

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**APTITUD COMBINATORIA GENERAL Y ESPECIFICA EN LA
GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLA DE MAÍZ DE ALTA CALIDAD
PROTEICA Y NORMAL**

POR:

Miguel Ángel Carrera Vázquez.

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

DIVISION DE AGRONOMIA

TESIS

REALIZADA POR:

MIGUEL ÁNGEL CARRERA VÁZQUEZ.

**Que somete a consideración del H . Consejo Examinador
como requisito para obtener el titulo**

DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

COMITÉ PARTICULAR

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo.
Asesor principal

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa.
Asesor

MC. Margarito Manjarrez Salgado.
Asesor

Arnoldo Oyervides García.
Coordinador de la división de agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre del 2003

AGRADECIMIENTOS.

Primeramente a Dios por el simple hecho de permitirme vivir, por ser siempre mi amigo, ejemplo y guía en este largo caminar.

En especial y gratitud, Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo por su constante apoyo incondicional, paciencia, amistad y disponibilidad de su valioso tiempo en la realización de este trabajo.

Mis mas sinceros agradecimientos al Mc. Margarito Manjares Salgado, por la planeación, conducción, asesoría y por facilitarme los medios en esta investigación.

Al Dr. Víctor M. Zamora Villa por permitirme parte de su tiempo en la colaboración, ayuda y su constante asesoría en lo estadístico.

A mi “**Alma Mater**” por abrirme sus puertas, para cumplir una meta mas en mi vida y darme la oportunidad de forjarme en un profesionista de la agronomía. Siempre llevaré en alto tu nombre.

Con gratitud y un especial agradecimiento a la **Lic. Sandra López Betancourt**. por su confianza, amistad y su constante apoyo en la elaboración de este trabajo. gracias.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyT), por el apoyo económico brindado para realizar esta investigación.

DEDICATORIA.

Con respeto y admiración.

A mis padres.

Benigno Carrera Salas.

Por su cariño, enorme apoyo incondicional brindado en todos los momentos de mi vida y durante la realización de mis estudios para superarme en la vida, por sus consejos, amor, paciencia, confianza en mi, por haberme hecho una persona de bien a la sociedad y que solo un padre como el sabe dar a sus hijos.

Marien Vázquez Torres.

Por su amor, ternura, cariño y consejos depositados en mi y por ser la persona que me motivó a salir adelante en los momentos difíciles de mi vida y por ser la razón de mi existir por quien viviré.

A mis hermanos.

Con cariño y amor.

Queni.

Emma.

Javier.

José Antonio.

Mariela.

Por sus confianza, motivación y por alentarme siempre a hacer una persona de bien. En especial y gratitud a Emma quien le agradezco gran parte de mi formación como profesionalista.

A ti que tienes en tus manos y te diste la tarea de leer este ejemplar.

INDICE DE CONTENIDO.

	PAGINA.
INDICE DE CUADRO	vi
1. INTRODUCCION	1
Objetivos generales.....	3
Hipótesis	4
2. REVISION DE LITERATURA	5
Calidad de la semilla.....	5
Calidad fisiológica.....	9
Germinación.....	10
Vigor.....	11
Deterioro.....	12
Calidad genética.....	13
Mejoramiento genético.....	15
Efectos genéticos.....	15
Aptitud combinatoria general y especifica.....	16
Análisis dialélicos.....	22
Trabajos relacionados con análisis dialélicos en maíz.....	24
3. MATERIALES Y METODOS	26
Localización del Área de estudio.....	26
Etapa de Laboratorio.....	26
Material Genético Utilizado.....	26
Obtención de semilla.....	27
Parámetros evaluados.....	29
Diseño estadístico.....	31
Diseño genético estadístico.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
Análisis de Varianza.....	34
Comparación de Medias.....	35
Variables evaluadas.....	35

Análisis genético.....	42
Características fisiológicas.....	42
5. CONCLUSION	54
6. RESUMEN	56
7. LITERATURA CITADA	58

INDICE DE CUADROS.

Cuadro	pagina
3.1 Material genético utilizado.....	27
3.2 Patrón de cruzas directas en arreglo dialélico.....	28
4.1 Cuadrados medios y valor de significancia para las Variables evaluadas.....	34
4.2 Comparación de medias de las mejores y peores Cruzas (10) para las variables germinación estándar y longitud media de plúmula en semilla de maíz.....	36
4.3 Comparación de medias de las mejores y peores (10) para las variables germinación (EA) y peso seco (EA).....	39
4.4 Comparación de medias de las mejores y peores cruzas para la variable longitud media de plúmula (EA).....	42
4.5 Cuadrados medios y significancia para el análisis genético para las variables evaluadas.....	43
4.6 Efecto de ACG y ACE para germinación estándar.....	45
4.7 Efectos de ACG y ACE para la variable longitud media de plúmula en germinación estándar.....	47
4.8 Efectos de ACG y ACE para vigor (envejecimiento acelerado).....	49
4.9 Efecto de ACG y ACE para peso seco en envejecimiento acelerado.....	52
4.10 Efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en vigor.....	53

1. INTRODUCCIÓN.

En México el maíz para grano es de gran importancia para su población en general, pero existen ciertos factores que delimitan su producción, su rendimiento por unidad de superficie, tales como climáticos, edáficos, sociales, culturales, como la falta de asistencia técnica y uso de semillas de mala calidad.

Aunado a la creciente demanda de alimentos y a los efectos de la explosión demográfica dentro de una superficie limitante, los fitomejoradores han dirigido esfuerzos para que los agricultores puedan contar con semillas con mejores características agronómicas, genéticas y fisiológicas para obtener mejores cosechas y altos rendimientos.

De acuerdo con las estimaciones realizadas en 1990-92, en México se sembraron más de 7 millones de hectáreas: 2.8 en el trópico, 1.4 en el Subtrópico y 2.8 en los Valles altos (CIMMyT,1994) De las 7 millones de hectáreas sembradas con maíz en México, poco mas de un millón de hectáreas se cultivan bajo riego, alrededor de tres millones bajo temporal favorable y más o menos la misma cantidad para temporal desfavorable. Bajo temporal, el rendimiento medio estimado es de 1.2 ton ha⁻¹ mientras que en condiciones de riego es de 3.6 ton ha⁻¹ (Cota *et al.*, 1991).

De acuerdo a datos de SAGARPA (antes SARH) en 1998, los principales estados productores de maíz (con semilla certificada) en el ciclo otoño-invierno (1997-98) y primavera – verano (1997) fueron: Sinaloa, Sonora, Jalisco, Edo. México y Guanajuato. Por los antecedentes, es necesario mejorar la productividad del maíz mediante la utilización de semillas de buena calidad, tanto como genética, fisiológica, física y sanitaria. Respecto a la constitución genética de la semilla podría intervenir como un elemento diferencial en la calidad de la misma. Dentro del aspecto fisiológico, se ha promovido el desarrollo del concepto de vigor como un parámetro del potencial real de las semillas.

Considerando la calidad de semillas que usan los agricultores de las diferentes áreas agrícolas de la Republica Mexicana, se planteo el siguiente trabajo con el objetivo de detectar materiales con buenas características de calidad de la semilla, la calidad fisiológica así como la calidad proteica. Proporcionando a los diversos investigadores en este rubro del fitomejoramiento información confiable para que en sus programas de mejoramiento incluyan en la generación de híbridos características deseables de vigor y calidad proteica que garantice al productor buenos rendimientos, calidad en la cosecha y postcosecha, para así hacer frente a la problemática que viven nuestros agricultores del campo mexicano. Por lo cual se plantea los siguientes objetivos:

OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar el comportamiento de la germinación y vigor de la semilla de maíz F₁ proveniente de 14 progenitores.

- Conocer el tipo de efecto genético que están involucrados en la manifestación de la germinación y vigor de la semilla.

- Identificar las cruas más sobresalientes y no sobresalientes en la manifestación de la germinación y vigor de la semilla.

HIPÓTESIS

- Las pruebas de germinación y vigor en semillas proporcionaran información confiable para discriminar cruza F_1 superiores con características fisiológicas deseables.
- La manifestación de la germinación y vigor de la semilla están gobernados por los efectos de dominancia.
- Al menos una cruza progenitora proporcionaran característica sobresalientes de germinación y vigor en semillas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad de Semilla.

