiológicas y agronómicas; la población a formarse con el material evaluado contendrá mayor varianza no aditiva ya que los cuadrados medios de ACE fueron superiores que los cuadrados medios de ACG, las cuales se debieron en mayor parte a los efectos de dominancia y epistasia.
- Se lograron identificar progenitores que presentaron estimaciones de ACG altos antes y después del estrés y que esta característica fue transmitida a su descendencia, sobresaliendo de ellos: AN255, AN232 y AN76, tanto en variables fisiológicas como sanidad aceptables antes y después del estrés al que fueron sometidas; de agronómicas.

- A nivel de cruzas específicas, se encontraron cruzas que mostraron efectos de ACE positivos, para características fisiológicas, agronómicas y de ellas sobresalen: AN255 X AN232 y AN232 X AN76, que pueden ser consideradas como alternativas en la generación de híbridos.
- Siendo el componente genético de gran importancia, se sugiere que se incluyan en los programas de mejoramiento características que involucren a la calidad fisiológica, con la intención de generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

6. RESUMEN

En cualquier país del mundo la mayor preocupación de los tecnólogos y mejoradores es incrementar la productividad de los cultivos y mantenerla bajo diferentes condiciones ambientales por lo que se hace necesario poner en practica todo tipo de técnicas fisiológicas y métodos de mejoramiento en campo que den como resultado la generación de variedades híbridas, ya que en un programa de formación de híbridos, influye mucho el criterio del mejorador, así como la metodología utilizada para explotar la variabilidad genética.

La investigación reportada en este estudio se estableció en el 2000 en la localidad de Celaya, Gto, a 20° 32' Latitud Norte y 100° 49' Longitud Oeste, con una Altitud de 1754 msnm. El material genético constó de seis genotipos de maíz que han generado los investigadores del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la UAAAN: AN255, AN232, AN76, AN211, AN20 Y AN2 y sus cruzas directas. El objetivo general que se planteo fue: Seleccionar progenitores y cruzas que presenten buenas características agronómicas, fisiológicas y sanitarias que se consideran de interés económico, y los objetivos específicos fueron: identificar líneas e híbridos de maíz que posean buenas características agronómicas, fisiológicas y sanitarias deseables en semilla y determinar si las diferentes pruebas de laboratorio pueden discriminar genotipos genéticamente

superiores de los inferiores en las características fisiológicas. El análisis estadístico utilizado fue el diseño completamente al azar para las variables de laboratorio y estas se realizaron con cuatro repeticiones a acepción de prueba fría que se realizó con tres repeticiones, para las variables de campo se utilizó el mismo diseño con dos repeticiones cada una. Posteriormente, se analizó bajo un diseño genético, utilizando el método cuatro de Griffing para análisis dialélicos.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que: A) La prueba fría y envejecimiento acelerado, ayudan a discriminar genotipos genéticamente superiores de los inferiores en con base en las características fisiológicas para una selección mas eficiente. B) Respecto a la varianza aditiva y varianza de dominancia para las variables fisiológicas y agronómicas; la población a formarse con el material evaluado contendrá mayor varianza no aditiva ya que los cuadrados medios de ACE fueron superiores que los cuadrados medios de ACG, las cuales se debieron en mayor parte a los efectos de dominancia y epistasis. C) Se lograron identificar progenitores que presentaron estimaciones de ACG altos antes y después del estrés y que esta característica fue transmitida a su descendencia, sobresaliendo de ellos: AN255, AN232 y AN76, tanto en variables fisiológicas como agronómicas. D) A nivel de cruzas específicas, se encontraron cruzas que mostraron efectos de ACE positivos, para características fisiológicas, agronómicas y de sanidad aceptables antes y después del estrés al que fueron sometidas; de ellas sobresalen: AN255 X AN232 y AN232 X AN76, que pueden ser consideradas como alternativas en la

generación de híbridos. E) Siendo el componente genético de gran importancia, se sugiere que se incluyan en los programas de mejoramiento genético características que involucren a la calidad fisiológica, con la intención de generar nuevos materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de la semilla.

