

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Evaluación de Híbridos Dobles de Maíz

(*Zea mays* L.) En el Trópico Húmedo de México

Por:

HÉCTOR LÓPEZ BAUTISTA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DOBLES DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN EL
TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO**

POR:

HÉCTOR LÓPEZ BAUTISTA

TESIS

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito parcial
para obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

APROBADA:

Presidente del Jurado

M.C. Arnoldo Oyervides García
Asesor Principal

Dr. Humberto de León Castillo
Primer Sinodal

Dr. Alfredo De La Rosa Loera
Segundo Sinodal

Dr. Fernando Borrego Escalante
Tercer Sinodal

El Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Arnoldo Oyervides García
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2005

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO:

Que es el creador y dador de vida, por darme la sabiduría y el entendimiento necesario, para poder salir adelante en mis estudios que me servirán en mi vida futura.

A MIS PADRES

José Guadalupe López Hernández

Cleotilde Bautista Antonio

Por darme la vida, gracias por la confianza que depositaron en mí, pues me enseñaron que la base del triunfo está en el trabajo honesto, en el esfuerzo diario y constante, y que todo sacrificio en la vida tarde o temprano tiene su recompensa

A MIS HERMANAS

Leticia, Elena, Eduwiges y Carmelina

Por su gran cariño y amor que siempre me han demostrado, por darme ánimos siempre para seguir adelante, gracias porque de una u otra forma contribuyeron en mi formación como profesionista.

Y SOBRE TODO CON AMOR Y RESPETO A TI

Edith Esteban Campos

Eres la persona que forma parte fundamental en mi vivir, con la que he compartido triunfos y fracasos momentos difíciles y de alegría, quien siempre tiene

palabras de aliento para mí, y por encima de todo por haberme apoyado sin esperar nada a cambio.

A MIS COMPAÑEROS DE LA GENERACIÓN XCVIII:

A todos ellos, por las vivencias estudiantiles compartidas las cuales serán inolvidables, quiero que sepan que me llevo una enseñanza de cada uno de ustedes.

A MIS AMIGOS:

José Ezequiel Gallegos Solórzano

Hugo Andrés López Samayoa

Gracias por demostrarme que podía contar con ustedes siempre, y por hacer más amena mi estancia lejos de mis familiares.

A TODOS SINCERAMENTE GRACIAS

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Arnoldo Oyervides García, por la oportunidad de realizar la presente tesis, por su valioso tiempo que me brindó para la revisión y sugerencias en la presente investigación, por brindarme su amistad sincera, su apoyo moral y la confianza que siempre me demostró.

Al Dr. Humberto De León Castillo, por su valiosa ayuda en la revisión del presente trabajo de tesis, gracias por darse el tiempo necesario para hacerme sus recomendaciones y sugerencias tan importantes para llevar a buen término ésta valiosa investigación.

Al Dr. Alfredo De La Rosa Loera por su sincera amistad, experiencia y sobre todo la ayuda desinteresada que demostró para la realización de los análisis estadísticos, muchas gracias pues sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación del presente trabajo de tesis.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante por haber mostrado una excelente disposición para revisar éste trabajo de investigación y por su sinceridad para hacerme las sugerencias que me permitieran realizar un buen trabajo de tesis.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (**COECYT**), por brindarme la ayuda económica para llevar a cabo la realización del presente trabajo de tesis, gracias por éste valioso apoyo.

A la Lic. Sandra López Betancourt por contar siempre con su apoyo y disponibilidad para el manejo de los paquetes computacionales, gracias.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por recibirme en su seno y darme la oportunidad de superarme para llegar a ser satisfactoriamente un buen ingeniero y aportar algo al agro mexicano.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
- Objetivos.....	3
- Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
- Endogamia.....	4
- Heterosis.....	5
- Líneas.....	8
- Hibridación.....	10
- Híbridos.....	11
- Híbridos Simples.....	13
- Híbridos Triples.....	14
- Híbridos Dobles.....	14
- Aptitud Combinatoria.....	17
- Aptitud Combinatoria General.....	17
- Aptitud Combinatoria Específica.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
- Material Genético.....	20

- Área de evaluación.....	21
- Características experimentales.....	23
- Trabajo de campo.....	23
- Toma de datos.....	25
- Análisis estadístico.....	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. RESUMEN.....	42
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	44
VIII. APÉNDICE.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 3.1 Genealogía de los híbridos dobles evaluados en Villa Úrsulo Galván.....	20
Cuadro 3.2 Características geográficas y climáticas de la localidad donde se evaluaron los híbridos dobles.....	22
Cuadro 3.3 Características de la unidad experimental de la localidad de evaluación.....	23
Cuadro 3.4 Formato para el análisis de varianza bloques al azar individual.....	29
Cuadro 4.1 Cuadrados medios de las características de las nueve variables agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Úrsulo Galván en el ciclo 2004.....	33
Cuadro 4.2 Concentración de medias de acuerdo al rendimiento y demás características agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz en el año 2004.....	35
Cuadro 4.3 Media de las características agronómicas de los cinco mejores híbridos dobles en base a rendimiento en comparación con el mejor testigo para la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz.....	40

Cuadro 1.A Genealogía de los híbridos dobles evaluados, en base a rendimiento en la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz.....	47
Cuadro 2.A Genealogía de los cinco mejores híbridos dobles seleccionados en base a rendimiento y otras características agronómicas para la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz.....	48

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*), se ha cultivado desde tiempos prehistóricos, por lo tanto se considera parte fundamental para la alimentación, la economía y lo social. Se sabe que la importancia en la alimentación radica en el gran consumo que hace el pueblo mexicano, pues en su dieta diaria no hay merienda en que el mexicano no la acompañe con un procesado de este grano básico; el impacto que tiene en la economía se basa en que es una materia prima de la industria, para producir un sin fin de derivados que generan divisas al país, y por último en lo social, somos conocidos como los hombres del maíz, con una cultura muy arraigada en cuanto al consumo de este cereal, de ahí que siempre se va a necesitar del maíz.