La calidad de la semilla es uno de los factores mas importantes que afectan el comportamiento y la productividad de la mayoría de los cultivos. (Krieng y Bartee 1975). Por su parte Molina *et al.*, (1990) mencionaron que la calidad de una semilla para la siembra, debe reunir cuando menos las características de: pureza varietal, libre de semilla de maleza, libres de patógenos transmisibles por semillas, tener un mínimo de germinación que varía de acuerdo a la especie. Mientras que Pérez (1995), dice que la calidad de la semilla constituye la suma de múltiples atributos de la misma, siendo estos la pureza genética, daño mecánico, capacidad de vigor y germinación, tamaño, contenido de humedad, daños provocados por insectos y la infección causada por diferentes agentes.

McDonald (1975), reporta que la importancia de conocer el nivel de calidad de las semillas utilizadas para la siembra, debe reunir ciertos estándares como lo 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.

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

Hampton (2001), define la calidad como un "grado o padrón de excelencia", la calidad de semillas puede ser vista como un padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión "calidad de semillas" es utilizada libremente para reflejar el valor de la semilla para propósitos

específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del consumidor.

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

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

Serrato (1995) refiere a la calidad de la semilla como aquellas que además de satisfacer todos los requerimientos exigidos en el mercado, tienen cualidades que les confieren una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de rendimiento. Calidad es un término relativo y significa el grado de excelencia, la semilla puede asumir una clasificación de calidad particular de acuerdo a criterio, apariencia, uniformidad, germinación, pureza, contaminación por semillas de malezas, insectos, materia inerte, asociación con enfermedades, grado de daño mecánico, daños químicos, grado o nivel de deterioro y estado de madurez.

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

Bustamante (1998), cita que la calidad de la semilla puede expresarse como un nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. De ahí que la semilla pueda ser superior, buena, mediana o pobre en calidad. Por lo tanto, la calidad de una semilla se puede expresar como la integral de cuatro componentes; genéticos, fisiológico, sanitario y las características físicas. Dentro del componente genético, este se refiere al material genético superior; en el componente fisiológico, se refiere a que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de germinación y vigor; en el componente sanitario, esta relacionado a que la semilla se encuentre libre de organismos que afectan a la semilla, además se deben de considerar a las características físicas, pureza analítica, peso de la semilla, quienes son las que auxilian a determinar la calidad, ya que el tamaño y peso influyen en vigor y en la efectividad de las operaciones de acondicionamiento, este puede ser medido por el peso de las semillas en cierto volumen (hectolitro) y el peso de mil semillas.

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

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

Calidad Fisiológica

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

Delouche (1986), menciona que la calidad fisiológica de la semilla lleva atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y emerger

rápidamente y para producir plantas vigorosas estándares y uniformes bajo las condiciones de campo que se presentan durante la época de cultivos. Esta calidad esta determinada por factores genéticos, fisiológico, patológicos y ambientales, siendo como la mayoría de los sistemas de vida; un proceso inexorable, irreversible y progresivo.

Coutiño (1998), evaluó las variedades de maíz VS-201, VS-221 y la variedad cafime con densidades 30, 40 y 50 mil plantas ha^{-1} . y la influencia en la calidad de semilla. Sus resultados demostraron que la densidad tuvo efecto positivo en la germinación, mientras que en la prueba de envejecimiento acelerado, no hubo efecto significativo para evaluar el vigor, concluyendo la variedad VS-221 sembrada a 50 mil plantas ha^{-1} fue la mayor en el comportamiento de la germinación.

Germinación

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

Mientras la International Seed Testing Association (ISTA) (1996), señala que la germinación de semillas, es la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si son o no

capaces de desarrollarse en una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima.

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

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

Vigor

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

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

ISTA (1996), indica que el vigor es la suma de todas las propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la misma durante la germinación y emergencia de plántula. Dentro de los aspectos de funcionamiento se pueden citar cuatro procesos, 1) proceso bioquímico y reacciones durante la germinación, como las enzimáticas y actividades respiratorias, 2) tasa de uniformidad, 3) tasa de uniformidad de emergencia de plántula y crecimiento en el campo y 4) habilidad de emergencia de plántulas bajo condiciones ambientales desfavorables.

Deterioro

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

Delouche y Baskin (1973), proponen una secuencia del deterioro, lo cual implica: degradación de las membranas celulares, daños en los mecanismos de producción y síntesis de energía, disminución en la capacidad de almacenamiento, alteración en los procesos de respiración y biosíntesis, disminución en la tasa de germinación, la tasa de crecimiento y desarrollo de la planta disminuye, poca uniformidad, menor resistencia a condiciones adversas, incremento en la plántulas anormales.

Anderson (1973), menciona que después de haber alcanzado el máximo nivel de calidad, la semilla inicia un proceso de cambios degenerativos que ocasionan pérdidas en la germinación y el vigor. A estos cambios se le ha denominado deterioro.

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

Calidad Genética

Antuna (2001), menciona que la calidad es un factor importante a considerar en la producción de semillas, ya que asegura un buen establecimiento en el campo y fundamenta un manejo adecuado del cultivo. Así mismo, la calidad es un elemento esencial en la producción de semillas que se debe tomar muy en cuenta durante el proceso productivo, para evitar la contaminación y cumplir los estándares de calidad requeridos, así como para obtener los volúmenes adecuados de semilla aprovechable. Por su parte Medina (1989), en un trabajo experimental con líneas e híbridos de maíz sometida a envejecimiento acelerado encuentra diferencias significativas entre líneas progenitoras de maíz y entre híbridos directos e indirectos para la

característica de longevidad de semilla medida por la prueba de envejecimiento acelerado, además muestra que las diferencias no son consistentes, ya que las líneas con alta longevidad no siempre resultan en híbridos con esas características.

Muñoz y Poey (1983), mencionan que los 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 mayores que interactúan con el ambiente y son susceptibles de medir.

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

Moreno *et al.*, (1978), mencionan que la constitución genética de la semilla podrían intervenir como un elemento diferencial en la calidad de la misma. Por su parte Garay (1989), cita que la calidad se produce en la etapa

del mejoramiento genético, y que constituye el primer componente esencial de la calidad total de la semilla.

La AOSA (1983), explica que la parte inexorable de la semilla esta influenciada fuertemente por la herencia, lesiones, control de humedad y temperatura, esto sucede en pocos días o a través de los años; irreversible por que afecta el material genético, anatómico y fisiológico que no se puede reparar; progresivo por que la semilla es una forma de vida que lleva a cabo sus procesos fundamentales y solo termina con la muerte.

Mejoramiento Genético

El mejoramiento genético de plantas, también llamado fitomejoramiento, lleva a cabo sus propósitos por diferentes medios. Se tienen así el enfoque clásico, basado en las leyes mendelianas, incorporando a las plantas características benéficas de tipo cualitativo. Gobernadas por un o pocos pares de genes. En este sentido, el mejoramiento se lleva a cabo cruzando las plantas que carezcan de tal o tales características con otras que lo posean.

Efectos Genéticos

Los efectos genéticos están relacionados con el tipo de herencia que se manifiestan en diversos caracteres; dentro de los cuales tenemos a los efectos aditivos; estos se definen como los genes que son complementarios, no

alelomorfos y que son capaces de afectar el mismo carácter, cuyos efectos son acumulativos, caracterizándose de ser herencia cuantitativa. Los efectos de dominancia; vienen siendo los genes que manifiestan en sus caracteres un estado homocigoto o en estado heterocigoto, impidiendo en este último la expresión correspondiente al gene recesivo, sea en forma total (dominancia completa) o parcial (dominancia intermedia o dominancia incompleta) en la F_1 .

Los genes epistáticos, Son los genes que son capaces de impedir la expresión de un carácter debido de que un par de genes (epistáticos) no permiten que active otro par (hipostático). Caso de interacción de genes para un mismo carácter.

Dominancia, es un tipo de interacción alélica en donde 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. En lo que se refiere a epistásis, esta se define como el efecto que tiene un gen sobre otro no alelo. Donde se distinguen distintos tipos de epistásis; dominante, recesiva, doble dominante y doble recesiva.