7. LITERATURA CITADA

- Alvarado, L. 1987. Efectos genéticos y heterosis en cultivares tropicales de maíz. Memorias de la XXXIII reunión anual del PCCMCA. Guatemala. pp 81-110.
- Alvarez G. I. 1984. Estimación de parámetros genéticos en un sintético de maíz del trópico seco mexicano. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 93 p.
- Association of official seed analyst (AOSA). 1985. Rules for testing seed. Journal seed and tecnology 6(2):1-59. USA.
- Aranda L., J.M. 1982. Estimación de parámetros genéticos por medio de cruzamientos dialelicos en chile (*Capsicum annum* L.) Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. pp 33-34.
- Avendaño L., A.N. 1997. Análisis micológico de semilla de maíz y evaluación de ensayos para detección de *Fusarium moliniforme* Sheldon. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 13 p.
- Bdliya, P.M., and J.S. Burris. 1988. Diallel anaysis of tolerance of drying injuty in seed corn. Crop Sci. 28(6):935-938. USA.
- Campos C., E.A. 1989. Comportamiento agronómico, parámetros genéticos y correlaciones de 24 genotipos de cartamo (*Cartamus tinctorius* .L.) en dos ambientes del estado de Coahuila. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 78 p.
- Daldon; M.A. 1980. Aptitud combinatoria general y especifica de 10 poblaciones de maíz (*Zea mays*. L). Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 66p.
- 1985. Nuevos caminos en la investigación sobre tecnología de semillas. Memorias Tecnológicas de Semillas. CIAT. Colombia. P.39.
- Delouche. J.C. 1986. Physiological seed quality. Short course for seedsmen. Mississippi State University. Vol. 27: 51-59. USA.

García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. Dirección General de Publicaciones México. D.F.

Gaytán R. B. 1994. Estimación de heterosis para diferentes características cuantitativas de maíz utilizando progenitores de Valles Altos y subtropicales. XV Congreso Nacional de Fitogenética. P. 390. Monterrey, N.L.

Gomar M., M.A. 1985. Aptitud combinatoria general y específica en líneas de sorgo para grano. (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 84 p.

Gómez L., B.L. 1990. Estudio de aptitud combinatoria y heterosis para diferentes características agronómicas en trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo temporal. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 222 p.

Guerrero M., M.H. 1990. Estimación de efectos genéticos y heteróticos en variedades de maíz (*Zea mays* L.) mejoradas para condiciones de temporales escasos. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 113 p.

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

Hernández A.L. 1993. Nuevos rumbos en la producción de arroz. 2ª ed. Cuadernos de nutrición.

International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International for seed Testing Rules. Seed Sciences and Technology. 24 Supplement.

Larios B., L.A. 1992. Aptitud combinatoria de líneas en diferentes niveles de endogamia y sus implicaciones en híbridos de maíz. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 118 p.

López R.R. 1994. Evaluación de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en laboratorio y campo para conocer su grado de tolerancia a *Fusarium* spp. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 85p.

Lugo H. F. 1993. Selección y estimación de parámetros genéticos en híbridos y en sus cruces simples progenitoras en maíz. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 66 p.

Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera Edición. México. D.F.

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 semillas, PPMCA, Panamá, Abril. 5-8 p.

Musito. R. N. 2000. Caracterización genética de una población precoz de maíz bajo un diseño dialélico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 35p.

McDonald M.B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proc. Of offic. seed analysts. 65: 117-122. USA.

Nadal A. 2000. El caso del maíz mexicano en el NAFTA: variedad genética y liberación comercial. Programa de ciencia y tecnología. Colegio de México. México, D.F.

Peña R.A., F. Ramos G. y S. Martín del Campo. 1994. Aptitud combinatoria de líneas y variedades de maíz adaptadas a la región norte centro de México. XV Congreso Nacional de Fitogenética. Monterrey, N.L. p.368

Reyes M. A. C. 1990. Demostración del día del agricultor. Publicación especial. No. 13. Campo experimental. Río Bravo, Tamaulipas. México

Robinson H.F. y C.C. Cockerham, 1963. Estimación y significado de los parámetros genéticos, (Traducción). Fitotécnica latinoamericana. 5: 23-37.