Aptitud Combinatoria General y Especifica

Jugenheimer (1985), se refiere a la aptitud combinatoria como el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre que líneas puras

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

Por su parte Poehlman (1973) indica que la capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce como aptitud combinatoria. El comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas se denominan aptitud combinatoria general. La aptitud combinatoria específica, se refiere al comportamiento de una combinación de dos líneas específica en una determinada cruce. La aptitud combinatoria general específica, se juzga por la relación que existe entre el comportamiento de las líneas en una determinada cruce y el comportamiento medio de las líneas en una determinada cruce y el comportamiento medio de las líneas en una serie de cruces.

Debido a que la selección de las líneas es un serio problema y además es la fase más importante de un programa de mejoramiento de plantas, Chávez (1995), menciona que los fitomejoradores han tratado de encontrar métodos simples e indirectos de evaluación de las líneas que permitan detectar a las

más sobresalientes. Fue así, como Sprague y Tatum (1942) establecieron las pruebas de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, métodos que surgieron para tal objetivo, en donde la ACG estima el patrimonio genético de cada línea, es decir, la cuantía de los efectos de genes aditivos. Esta se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética. Esta prueba es inherente a cada línea en particular. Por su parte, la ACE estima la cuantía de los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes de acción de dominancia, epistásis e interacciones. Esta medida es particular para combinaciones entre pares de líneas.

Martínez (1975), reporta que la aptitud combinatoria específica evalúa la acción génica debida a todos los efectos no aditivos, estos efectos de dominancia, de epistásis e interacciones génicas, inclusive la interacción génica- ambiental se usa para designar las cruzas que se comportan mucho mejor o peor que lo esperado en virtud del comportamiento de los progenitores.

Frecuentemente se emplean cruzamientos dialélicos para estimar los componentes genéticos de la variación entre el rendimiento de las propias cruzas, así como su capacidad productiva. Estos cruzamientos se han utilizados para definir y aplicar los conceptos de ACG y ACE, así como para procedimientos que permitan estudiar a los padres en particular.

Sprague y Tatum (1942), propusieron las cruzas posibles (dialélicas) para determinar la ACE de las líneas. Es decir, que después de evaluadas las cruzas, muestran cruzas de mayor rendimiento y determinaran cuáles son las

líneas con mayor ACE, que es el comportamiento de combinaciones específicas entre líneas genéticas en relación con el promedio de todas las combinaciones.

Castro (1974), señala que la habilidad combinatoria general de una línea es aquella que una línea hereda de sus progenitores en promedio de muchas cruzas. La habilidad combinatoria en su definición más precisa, se refiere al efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, como la desviación de la media general. La habilidad combinatoria específica, es el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, por lo que a diferencia de la ACG esta es medida como desviación de la suma de la media general, más las aptitudes combinatorias de los progenitores y vienen a hacer una característica de cruce no de líneas.

De León (1991), señala que la importancia de estimar la habilidad combinatoria de cruzas simples, estriba en que son estas los progenitores dobles, tipo de semilla mejorada que más comúnmente se cultiva en nuestro país. Por lo tanto, además de los efectos heteróticos, se deben conocer los efectos aditivos de las cruzas elegidas para explotarse en combinaciones híbridas; ya que tradicionalmente para la formación de híbridos dobles no se realiza esta exploración cuando la literatura y la experiencia indican que este parámetro debe ser conocido al menos en los materiales que se desee sean progenitores de híbridos.

Rivera (1977), al estudiar el efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruzas intervarietales de maíz, encontró que la varianza aditiva aumenta cuando aumenta la divergencia genética de los progenitores.

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

Brauer (1983), menciona que la prueba de habilidad combinatoria es definitivamente la que determina el valor de las líneas para usarlas como progenitores de los híbridos comerciales. Además agrega que cuando se desea encontrar líneas que combinen muy bien con materiales sobresalientes de un programa, la prueba de habilidad combinatoria específica (ACE) puede hacerse con la F_1 de cruzamiento de líneas, con una línea buena, o bien, con cruzamiento simple de alto valor genético.

Robles (1995), indica que la aptitud combinatoria es la respuesta de heterosis sobre la productividad, u otro carácter de las líneas puras en sus

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

Bdliya y Burris (1988), trabajando con características fisiológicas de la semilla de maíz, determinaron la aptitud combinatoria para el carácter de resistencia al secado de la semilla, evaluaron la germinación a altas y bajas temperaturas. Estos autores encontraron que el efecto materno fue superior que los efectos de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica, para la prueba de germinación en calor; mientras que la ACG fue mayor que la ACE, efecto materno para la germinación en frío; por lo anterior mencionan que los efectos aditivos y maternos son mas importantes que los no aditivos para la tolerancia al secado de la semilla, mencionando que este proceso afecta al vigor de la semilla.

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

Amacende (2000), menciona que el concepto de aptitud combinatoria general es útil para conocer el comportamiento de líneas endocriadas en cruza, y para conocer la importancia relativa de los tipos de acción de genes involucrados. La información aditiva acerca de los efectos del ambiente de prueba sobre la aptitud combinatoria puede guiar al mejorador en la utilización apropiada de estos materiales.

Análisis dialélicos

En mejoramiento genético, cuando los fitomejoradores disponen de una muestra de líneas y efectúan cruza simples entre ellas son llamadas cruza dialélicas, los diseños de cruzamientos de Griffing (1956), son de gran utilidad para evaluar diferentes aspectos genéticos asociados con las cruza, apoyándose para ello en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros.

Griffing usó el término cruza 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 describe:

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

De tal forma que se tienen:

$n = 10$ padres, se tienen:

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

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

Total = $n^2 = 100$

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

$n = 10$ padres

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

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

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

$n = 10$ padres

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

$n(n-1)/2 = 45$ F_1 recíprocas

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

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

$n = 10$ padres

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

Total = $n(n-1) = 45$

Trabajos Relacionados con Análisis dialélicos en maíz

Azuara (2002), menciona que la prueba fría y envejecimiento acelerado, ayuda a discriminar genotipo genéticamente superiores de los inferiores con base en las características fisiológica para una selección más eficiente. Sugiere que se incluyan en los programas de mejoramiento genético características que involucren a la calidad fisiológica, con la atención de generar materiales que presenten buenas características agronómicas y fisiológicas de las semillas.

Antuna (2001), trabajó con un material genético de seis líneas de endogamia de maíz y los híbridos simples posibles entre ellos. Se realizó un análisis genético para estimar los efectos de aptitud combinatoria general y específica; los efectos genéticos mostraron inconsistencia en la asociación entre características agronómicas y calidad fisiológica concluyendo en una asociación independiente.

Falconer (1984), demuestra que si el comportamiento de las líneas es función de su contenido genético aditivo, el mejor método para identificar las más sobresalientes, es probarlas como tales, evitando con ello el enmascaramiento de genes, optimizando la varianza genética aditiva entre líneas y anulando la interacción de líneas por probador.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

Localización del Área de Estudio

Etapas de laboratorio

El presente trabajo de investigación 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.

Material Genético Utilizado

En el presente trabajo, el material genético que se utilizó fueron catorce genotipos de maíz, de los cuales siete materiales fueron de alto contenido proteico que fueron generados del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y siete genotipos de calidad normal del Instituto Nacional de Investigación Agrícola Forestal y Pecuaria (INIFAP); Donde se cruzaron entre sí, todos contra todos, generando 91 genotipos (cruzas), de los cuales se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Material genético utilizado.

No.	Calidad proteica CIMMyT	Calidad normal (INIFAP)
1	CML-141	D-471
2	CML-142	TTC-63
3	CML-144	M-H-513
4	CML-150	ST-30
5	CML-176	Y-902314
6	CML-177	T37
7	CLQ-6203	H-H-513

Obtención de Semilla

En el campo experimental de Iguala, Gro. Se sembraron durante los ciclos P-V 2001/01 y O-I 2002/02, las 14 líneas de maíz en donde se realizaron las cruzas directas para obtener las semillas F₁ con la finalidad de obtener suficiente numero de semilla. En el Cuadro 3.2 se presenta el patrón de cruzamientos realizado.

Cuadro 3.2. Patrón de cruzas directas en arreglo dialélico del material genético utilizado.

progenitor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		1 x 2	1 x 3	1 x 4	1 x 5	1 x 6	1 x 7	1 x 8	1 x 9	1 x 10	1 x 11	1 x 12	1 x 13	1 x 14
2			2 x 3	2 x 4	2 x 5	2 x 6	2 x 7	2 x 8	2 x 9	2 x 10	2 x 11	2 x 12	2 x 13	2 x 14
3				3 x 4	3 x 5	3 x 6	3 x 7	3 x 8	3 x 9	3 x 10	3 x 11	3 x 12	3 x 13	3 x 14
4					4 x 5	4 x 6	4 x 7	4 x 8	4 x 9	4 x 10	4 x 11	4 x 12	4 x 13	4 x 14
5						5 x 6	5 x 7	5 x 8	5 x 9	5 x 10	5 x 11	5 x 12	5 x 13	5 x 14
6							6 x 7	6 x 8	6 x 9	6 x 10	6 x 11	6 x 12	6 x 13	6 x 14
7								7 x 8	7 x 9	7 x 10	7 x 11	7 x 12	7 x 13	7 x 14
8									8 x 9	8 x 10	8 x 11	8 x 12	8 x 13	8 x 14
9										9 x 10	9 x 11	9 x 12	9 x 13	9 x 14
10											10 x 11	10 x 12	10 x 13	10 x 14
11												11 x 12	11 x 13	11 x 14
12													12 x 13	12 x 14
13														13 x 14

Parámetros Evaluados

Germinación Estándar (GS)

Esta prueba se realizó de acuerdo con las normas establecidas por la International Seed Testing Association (1996), utilizando el método de papel toalla, el ensayo consistió en poner cuatro repeticiones de 25 semillas tomadas naturalmente al azar por cada tratamiento (genotipo o cruza), con los cuales se formaron los “tacos”, posteriormente fueron llevadas a la cámara de germinación a una temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 6 días; donde se registraron las semillas muertas (SM), plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), longitud media de plúmula (LMP) y peso seco (PS).

Longitud Media de Plúmula (LMP)

De la prueba de germinación estándar, se obtuvieron las plántulas, las cuales se midieron únicamente la longitud de la plúmula en mm, solo de las plántulas normales; posteriormente se obtuvo la media dividiendo la longitud entre el número de plantas normales.

Peso Seco de Plúmula

Para la estimación de esta variable, se tomaron las plántulas normales provenientes de la prueba de germinación, se separaron del resto de las semillas, las cuales se sometieron al secado de estufa por 24 horas a 80° C. Se colocaron en bolsas de papel perforadas, en seguida se colocaron en un desecador para su enfriamiento, para luego determinar el peso seco expresado en miligramos por plántulas (mg/planta) en la balanza analítica con una precisión de 0.0001gr.

Vigor

Envejecimiento Acelerado (EA)

Se utilizó la cámara de envejecimiento artificial a una temperatura de 35 ± 1°C por 8 días, donde se colocaron 250 semillas en canastillas de alambres sostenidas por un soporte de material galvanizado en el interior, con el fin de que estas no estuvieran en contacto con el agua, fueron introducidas en vasos de precipitado de 500 ml con 100 ml de agua, tapándose con papel aluminio. Al concluir el periodo se sacaron las semillas y posteriormente se procedió a realizar las pruebas de GS, LMP, PS.

Diseño Estadístico

El diseño experimental que se utilizó en el laboratorio fue bajo un arreglo completamente al azar para las diferentes pruebas de laboratorio, para el análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SAS utilizando el siguiente modelo lineal:

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

Donde:

Y_{ij} = valor observado.

μ = efecto de la media general.

δ = efecto de tratamiento.

E_{ij} = error experimental.

Respecto a la comparación de medias, se utilizó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad para todas las variables evaluadas

Diseño Genético Estadístico

Para la estimación de los parámetros de aptitud combinatoria general y específica, se utilizó el diseño cuatro de Griffing de diseños dialélicos en donde la ACG se llevó a cabo mediante la siguiente fórmula:

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

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

Donde:

g_i = Aptitud combinatoria general del i -ésimo progenitor.

S_{ij} = Aptitud combinatoria específica de la cruce del i -ésimo progenitor.

P = Números 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 la variables, para estimar los efectos de ACG y ACE, se utilizó el modelo lineal siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Valor del fenotipo observado de la cruza con progenitores

μ = Media general.

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

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

y_k = Efecto de la K –ésima repetición

E_{ijk} = Error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Análisis de Varianza

Con respecto a los análisis de varianza, (cuadro 4.1) de las diferentes variables, muestran que el efecto de cruzas presentaron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para todas las variables, tanto para germinación normal, como para envejecimiento acelerado. Lo cual indica que existe suficiente variabilidad genética entre los genotipos evaluados. Con lo que respecta a los coeficiente de variación, estos oscilan entre 4.6 y 14.9 los cuales son bajos, lo cual explica que el experimento es confiable.

Cuadro. 4.1 Cuadrados medios y valor de significancia para las variables evaluadas.

F.V	G.L	GS	LMP(GS)	VIGOR (EA)	LMP(EA)	PS(EA)
GENOTIPO	90	236.64078**	9.64776**	453.53162**	9.64776**	0.00609**
ERROR	173	19.03296	1.12068	46.98901	1.12068	0.00293
C.V %		4.6	14.51	8.5	14.5	14.9

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

GS = Geminación estándar.

LMP(GS) = Longitud de media de plúmula en germinación estándar.

VIGOR = Envejecimiento acelerado.

LMP(EA) = Longitud media de plúmula después del envejecimiento acelerado.

PS(EA) = Peso seco después del envejecimiento acelerado.

Comparación de Medias

En los Cuadros 4.2 al 4.4 se muestra la comparación de medias para las variables evaluadas.

Germinación Estándar

Con lo que respecta a la germinación estándar en el Cuadro 4.2 se muestran las mejores diez cruzas, donde sobresalen D471 x CML-144, CML-144 x CLM-177, TTC-63 x CML-141, TTC-63 x Y-902314, Y-902314 x CML-144, M-H-513 x T37, ST30 x CML-177, TTC-63 x M-H-513, T37 x CML-141, M-H-513 x CML-141. Las cuales tuvieron valores de germinación de 99 al 100 % y no se manifestaron ser diferentes entre si. Mientras que las germinaciones más bajas fueron registradas para las cruzas, CML-141 x CML-144, CML-141 x CML-176, TTC-63 x T37, D471 x CML-177, con un valor de germinación de 86 a 37%, con lo anterior es indudable señalar que las cruzas que presentan como progenitor común a las líneas CML-144 y T37 aumentan el potencial de germinación; mientras que las cruzas que tienen como progenitores a las líneas CML-176 y D471, reducen drásticamente el potencial de germinación.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de las mejores y peores cruzas (10) para las variables de germinación estándar y longitud media de plúmula en semilla.

Germinación (GS)			Longitud Media Plúmula (GS)		
Genotipo	Cruza	Media	Genotipo	Cruza	Media
9	D-471 X CML-144	100 A	46	ST30 X CLQ6203	11.12 A
84	CML-144 X CML-177	100 A	43	ST30 X CML-150	11.05 A
19	TTC-63 X CML-141	100 A	47	Y-902314 X T37	11.00 A
16	TTC-63 X Y-902314	100 A	42	ST30 X CML-144	10.81 A
51	Y-902314 X CML-144	100 A	48	Y-902314 X H-H-513	10.69 A
28	M-H-513 X T37	100 A	44	ST30X CML-176	10.36 A
45	ST30 X CML-177	99 A	40	ST30 X CML-141	9.97 A
14	TTC-63 X MH.513	99 A	31	M-H-513 X CML142	9.75 A
57	T37 X CML-141	99 A	50	Y-902314 X CML-142	9.64 A
30	M-H-513 X CML-141	99 A	14	TTC-63 X MH.513	9.25 A
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
23	TTC-63X CML-176	91 A	81	CML-142 X CLQ 6203	5.61 S
8	D471 X CML-142	90 A	68	H-H-513 X CML-176	5.56 S
1	D471 X TTC-63	90 A	54	Y-902314 X CML-177	5.36 S
6	D471 X H-H-513	89 A	63	T37 X CLQ-6203	5.31 S
70	H-H-513 X CLQ-6203	87 A	88	CML-150 X CLQ-6203	5.30 S
29	M-H-513 X H-H-513	87 A	25	TTC-63X CLQ-6203	5.26 S
72	CML-141 X CML-144	86 B	8	D471 X CML-142	4.97 S
74	CML-141 X CML-176	86 B	6	D471 X H-H-513	4.47 S
17	TTC-63 X T3	64 C	10	D471 X CML-150	4.22 S
12	D471 X CML-177	37 D	5	D471 X T37	3.79 S

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes Tukey (0.05).