Rodríguez R.P. 1995. Identificación de híbridos dobles potenciales de maíz para el Bajío Mexicano y estimación de aptitud combinatoria en sus cruzas progenitoras. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México.

Rojas B., A. and F. Sprague. 1952. A comparison of variance component in corn yield traits. General and specific combining ability and their interacciones with locations and years. Agron. J. 44:462-466. USA.

SAS. 1989. SAS Institute INC. SAS/STAT User's Guide.

Sprague G. F. and L.A. Tatum. 1942. General vs specific combining ability in single crosses of corn. Agron. J. 34:923-932.

Steel R. y J. Torrie. 1986. Bioestadística, principios y procedimientos. Traducido de la 1ª ed. Inglesa A. Martínez (2ª ed) México, McGraw-Hill. 481p.

- Taba S. 1994. Current Activities of CIMMYT Maize Germplasm Bank. "The CIMMYT Maize Germplasm Bank: Genetic Resource Preservation, Regeneration, Maintenance and Use". Maize Program Special Report. CIMMYT, México D.F.
- Vazquez 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. 22p.
- Vázquez C., W.A. 1993. Temperatura, fenología y calidad física en la semilla de maíz (*Zea mays*.L) Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 13 p.

APENDICE

PAGINAS WEB CONSULTADAS

WWW.uned.es/psico-1-fundamentos Departamento de psicobiología, UNED. Fundamentos biológicos de la conducta I, 1996-2001. México.

www.fao.org/inicio.htm. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 1999. Base de datos estadísticos. Roma, Italia.

www.sagar.gob.mx/snics.html Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 1998. Base de datos estadístico.

www.Sgxgurinadinet.mx. Gurin S. 1999. Interacciones génicas. Paysandú, Uruguay.

Cuadro A1. Comparación de medias para las variables fisiológicas y agronómicas.