Longitud media de plúmula (GS)

Para la longitud media de plúmula (cuadro 4.2) se presentaron 17 grupos estadísticos, de los cuales se presentan las diez mejores cruzas y las 10 cruzas con los valores más bajos de longitud de plúmula entre las mejores sobre salen las cruzas; ST30 x CLQ-6203, ST30 x CML-150, Y-902314 x T37, ST30 x CML-144, Y-902314 x H-H-513, ST30 x CML-176, ST30 x CML-141, H-H-513 x CML-142, Y-902314 x CML-142 y TTC-63 x M-H-513. Quienes presentaron longitud que oscila de 11.12 a 9.2 y no difieren entre si, por el contrario, las longitudes más bajas las presentaron las cruzas CML-142 x CLQ-6203, H-H-513 x CML-176, Y-902314 x CML-177, T37 x CLQ-6203, CML-150 x CLQ-6203, TTC x CLQ-6203, D-471 x CML-142, D471 x H-H-513, D471 x CML-150, D471 x T37 con valor de 5.61 a 3.79 mm. Es importante mencionar que las mejores cruzas la registraron aquellas que tienen en común al progenitor ST30. Lo cual se puede considerar como un buen progenitor para la característica de LMP, sin embargo las cruzas que tienen como progenitor la línea CLQ-6203, mostraron los promedios más bajos.

Por consiguiente, en esta variable evaluada, las mejores cruzas fueron aquellas que presentaron las líneas CML-144 y ST30, las cuales se presentan para cada variable, teniendo los valores mas altos para estos atributos, siendo favorables en todas sus combinaciones.

Envejecimiento Acelerado (EA)

Para la prueba de vigor mediante la prueba de envejecimiento acelerado (Cuadro 4.3), se encontraron materiales que a pesar de someter a la semilla a estrés, estas mostraron potencial de vigor, siendo las mejores diez cruzas CML-142 x CML-144, ST30 x CML-144, M-H-513 x H-H-513, ST30 x CML-176, TTC-63 x M-H-513, M-H-513 x CML-144, M-H-513 x CML-142, T37 x CML-141, D471 x CLQ-6203, Y-902314 x CML-142. Las cuales oscilan entre 97 y 96 % de germinación, sobresaliendo aquellas cruzas que presentan en común las líneas M-H-513 y CML-144. Por lo contrario las germinaciones más bajas las registraron las cruzas M-H-513 x Y-902314, D471 x ST30, CML-150 x CML-177, ST30 x CML-142, CML-150 x CLQ-6203, ST30 x CLQ-6203, CML-177 x CLQ-6203, D471 x H-H-513, TTC-63 x T37, D471 x T37. Manteniendo un rango de 70 a 36%. Por los resultados obtenidos se pudo observar que las cruzas que tienen como progenitor común a D471 y CLQ-6203, redujeron drásticamente su potencial de germinación. En la cruce D471 x ST30, la línea D471, fue la que proporcionó las características negativas de calidad fisiológica, en todas sus combinaciones.

Peso Seco (EA)

Referente al peso seco (Cuadro 4.3) después de la prueba de envejecimiento acelerado, la comparación de medias, arrojó 21 grupos

Cuadro 4. 3 Comparación de medias, de las mejores y peores cruzas para las variables de vigor (EA) y peso seco (EA)

Germinación (EA)			Peso seco (EA)		
Genotipo	Cruza	Vigor (%) (EA)	Genotipo	Cruza	Peso (mg/planta)
77	CML-142 X CML-144	97 A	43	ST30 X CML-150	0.81 A
42	ST30 X CML-144	97 A	42	ST30 X CML-144	0.76 A
29	M-H-513 X H-H-513	97 A	44	ST30X CML-176	0.75 A
44	ST30X CML-176	97 A	50	Y-902314 X CML-142	0.72 A
14	TTC-63 X MH.513	97 A	48	Y-902314 X H-H-513	0.61 B
32	M-H-513 X CML-144	97 A	69	H-H-513 X CML-177	0.56 C
31	M-H-513 X CML142	96 A	11	D471 X CML-176	0.55 D
57	T37 X CML-141	96 A	45	ST30 X CML-177	0.53 D
13	D471 X CLQ-6203	96 A	65	Y-902314 X CML-142	0.50 D
50	Y-902314 X CML-142	96 A	66	H-H513 X CML-144	0.46 D
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
27	M-H.513 X Y-902314	70.0 K	91	CML-177 X CLQ-6203	0.24 V
3	D471 X ST-30	70.0 K	7	D471 X CML -141	0.24 V
87	CML-150 X CML-177	70.0 K	57	T37 X CML-141	0.23 V
41	ST30 X CML-142	69.0 K	9	D471 X CML-144	0.23 V
88	CML-150 X CLQ-6203	69.0 K	24	TTC-63X CML-177	0.22 V
46	ST30 X CLQ6203	63.0 K	16	TTC-63 X Y-902314	0.21 V
91	CML-177 X CLQ-6203	61.0 K	8	D471 X CML-142	0.20 V
6	D471 X H-H-513	60.0 K	10	D471 X CML-150	0.14 V
17	TTC-63 X T37	59.0 K	6	D471 X H-H-513	0.14 V
5	D471 X T37	36.0 L	5	D471 X T37	0.10 V

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes Tukey (0.05).

estadísticos, de los cuales solo se tomaron las mejores cruzas donde destacan; ST30 x CML-150, ST30 x CML-144, ST30 x CML-176, Y-902314 x CML-142, Y-902314 x H-H-513, H-H-513 x CML-177, D471 x CML-176, ST30 x CML-177, Y-902314 X CML- 142, H-H-513 x CML- 144. Quienes registraron valores de 0.81 a 0.46 mg./plúmula, destacando en el primer grupo las cruzas que presentan las líneas ST30 y CML-144, quienes mostraron ser las mejores líneas, es indudable señalar que la línea CML-144, tiene un gran potencial Fisiológico, tanto para esta característica como para la germinación y vigor, mientras que las cruzas que manifestaron comportamiento menor fueron; CML-177 x CLQ-6203, D471 x CML-141, T37 x CML-141, D471 x CML-144, TTC-63 x CML-177, TTC-63 x Y-902314, D471 x CML-142, D471 x CML-150, D471 x H-H-513, D471 x T37, quienes registraron un rango de 0.24 a 0.10 mg/plumula. En estas características las cruzas que tienen como progenitor común a la línea D-471 registraron los valores más bajos para esta variable, así como en el vigor.

Longitud Media de Plúmula (EA)

En la longitud media de plúmula después de la prueba de envejecimiento acelerado (cuadro 4.4), la comparación de medias arrojó 20 grupos estadísticos, de los cuales se tomaron las diez mejores así como las 10 cruzas más bajas. Las medias más altas la presentaron las siguientes cruzas ST30 x CLQ-6203, ST30 x CML-150, Y-902314 x T37, ST30 x CML-144, Y-902314 x H-H-513, ST30 x CML-176, ST30 x CML-141, M-H-513 x CML-142, Y-902314 x

CML-142, TTC-63 x M-H-513. con un rango de 11.12 a 9.25 mm. sobresaliendo las cruzas que tienen como progenitor común las líneas ST30 y CML-142 en sus diferentes combinaciones, no obstante se observó que tienen gran potencial fisiológico para las características de vigor y longitud de plúmula en germinación estándar y peso seco después de la prueba de vigor. Mientras que las cruzas con menor longitud de la plúmula fueron las cruzas; CML-142 x CLQ-6203, H-H.513 x CML-176, Y-902314 x CML-177, T37 x CLQ-6203, CML-150 x CLQ-6203, TTC-63 x CLQ-6203, D471 x CML-142, D471 x H-H-513, D471 x CML-150, D471 x T37 quienes registraron un rango de 5.61 a 3.79 mm donde las medias más bajas las registraron las cruzas donde participaron como progenitores las líneas D471 y CLQ-6203. Por lo contrario, la línea CML-144, fue la que mejor calidad fisiológica aporta en sus combinaciones.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de las mejores y peores cruzas para la variable de longitud media de plúmula (EA).

Longitud media de plúmula (EA)		
Genotipo	Cruzas	Media LMP (mm)
46	ST30 X CLQ6203	11.12 A
43	ST30 X CML-150	11.05 A
47	Y-902314 X T37	11.00 A
42	ST30 X CML-144	10.81 A
48	Y-902314 X H-H-513	10.69 A
44	ST30X CML-176	10.36 A
40	ST30 X CML-141	9.97 A
31	M-H-513 X CML142	9.75 A
50	Y-902314 X CML-142	9.64 A
14	TTC-63 X MH.513	9.25 A
-	-	-
-	-	-
81	CML-142 X CLQ 6203	5.61 S
68	H-H-513 X CML-176	5.56 S
54	Y-902314 X CML-177	5.36 S
63	T37 X CLQ-6203	5.31 S
88	CML-150 X CLQ-6203	5.30 S
25	TTC-63X CLQ-6203	5.26 S
8	D471 X CML-142	4.97 S
6	D471 X H-H-513	4.47 S
10	D471 X CML-150	4.22 S
5	D471 X T37	3.79 S

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes Tukey (0.05).

Análisis Genético

Características Fisiológicas

En el Cuadro 4.5 se muestran los cuadrados medios y significancia del análisis dialélico, en el cual se pudo apreciar que la variable de longitud de plúmula en germinación estándar como para envejecimiento acelerado, resultaron ser altamente significativo ($\alpha = 0.01$), para todas las variables,

mientras que en germinación y vigor resultaron ser altamente significativos para la fuente de cruzas y para la aptitud combinatoria específica (ACE).

En cambio, para el peso seco de plúmula después de la prueba de vigor, mostró alta significancia para las fuentes de cruzas, ACG y ACE. Los coeficientes de variación oscilan entre 4.6 a 14.9 %.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios y significancia del análisis genético para las variables evaluadas.

FV	GL	GS	LMP	VIGOR (EA)	LMP(EA)	PSF(EA)
REP	3	17.861 NS	7.311**	66.388 NS	6.640 **	0.010 NS
CRUZA.	90	236.641 **	5.312**	453.532 **	9.648 **	0.061 **
ACG	13	234.689 NS	13.021**	740.821 NS	31.626 **	0.139 **
ACE	77	236.970 **	4.011**	405.028**	5.937 **	0.048 **
ERROR	270	19.046	0.616	46.773	1.059	0.003
C.V %		4.6	14.5	8.5	14.5	14.9

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

NS = No significativo

GSI = Germinación inicial. (GS)

LMPI = Latitud media de plúmula inicial.

VIGOR (EA) = Envejecimiento Acelerado.

LMP(EA) = Longitud media de plúmula Envejecimiento Acelerado

PSF = Peso seco final.

C.V = coeficiente de variación.

Germinación Estándar

Los valores de aptitud combinatoria general (ACG) para germinación inicial son mostrados en él (cuadro 4.6), donde se muestran las mejores líneas con sobresaliendo CML-144, ST30, CML-150, con valores de 2.39, 2.22 y 2.22; por el contrario, las líneas D471 y CML-144 arrojaron los valores más bajos con -5.69 y -2.94 . con referencia a los valores de ACE, (cuadro 4.6), se observaron que las cruzas más sobresalientes fueron D471 x CML-144, TTC-63 x CML-177, D471 x CML-141; con 8.73, 8.40 y 6.98 respectivamente. Mientras tanto los efectos de aptitud combinatoria específica más bajos las registraron las cruzas D471 x CML-177, TTC-63 x T37, CML-141 x CML-144 con -48.92 , -29.67 y -11.09 .

Con los resultados anteriores se observa que la línea CML-144, (QPM), presenta buena ACG, como también efectos de dominancia. Es importante mencionar que es la que mejor comportamiento fisiológica presentó en todas sus combinaciones. Con lo que respecta a las líneas D-471 y CML-177 para ACG, estas no presentaron buenas características, sin embargo para la ACE al ser combinadas con otros materiales presentaron valores favorables, como por ejemplo al combinarse la línea CML-144 x CML-177, presentaron buenas características favorables para esta variable.

Cuadro 4.6 Efectos de ACG y ACE para germinación estándar.

Germinación (GS) ACG		Germinación (GS) ACE	
Genotipos	Valores estimados	Cruzas	Valores estimados
CML-144	2.392857143	D471 X CML-144	8.737179487
ST-30	2.226190476	TTC-63X CML-177	8.403846154
CML-150	2.226190476	D471 X CML -141	6.987179487
M-H-513	1.559523810	D471 X T37	6.987179487
Y-902314	1.476190476	H-H-513 X CML-177	6.903846154
CLQ-6203	0.476190476	TTC-63 X CML-141	6.320512821
CML-176	0.309523810	-	-
CML-141	0.142857143	-	-
T37	0.142857143	H-H-513 X CLQ-6203	-7.512820513
H-H-513	-0.523809524	M-H-513 X H-H-513	-8.596153846
CML-142	-0.773809524	CML-141 X CML-176	-9.012820513
TTC-63	-1.023809524	CML-141 X CML-144	-11.096153846
CML-177	-2.940476190	TTC-63 X T37	-29.679487179
D471	-5.690476190	D471 X CML-177	-48.929487179

Longitud Media de Plúmula (GS)

En el cuadro (4.7) se muestran los valores obtenidos de ACG, en el cual la línea que presentó el valor más alto de efectos de aditividad fue la ST30, seguida por M-H-513 con valores de 1.05 y 0.58 respectivamente, mientras que los valores más bajos fueron de -0.89 y -0.50 , obtenidos por las líneas D471 y CML-142. Los efectos de ACE (Cuadro 4.7); las cruzas que presentaron los datos mas altos fueron; D471 x CML-144, M-H-513 x CML-141, M-H-513 x CML-142 con valores de 2.09, 1.56 y 1.30, Mientras que los valores más bajos la presentaron las cruzas D471 x CML-177, M-H-513 x H-H-513, TCC-63 x T37, con un promedio de -2.94 , -2.41 y -2.30 . Respecto a lo mostrado anteriormente

Cuadro 4.7 Efectos de ACG, Y ACE para la variable longitud Media de plúmula en germinación estándar.

Longitud media de plúmula (GS) ACG		Longitud media de plúmula (GS) ACE	
Genotipos	Valores estimados	Cruzas	Valores estimados
ST30	1.058214286	D471 X CML-144	2.097676282
M-513	0.580922619	M-H-513 X CML-141	1.566426282
TTC-63	0.574047619	H-H513 X CML-142	1.301842949
T37	0.368214286	CML-176 X CML-177	1.297051282
Y-902314	0.178422619	M-H-513 X CML-176	1.259967949
CML-144	0.084255952	D471 X T37	1.256217949
CML-177	0.011339286	-	-
CML-141	-0.050535714	-	-
CML-150	-0.259077381	D471 X TTC-63	-1.924615385
H-H-513	-0.355119048	CML-141 X CML-176	-1.966073718
CML-176	-0.364077381	CML-141 X CML-144	-2.226907051
CLQ-6203	-0.424077381	TTC-63 X T37	-2.302948718
CML-142	-0.509910714	M-H-513 X H-H-513	-2.418990385
D471	-0.892619048	D471 X CML-177	-2.944407051

las líneas ST30 y TTC-63, presentaron los efectos aditivos más altos para LMPI (GS), lo cual indica que estas líneas son favorables para esta variable. En lo que se refiere a la ACE, la línea CML-144, presentó valores altos para esta característica, por lo anterior da entender que este progenitor es favorable para todas las características fisiológicas, por lo contrario las cruzas D471 x CML-177 no es recomendable cruzarlas, ya que bajan regresivamente las cualidades fisiológicas en cualquier combinación.