| TRATAM. | GENOTIPO | GSI | PAI | LMPI | PSI | PF | PAF | LMPF | PSF | MZPOD | RMH |
|---------|----------|-------|------|----------|-----------|-----------|---------|-----------|-------------|----------|-----------|
| 1 | AN255 | 97AB | 3CD | 11.32A | 0.04517A | 81.33BCDE | 15CDEF | 6.72DEFG | 0.02125ABC | 17.7A | 7.84D |
| 2 | AN 232 | 90BC | 3CD | 7.47DEFG | 0.03952AB | 72DEFG | 20CD | 6.22FG | 0.03047AB | 9.55ABCD | 8.17D |
| 3 | AN 76 | 91ABC | 4CD | 10.1AB | 0.03535AB | 78.66CDEF | 13DEFGH | 7.77CDEF | 0.0188BCDE | 11.6ABC | 8.44D |
| 4 | AN 211 | 95ABC | 5CD | 8.05DEF | 0.02872AB | 20J | 56A | 5.97FG | 0.01295DE | 8.1BCD | 7.8D |
| 5 | AN 20 | 94ABC | 6CD | 8.12DE | 0.02737B | 20J | 19CDE | 5.27G | 0.01295E | 2.8DE | 9.97BCD |
| 6 | AN 2 | 65E | 34A | 6.75FG | 0.02925AB | OK | 35B | 5.9FG | 0.01295CDE | 5.65BCDE | 9.52BCD |
| 7 | 255*232 | 98AB | 2CD | 10.65AB | 0.02937AB | 85.33ABCD | 11DEFGH | 9.12ABC | 0.01295ABC | 5.75BCD | 14.22ABCD |
| 8 | 255*76 | 99A | 1D | 10.2AB | 0.0408AB | 94.66AB | 6FGH | 8.85ABCDE | 0.01295ABCD | 5.75BCDE | 14ABCD |
| 9 | 255*211 | 96AB | 4CD | 10.8AB | 0.04302AB | 72DEFG | 8EFGH | 9.4ABC | 0.01295AB | 2.4DE | 16.57AB |
| 10 | 255*20 | 99A | 1D | 9.62BC | 0.04302AB | 49.33HI | 3GH | 10.87AB | 0.01295A | 0E | 13.64ABCD |
| 11 | 255*2 | 95ABC | 19C | 8.1DEF | 0.04302AB | 90.66ABC | 3GH | 11.05A | 0.01295AB | 4.35CDE | 17.39A |
| 12 | 232*76 | 98ABC | 2CD | 9.6BC | 0.04302AB | 89.33ABC | 11DEFGH | 6.62DEFG | 0.01295AB | 7.4BCD | 11.71ABCD |
| 13 | 232*211 | 79D | 21B | 7.67DEF | 0.04302AB | 85.33ABCD | 3DEFGH | 6.6EFG | 0.01295AB | 4.95BCDE | 13.41ABCD |
| 14 | 232*20 | 62E | 32A | 6.22G | 0.04302AB | 98.66A | 6FGH | 6FG | 0.01295A | 5.35BCDE | 13.72ABCD |
| 15 | 232*2 | 63E | 28AB | 7.65DEF | 0.04302AB | 93.33ABC | 15CDEF | 6.8DEFG | 0.01295ABCD | 4.7BCDE | 14.33ABCD |
| 16 | 76*211 | 97AB | 3CD | 8.1DEF | 0.04302AB | 65.33FG | 6FGH | 8.79BCDE | 0.01295ABCD | 3.05CDE | 13.51ABCD |
| 17 | 76*20 | 91ABC | 9CD | 7.72DEF | 0.04302AB | 94.66AB | 1H | 10.75AB | 0.01295ABCD | 9.3ABCD | 8.91CD |
| 18 | 76*2 | 92ABC | 5CD | 10.82AB | 0.04302AB | 68EFG | 13DEFG | 10.17AB | 0.01295ABCD | 5.65BCDE | 16.14ABC |
| 19 | 211*20 | 87CD | 7.9C | 7EFG | 0.04302AB | 58.66GH | 15CDEF | 6.85DEFG | 0.01295ABCD | 0.5E | 7.67D |
| 20 | 211*2 | 91ABC | 6CD | 7.92DEF | 0.04302AB | 60GH | 16CDEF | 7.72CDEF | 0.01295BCDE | 13.05AB | 8.17D |
| 21 | 20*2 | 92ABC | 1D | 8.4CD | 0.04302AB | 37.33I | 26BC | 7.25CDEFG | 0.01295ABCD | 7.4BCD | 8.15D |

Cuadro A.2. Efecto de ACG y ACE para plántulas normales en germinación estándar.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 97 | 7.16 | 1 |
| AN232 | 90 | - 5.45 | 5 |
| AN76 | 91 | 4.41 | 2 |
| AN211 | 95 | 2.04 | 3 |
| AN20 | 94 | - 0.58 | 4 |
| AN2 | 65 | - 7.58 | 6 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN20 X AN2 | 92 | 11.07 | 1 |
| AN232 X AN76 | 98 | 9.94 | 2 |
| AN211 X AN2 | 91 | 7.44 | 3 |
| AN255 X AN232 | 98 | 7.19 | 4 |
| AN255 X AN2 | 95 | 6.32 | 5 |
| AN76 X AN2 | 92 | 6.07 | 6 |
| AN255 X AN20 | 99 | 3.32 | 7 |
| AN76 X AN211 | 97 | 1.44 | 8 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN255 X AN76 | 99 | - 1.67 | 9 |
| EAN76 X AN20 | 91 | - 1.92 | 10 |
| AN255 X AN211 | 96 | - 2.30 | 11 |
| AN211 X AN20 | 87 | - 3.53 | 12 |
| AN232 X AN211 | 79 | - 6.67 | 13 |
| AN232 X AN2 | 63 | - 13.05 | 14 |
| AN232 X AN20 | 62 | - 21.05 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.3. Efecto de ACG y ACE para plántulas anormales en germinación estándar.

| LÍNEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 3 | -4.079 | 6 |
| AN232 | 3 | 3.170 | 2 |
| AN76 | 7 | -3.954 | 5 |
| AN211 | 3 | -2.216 | 4 |
| AN20 | 5 | -0.591 | 3 |
| AN2 | 34 | 7.670 | 1 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN232 X AN20 | 32 | 20.044 | 1 |
| AN232 X AN211 | 21 | 10.669 | 2 |
| AN232 X AN2 | 28 | 7.782 | 3 |
| AN255 X AN2 | 19 | 6.032 | 4 |
| AN76 X AN20 | 9 | 4.169 | 5 |
| AN211 X AN20 | 7.9 | 1.332 | 6 |
| AN255 X AN211 | 4 | 0.919 | 7 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN76 X AN211 | 3 | -0.205 | 8 |
| AN255 X AN76 | 1 | -0.342 | 9 |
| AN255 X AN20 | 1 | -3.705 | 10 |
| AN255 X AN232 | 2 | -6.467 | 11 |
| AN232 X AN76 | 2 | -6.592 | 12 |
| AN76 X AN2 | 5 | -8.092 | 13 |
| AN211 X AN2 | 6 | -8.830 | 14 |
| AN20 X AN2 | 1 | -15.455 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.4. Efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en germinación estándar.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 11.32 | 4.116 | 1 |
| AN232 | 7.47 | 2.204 | 2 |
| AN76 | 10.1 | -0.619 | 3 |
| AN211 | 8.05 | -0.750 | 4 |
| AN20 | 8.2 | -0.049 | 6 |
| AN2 | 6.75 | -0.900 | 5 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN255 X AN232 | 10.65 | 26.601 | 1 |
| AN232 X AN20 | 10.82 | 3.112 | 2 |
| AN232 X AN2 | 8.4 | 2.122 | 3 |
| AN232X AN211 | 7.92 | 1.343 | 4 |
| AN211 X AN20 | 7.0 | 0.572 | 5 |
| AN76 X AN20 | 8.1 | 0.242 | 6 |
| AN255 X AN76 | 7.72 | 0.161 | 7 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN211 X AN2 | 10.8 | -1.793 | 8 |
| AN76 X AN2 | 9.6 | -2.212 | 9 |
| AN255 X AN211 | 9.62 | -2.675 | 10 |
| AN20 X AN2 | 7.65 | -2.881 | 11 |
| AN76 X AN211 | 7.67 | -3.011 | 12 |
| AN255 X AN20 | 10.2 | -3.525 | 13 |
| AN255 X AN2 | 6.22 | -4.162 | 14 |
| AN232 X AN76 | 9.62 | -4.343 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.5. Efecto de ACG y ACE para prueba fría.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 61 | 9.569 | 2 |
| AN232 | 54 | 13.444 | 1 |
| AN76 | 59 | 8.277 | 3 |
| AN211 | 15 | -9.347 | 5 |
| AN20 | 15 | -9.597 | 4 |
| AN2 | 0 | -12.347 | 6 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN76 X AN20 | 71 | 20.77 | 1 |
| AN255X AN2 | 68 | 19.23 | 2 |
| AN232 X AN20 | 74 | 18.61 | 3 |
| AN232X AN2 | 70 | 17.36 | 4 |
| AN211 X AN2 | 45 | 15.15 | 5 |
| AN211X AN20 | 44 | 11.40 | 6 |
| AN255 X AN232 | 85 | 10.77 | 7 |
| AN232X AN211 | 64 | 8.36 | 8 |
| AN76 X AN2 | 51 | 3.52 | 9 |
| AN255X AN211 | 54 | 2.23 | 10 |
| AN255 X AN76 | 71 | 1.61 | 11 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN76 X AN211 | 49 | -1.47 | 12 |
| AN20X AN2 | 28 | -1.59 | 13 |
| AN232 X AN76 | 67 | -6.26 | 14 |
| AN255X AN20 | 37 | -14.51 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE

Cuadro A.6. Efecto de ACG y ACE para envejecimiento acelerado.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 79 | 12.75 | 1 |
| AN232 | 66 | 4.00 | 3 |
| AN76 | 75 | 6.75 | 2 |
| AN211 | 36 | -06.37 | 5 |
| AN20 | 32 | - 5.62 | 4 |
| AN2 | 27 | - 11.50 | 6 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN76 X AN20 | 97 | 24.01 | 1 |
| AN255 X AN2 | 93 | 19.89 | 2 |
| AN232 X AN20 | 90 | 19.76 | 3 |
| AN211 X AN2 | 72 | 18.01 | 4 |
| AN255 X AN20 | 93 | 14.01 | 5 |
| AN255 X AN211 | 91 | 12.76 | 6 |
| AN232 X AN2 | 76 | 11.64 | 7 |
| AN211 X AN20 | 70 | 10.14 | 8 |
| AN76 X AN2 | 72 | 4.89 | 9 |
| AN76 X AN211 | 75 | 2.76 | 10 |
| AN232 X AN211 | 72 | 2.51 | 11 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN255 X AN232 | 86 | - 2.60 | 12 |
| AN232 X AN76 | 79 | - 3.60 | 13 |
| AN255 X AN76 | 84 | - 7.35 | 14 |
| AN20 X AN2 | 44 | - 10.73 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.7. Efecto de ACG y ACE para plántulas anormales en envejecimiento acelerado.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 15 | -5.333 | 6 |
| AN232 | 20 | -0.958 | 3 |
| AN76 | 13 | -5.083 | 5 |
| AN211 | 56 | 8.291 | 1 |
| AN20 | 19 | -1.833 | 4 |
| AN2 | 35 | 4.916 | 2 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN20 X AN2 | 26 | 8.107 | 1 |
| AN255X AN232 | 11 | 2.482 | 2 |
| AN232 X AN76 | 11 | 2.232 | 3 |
| AN255X AN76 | 6 | 1.607 | 4 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN76X AN2 | 13 | -1.642 | 5 |
| AN232 X AN2 | 15 | -3.767 | 6 |
| AN255X AN20 | 3 | -4.642 | 7 |
| AN232 X AN20 | 6 | -6.017 | 8 |
| AN20X AN2 | 26 | -6.267 | 9 |
| AN76 X AN20 | 1 | -6.892 | 10 |
| AN232X AN211 | 13 | -9.142 | 11 |
| AN255 X AN211 | 8 | -9.767 | 12 |
| AN255 X AN2 | 3 | -11.392 | 13 |
| AN76X AN211 | 6 | -12.017 | 14 |
| AN211 X AN2 | 16 | -12.017 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.8. Efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en envejecimiento acelerado.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 6.72 | 0.99 | 1 |
| AN232 | 6.22 | -0.90 | 6 |
| AN76 | 7.77 | 0.73 | 2 |
| AN211 | 5.97 | -0.46 | 5 |
| AN20 | 5.27 | -0.32 | 4 |
| AN2 | 5.90 | -0.02 | 3 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN76 X AN20 | 10.75 | 2.50 | 1 |
| AN255 X AN20 | 10.87 | 2.30 | 2 |
| AN255 X AN2 | 11.05 | 2.25 | 3 |
| AN76 X AN2 | 10.17 | 1.64 | 4 |
| AN255 X AN232 | 9.12 | 1.20 | 5 |
| AN255 X AN211 | 9.40 | 1.04 | 6 |
| AN76 X AN211 | 8.79 | 0.67 | 7 |
| AN211 X AN2 | 7.72 | 0.16 | 8 |
| 32 X AN211 | 6.60 | 0.14 | 9 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN232 X AN2 | 6.80 | -0.09 | 10 |
| AN211 X AN20 | 6.85 | -0.18 | 11 |
| AN20 X AN2 | 7.25 | -0.22 | 12 |
| AN232 X AN20 | 6.00 | -0.59 | 13 |
| AN255 X AN76 | 8.85 | -0.70 | 14 |
| AN232 X AN76 | 6.62 | -1.04 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.9. Efecto de ACG y ACE para plántulas infectadas por *Fusarium*.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 2.00 | -1.89 | 6 |
| AN232 | 5.50 | 0.35 | 3 |
| AN76 | 3.50 | -1.77 | 5 |
| AN211 | 3.50 | -0.77 | 4 |
| AN20 | 13.00 | 2.35 | 1 |
| AN2 | 8.00 | 1.72 | 2 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN232 X AN20 | 11.5 | 4.62 | 1 |
| AN255 X AN76 | 3.5 | 3.00 | 2 |
| AN211 X AN2 | 8 | 2.87 | 3 |
| AN255 X AN2 | 5 | 1.50 | 4 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN232 X AN2 | 6 | -0.25 | 5 |
| AN232 X AN211 | 3.5 | -0.25 | 6 |
| AN76 X AN211 | 1 | -0.62 | 7 |
| AN255 X AN211 | 0 | -1.50 | 8 |
| AN76 X AN2 | 2.5 | -1.62 | 9 |
| AN211X AN20 | 3.5 | -2.25 | 10 |
| AN255 X AN232 | 0 | -2.72 | 11 |
| AN232 X AN76 | 0 | -2.75 | 12 |
| AN20 X AN2 | 5 | -3.25 | 13 |
| AN255 X AN20 | 1 | -3.62 | 14 |
| AN76 X AN20 | 1 | -3.75 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.10. Efecto de ACG y ACE para mazorcas podridas.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 17.7 | 0.039 | 2 |
| AN232 | 9.55 | -0.760 | 4 |
| AN76 | 11.6 | 0.127 | 3 |
| AN211 | 8.1 | -1.647 | 5 |
| AN20 | 27.8 | 3.102 | 1 |
| AN2 | 5.65 | -0.860 | 6 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN211 X AN2 | 13.05 | 7.939 | 1 |
| AN232X AN76 | 7.4 | 0.414 | 2 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN232X AN211 | 4.95 | -0.260 | 3 |
| AN255 X AN232 | 5.75 | -1.148 | 4 |
| AN232X AN2 | 4.7 | -1.298 | 5 |
| AN76 X AN2 | 5.65 | -1.235 | 6 |
| AN76X AN20 | 9.3 | -1.548 | 7 |
| AN255 X AN76 | 5.75 | -2.035 | 8 |
| AN255X AN2 | 4.35 | -2.448 | 9 |
| AN20 X AN2 | 7.4 | -2.460 | 10 |
| AN76X AN211 | 3.05 | -3.048 | 11 |
| AN255 X AN211 | 2.4 | -3.610 | 12 |
| AN232 X AN20 | 5.35 | -4.610 | 13 |
| AN211X AN20 | 0.5 | -8.573 | 14 |
| AN255 X AN20 | 0 | -10.760 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.

Cuadro A.11. Efecto de ACG y ACE para rendimiento de mazorca por hectárea.

| LINEAS | MEDIA | ACG | ▼ |
|---------------|---------------|------------|----------|
| AN255 | 7852.7 | 469.46 | 2 |
| AN232 | 8178.1 | 748.13 | 1 |
| AN76 | 8446.45 | 425.26 | 3 |
| AN211 | 7810.25 | -356.60 | 4 |
| AN20 | 9980.85 | -718.53 | 6 |
| AN2 | 9525.2 | -567.71 | 5 |
| CRUZAS | MEDIAS | ACE | ▼ |
| AN255 X AN211 | 16576 | 5347.82 | 1 |
| AN76 X AN2 | 16151.4 | 5178.54 | 2 |
| AN232 X AN2 | 14338.95 | 3043.21 | 3 |
| AN255 X AN20 | 13646 | 2779.76 | 4 |
| AN232 X AN20 | 13731.2 | 2586.28 | 5 |
| AN76 X AN211 | 13519.05 | 2335.07 | 6 |
| AN255 X AN76 | 14010.3 | 2000.26 | 7 |
| AN232 X AN211 | 13420.7 | 1913.85 | 8 |
| AN255 X AN232 | 14230.95 | 1898.03 | 9 |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| — | — | — | — |
| AN232 X AN76 | 11714.3 | -574.41 | 10 |
| AN20 X AN2 | 8155.05 | -1673.55 | 11 |
| AN76 X AN20 | 8921.35 | -1900.68 | 12 |
| AN211 X AN2 | 8174.95 | -2016.03 | 13 |
| AN211X AN20 | 7643.15 | -2397.02 | 14 |
| AN255 X AN2 | 17394.25 | -3622.80 | 15 |

▼ = Lugar ocupado atendiendo a sus valores de ACG y ACE.