Vigor (EA)

En el Cuadro 4.8 se concentran los efectos de ACG para la prueba de vigor mediante el envejecimiento acelerado, observándose que los valores más altos de ACG fueron presentados por las líneas CML-144, M-H-513, y CML-142, con un valor promedio de 6.0, 6.0 y 4.08 respectivamente; mientras que los valores más bajos de aditividad las presentaron las líneas T37, CML-150 y CLQ-6203, con valores de -7.00, -4.83 y -4.25. mientras que la ACE Cuadro 4.8), las cruzas que presentaron los valores más altos fueron D471 x CLQ-6203, T37 x CML-141, ST30 x CML-176, con medias 23.17, 22.92 y 18.00 mientras que las cruzas D471 x H-H-513, D-471 x T37, presentaron los valores más bajos de dominancia con -18.7 y 34.07. Con los resultados anteriores, la línea CML-144 es considerada como buena para esta característica para los dos tipos de Aptitud Combinatoria. En lo que se refiere al progenitor D471, se observó que presentó menores características favorables para esta variable.

Cuadro 4.8 Efecto de ACG y ACE para vigor (envejecimiento acelerado).

Germinación (EA) ACG		Germinación (EA) ACE	
Genotipos	Valores estimados	Cruzas	Valores estimados
CML-144	6.000000000	D471 X CLQ-6203	23.173076923
M-H-513	6.000000000	T37 X CML-141	22.923076923
CML-142	4.083333333	ST30X CML-176	18.006410256
TTC-63	2.666666667	H-H-513 X CML-177	14.173076923
H-H-513	1.666666667	D471 X CML-176	13.839743590
Y-902314	0.666666667	H-H513 X CML-141	13.256410256
CML-176	0.083333333	-	-
CML-141	0.000000000	-	-
CML-177	-0.916666667	CML-177 X CLQ-6203	-13.910256410
ST-30	-1.166666667	ST30 X CML-142	-13.993589744
D-471	-3.000000000	M-H.513 X Y-902314	- 16.743589744
CLQ-6203	-4.250000000	TTC-63 X Y-902314	-16.743589744
CML-150	-4.833333333	D471 X H-H-513	-18.743589744
T37	-7.000000000	D471 X T37	-34.076923077

Peso Seco (EA)

En el cuadro 4.9, se presentan los valores de ACG y ACE. Donde los progenitores que presentaron los valores más altos con 0.11 y 0.04 fueron ST30 y CML-144. Por lo contrario, las líneas que presentaron los valores más bajos de ACG fueron; D471 y CML-141, con valores de -0.10 y -0.05 . En la aptitud combinatoria específica, los valores más altos con 0.31 y 0.31 correspondieron, a las cruzas Y-902314 x CML-142 y ST30 x CML-150, por lo cual las cruzas que presentaron los valores más bajos de ACE; (Cuadro 4.9) fueron para las cruzas ST30 X CML-142, TTC-63 x Y-902314, con valores de -0.15 , -0.14 .

Por lo anterior, se encontró que línea ST30 al mantenerse como progenitor común en diferentes cruzas, conserva el valor alto de ACG, así como su participación en la ACE, así como la línea CML-144; lo que hace que estas líneas presenten buenos efectos para esta variable fisiológica.

Longitud Media de Plúmula (EA)

En el cuadro 4.10 se encuentra los valores de ACG para esta variable, donde se observó que las líneas ST30 y M-H-513, presentaron los valores más altos de ACG con 1.96 y 0.82; por lo contrario, las líneas con aptitud combinatoria general más bajas la presentaron las líneas D471 y CLQ-6203 con -1.59 y -0.71 respectivamente. En lo que se refiere a los efectos de dominancia (cuadro 4.10), las cruzas que arrojaron los valores más altos fueron; Y-902314

x T37, Y-902314 x CML-141 y ST30 x CLQ-6203, con valores de 3.45, 3.07, 2.58, mientras que los valores más bajos fueron aportadas por las cruzas D471 x T37, TTC-63 x Y-902314 y Y-902314 x CLM-177.

Con los resultados anteriores se puede observar que las líneas con mayores valores aditivos fue la ST30, considerándose este progenitor como deseable para esta característica, debido que al combinarse con otras líneas aumenta su ACE. Conforme a este parámetro, la línea Y-902314 al cruzarse con otros progenitores presentó buenos efectos para peso seco.

Cuadro 4.9 Efecto de ACG y ACE para peso seco en envejecimiento acelerado.

Peso seco (EA) ACG		Peso seco (EA) ACE	
Genotipos	Valores estimados	Cruzas	Valores estimados
ST-30	0.119219345	Y-902314 X CML-142	0.315419391
CML-144	0.042750595	ST30 X CML-150	0.314650641
Y902314	0.037071429	D471 X CML-176	0.262611058
CML-176	0.032490179	ST30 X CML-144	0.241315224
H-H-513	0.025367262	ST30X CML-176	0.238775641
CML-150	0.019465179	Y-902314 X H-H-513	0.187146474
CML-142	0.013919345	-	-
CML-177	0.003001488	-	-
MH.51	0.018199405	M.H.513 X ST30	0.133059776
CLQ-6203	0.032668155	D471 X ST-30	0.134218109
TTC-63	0.037245238	D471 X CML-150	0.135263942
H-H-513	0.044182738	D471 X H-H-513	0.141741026
CML -141	0.054170238	ST30 X CML-142	0.146378526
D471	0.100816071	TTC-63 X Y-902314	0.151991026

Cuadro 4.10 efecto de ACG y ACE para longitud media de plúmula en envejecimiento acelerado.

Longitud media de plúmula (EA) ACG		Longitud media de plúmula (EA) ACE	
Genotipos	Valores estimados	Cruzas	Valores estimados
ST-30	1.962232143	Y-902314 X T37	3.454567308
M-H-513	0.824732143	Y-902314 X CML-141	3.073733974
Y-902314	0.556190476	ST30 X CLQ6203	2.587483974
CML-141	0.290148810	ST30 X CML-150	2.383108974
1CML-144	1.962232143	D471 X CLQ-6203	2.051858974
CML-142	-0.014434524	Y-902314 X CML-142	1.811650641
CML-177	-0.041726190	-	-
TTC-63	-0.132767857	-	-
CML-176	-0.215476190	ST30 X CML-142	1.424391026
H-H-513	-0.231517857	Y-902314 X CML-144	1.508141026
T37	-0.299851190	D471 X ST-30	1.516682692
CML-150	-0.586934524	D471 X T37	1.612099359
CLQ-6203	-0.716309524	TTC-63 X Y-902314	2.077516026
D471	-1.592142857	Y-902314 X CML-177	2.443557692

5. CONCLUSIONES.

Referente a la hipótesis y objetivos planteados inicialmente en esta investigación se concluyó lo siguiente:

- Las pruebas de germinación y vigor en semilla de maíz ayudó a discriminar materiales con características fisiológicas negativas. Como también fueron confiables para detectar genotipos superiores con características fisiológicas deseables.
- Los materiales evaluados contienen mayor efectos no aditivos, debido a que los cuadrados medios de aptitud combinatoria específica demostraron tener los valores mas altos, comparados con los efectos aditivos.
- Se lograron identificar líneas que presentaron estimaciones de ACG con valores estimados altos antes y después del estrés, donde se pudo observar que esta característica fue transmitida a sus descendencias, sobresaliendo las líneas CML-144, ST30 y M-H-513.

- En ACE, se lograron detectar cruzas con valores altos de ACE que tenía en común líneas que demostraron tener buenas características fisiológicas deseables así como también valores de aditividad altos, donde sobresalen las líneas CML-144, ST30 y M-H-513. Por lo contrario las cruzas que no son recomendables considerarlas en un programa de mejoramiento son; D471 X CML-177, TTC-63 X Y-902314.
- La línea CML-144(QPM) y sus respectivas combinaciones, puede ser considerada como alternativas en la generación de híbridos de buenas características fisiológicas y de alta calidad proteica. Por lo contrario, la línea D471(calidad normal) y sus diferentes combinaciones, no es recomendable considerarla en un programa de fitomejoramiento debido a sus cualidades negativas que presenta.

6. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayos de Semillas, del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Donde se analizó componentes de calidad fisiológica de las semillas de maíz de catorce líneas, donde siete fueron de calidad normal y siete de alta calidad proteica. Los objetivos fueron estimar los efectos de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica en la calidad de la semilla, determinar el tipo de acción génica que gobiernan para esta característica y seleccionar genotipos deseables de maíz.

El trabajo consistió en una etapa de laboratorio donde se evaluó parámetros que determinaran la calidad fisiológica de la semilla, en primer estancia sin ningún estrés, enseguida se sometieron a la prueba de envejecimiento acelerado. Las evaluaciones se realizó bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, bajo un análisis genético estadístico utilizando el método cuatro de Griffing para el análisis dialélicos para estimar los efectos de ACG y ACE para todas las variables. Se encontró que las pruebas de laboratorio pueden discriminar materiales no deseables. Así también los efectos aditivos y de dominancia se expresaron

en la longitud media de plúmula, por lo cual se concluye que los tipos de genes que determinan para esta variable son aditivos.

Se determinó la contribución relativa de los efectos de dominancia para las características de germinación y peso seco, donde se afirma que los genes que determinan la germinación y peso seco son de efectos dominantes.

Con el presente trabajo se encontró que la calidad fisiológica está determinada mayormente por efectos de dominancia, y las líneas que presentaron mayores efectos de ACG y ACE fueron las líneas CML-144, M-H-513 y ST30.

7. LITERATURA CONSULTADA

- Agrawar R.L. 1980. Efect of relative hamidity and temperature on germination of seed two F1 sorguhon hibrids and tehir parents during storage. Seed Sci. Technol 6:31-37
- Anderson, J.D. 1973. Physiological and biochemical differences in de teriorating berley seed.crop. Sci. PP. 36-39. USA.
- Amacende L.S. 2000. Estimación de componentes genéticos en un importante patrón heterótico de maíz bajo el diseño II de Carolina del norte. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México. 13 P.
- Antuna G.O. 2001. Calidad fisiológica de semilla y comportamiento agronómico de seis líneas de maíz y su combinación híbrida. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. PP.58-59.
- AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution N°. 32. EUA. P. 10.
- Association of Official Seed Analysts. 1993. Seed vigor testing handbook. Contribution N°. 32 AOSA. EUA. PP. 32-34.
- Azuara H.,F.J.2002. Aptitud combinatoria general y especifica para característica agronómica y fisiológicas de maíz. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. PP.52-54.
- Bdliya P.M. and J.S. Burris. 1988. Diallel analysis of tolerance of dring injuty in seed corn. Cropsci. USA. PP. 935-938.
- Brauer H.O. 1983. Citogenética aplicada. 4ta. Reimpresion. Edit. Limusa, S.A. Mexico.. 371P.
- Bustamante G., L.A. 1998. Notas del curso de control de calidad. Programas de graduados de CCDTS-UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

- Castro G. M. 1974. Rendimiento y heterosis en cruzas internacionales en México. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados de Chapingo. México. 38 P.
- Chávez A., J.L. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Módulos específicos de plantas alógamas. UAAAN. Saltillo, Coahuila; México. Edit. Trillas. PP. 50-106.
- Cota A.O. Valenzuela, V.J.M. Ortega. C.A y Soqui, G.A.A. 1991 CIANO H-430 nuevo híbrido de maíz blanco. SARH, INIFAP. CIANO. Folleto técnico No.17, Ciudad Obregón; Sonora México.
- Coutiño R., R.R 1998 Producción y Calidad de Semilla de Maíz bajo diferentes densidades de población. Tesis de Maestría. UAAAN, Buenavista, saltillo, Coahuila, México. PP.97-100.
- CYMMYT, 1994-94. world maize facts and trends. Maize seed industries, revisited; emerging roles of the public and private sectors. México, D.F. CIMMYT.
- Delouche, H.H. 1986, Physiological seed quality. Short course for seedsmen. Missississippi State University. Vol. 27.PP. 51-59 USA.
- Delouche J.C. and C.C. Baskin. 1973. accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. seed Sci. and technology. 1: 427-452 the Netherlands.
- Días C.,F.D. 2001. Seed news, la revista internacional de las semillas. Universidad Federal de. Brasil.
- De León C. H. 1991. Estimación de habilidad combinatoria de cruzas simples de maíz. II Congreso nacional de genética. UAAAN. Saltillo, Coahuila; México.
- FAO (1994), El Maíz en la Nutrición Humana, Colección FAO; alimentación y nutrición N0. 25.PP.12-32.
- Fornos M. 2003 Programas de recursos genéticos Nicaragüenses. Departamento de producción vegetal. Universidad Nacional Agraria. km.125 carretera Norte, Managua, Nicaragua.
- Falconer D.S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. CECSA. 430.P.
- Garay E.A. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas de semillas para pequeños agricultores agricultores. CIAT, Cali, Colombia. PP. 2-11.

- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems Australian. J. Biol. PP. 463-493.
- Hampton J.G. 2001. New Zealand Seed Technology Institute. Lincoln University Canterbury-New Zealand.
- International Seed Testing Association (ISTA) 1996. International Rules for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. and technol. Zurich.
- Jugenheimer R.W. 1985. el Maíz. Variedades mejoradas, métodos de cultivos y producción de semillas. Universidad de Illinois USA. 4ta edición. edit. Limusa, México. PP.217-218
- Krieg D.R. and S.N. Bartee. 1975. cotton seed density. Associated germination and seedling emergence properties. Agron. Joor-67(3). PP.343-347.USA.
- Martínez M. V. 1989. Efecto de las características físicas sobre la calidad de las semillas de maíz. Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- McDonald M.B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proc. of offic. Seed analysts. 65: 117-122. USA.
- Martínez G.A. 1975. Diseños y análisis de experimentos de cruza dialélicas. Centro de estadística y cálculo. Colegio de postgraduados. México. 255 P.
- Medina M.E. 1989. Importancia de la longevidad de la semilla en la producción de híbridos de maíz, Tesis, MC. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, buena vista, saltillo, Coahuila, México.
- Molina, M.J. Estrada J.A. Livera M. y González V.A. 1990. Análisis de la Enseñanza, Producción e Investigación de Semillas de México Sociedad Mexicana de Citogenética. Chapingo, México. PP. 53-64.
- Moreno, M.E. 1996, Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ª edición. Instituto de Biología UNAM México. D.F. 393 P.
- Moreno M., E. Morones , R.R. y Gutiérrez, R.L. 1978. Diferencias entre líneas, cruza simples y dobles de maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones adversas de almacenamiento. PP. 233-237.
- Muñoz A.G y F. Poey 1983. Variabilidad de los descriptores en arroz. Su expresión, medida e interacción. Trabajo presentado en la IV Reunión anual de semilla. PPMCA. Panama. Abril. PP. 5-8

- Poehlman J.M. 1973. Mejoramiento genético de las cosechas. Universidad de Missouri. Edit. Limusa, tercera reimpression. PP. 282-283.
- Perez F.J. 1995. Pruebas en sanidad de semillas de soya. VII curso de actualización en tecnología de semilla. UAAAN – CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.41P.
- Perretti A. 1994. Manual para análisis de semillas. Primera edición. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281.P.
- Perry D.A. 1972. Seed vigor and field establishment. Hort. Abstrac 42: 334-342.
- Rivera F., C.H. 1977. Efecto de la divergencia genética en la heterosis de cruzas intervarietales de maíz. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. México.
- Rojas B. A. and G.F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials III. General and espcific. Combining ability and their interaction with locations an year. Agron. Journ. PP. 462-466.
- Roberts E.H.1972. Viabiity of seed, charman and Hall, Londres, England. 447.P.
- Serrato C., V.M. 1995. Manual de Procedimiento de control de calidad, en el campo en la producción de semilla de Maíz. UAAAN. Vol. 4
- SARH (Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos)(1998), variedades recomendadas de los principales cultivos con condiciones para la época de siembra y cosecha, ciclo O-I 1997-1998 y P-V, 1998.
- Sprague G.F and L.A. Tantum. 1942. General vs specific combining ability in sinlge crosses of corn. Agron. J. 34: 923-932.
- Villa L.G. 1982. Recomendaciones para el Secamiento y Almacenamiento de la Semilla Producida por el Agricultor. Memoria de la reunión de trabajo, sobre semilla mejorada para el pequeño agricultor CIAT Cali Colombia. Pag. 25-28
- Vázquez B., M.E. 1996. estimación de los efectos genéticos en seis poblaciones de maíz para evaluar vigor y sanidad de semillas. Puerto Vallarta, México.22. P.