Dentro de la producción de maíz, en diferentes estados del sureste del país se tiene que se realiza de dos maneras: la tradicional que consiste en rosa-tumba-quema en donde el bajo o nulo empleo de insumos modernos, es muy marcado, siendo un cultivo básicamente de autoconsumo en donde los rendimientos obtenidos son sumamente bajos. La otra manera de producción, es la mecanizada, en donde se emplean paquetes tecnológicos bien organizados. En nuestro país el uso de este paquete se ha implementado en algunas regiones de limitada extensión, por lo que la producción en México ha venido de más a menos en los últimos años, a tal grado que de ser un país exportador o autosuficiente, ha pasado a ser importador de este valioso cereal, tan solo en el año 2004 la importación de maíz se incrementó en un 8%; esto se debe a que el número de hectáreas dedicadas a este cultivo ha venido reduciéndose

considerablemente por falta de variedades resistentes a plagas o enfermedades diversas, por la falta de variedades de alto rendimiento o simplemente porque resulta ser más económico importarlo que producirlo. Otro problema es la centralización de la producción de este cultivo, pues se tiene que de las 32 entidades federativas que siembran maíz, cinco de ellas producen el 60% de la producción nacional: Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas y Michoacán.

Debido a la problemática expuesta, surge la necesidad de incrementar los rendimientos por unidad de superficie mediante el uso de materiales mejorados, como son las variedades y los híbridos. Teniendo conocimiento del gran potencial productivo que representa el trópico húmedo mexicano que comprende las regiones ubicadas a una altura de 0 – 1000 metros sobre el nivel del mar, y con una precipitación mayor a los 600 milímetros, el Instituto Mexicano del Maíz “Dr. Mario E. Castro Gil” con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ha implementado sus programas de mejoramiento genético para la obtención y evaluación de híbridos que sean superiores en cuanto a rendimiento y con un mayor margen de productividad.

Es por esto que el presente trabajo de tesis es parte estructural de los programas que tiene el Instituto Mexicano del Maíz, en cuanto a mejoramiento genético y cobra importancia porque desde hace varios años sus investigadores se han dado a la tarea de realizar investigaciones con el objetivo de obtener genotipos que generen mayor rendimiento y presenten mejores características agronómicas a través de los años; por lo cual el trabajo de tesis está dirigido a el trópico húmedo, específicamente en la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz y consiste

básicamente en evaluar y seleccionar los mejores genotipos que presenten características deseables, principalmente rendimiento.

El objetivo específico del presente trabajo es:

- Seleccionar los mejores híbridos dobles de acuerdo a las características agronómicas que sean superiores, en comparación con los testigos comerciales utilizados.

La hipótesis es:

- Al menos uno de los híbridos dobles evaluados igualan o superan a los testigos comerciales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

ENDOGAMIA

Jugenheimer (1981) menciona que la endogamia es el sistema por el cual se aparean tanto animales como plantas emparentados entre sí. Explica que la endogamia provoca, en comparación con sus progenitores, una marcada pérdida de vigor y rendimiento principalmente. Su efecto genético es el aumento de la homocigosis, que da por resultado final la producción de una población homogénea homocigota.

Reyes (1985), explica que la endogamia es el apareamiento de individuos emparentados. Según el parentesco entre los progenitores se tienen diferentes grados de endogamia, siendo el extremo la autofecundación.

Robles (1986), define endogamia como el apareamiento de individuos emparentados, menciona que la máxima expresión de endogamia se espera en poblaciones ideales de especies hermafroditas con autofecundación forzosa, además explica que cuando un organismo es monoico y hermafrodita, puede dar el tipo de apareamiento que produce la mayor cantidad de endogamia, esto es apareamiento de un individuo consigo mismo o autofecundación.

Gardner (1990), explica que en la naturaleza y en poblaciones controladas por el hombre se pueden observar dos sistemas de apareamientos: la endogamia y la exogamia, refiriéndose detalladamente a la endogamia como la producción de descendientes por progenitores estrechamente emparentados, así mismo mencionó que las plantas que se autofecundan son representativas de un caso extremo de endogamia.

HETEROSIS

Shull (1908), fue quien propuso que éste fenómeno se llamara heterosis, el cual consiste en un incremento en la producción, en la altura, en la resistencia de plagas, a sequía, a enfermedades, o cualquier otra característica que expresa mayor vigor que el que manifiesta el promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso.

Allard (1967), menciona que la heterosis es considerada como el fenómeno genético inverso a la degradación que acompaña a la consanguinidad. También señala que el estudio del vigor híbrido se ha encontrado en el aumento del tamaño y la productividad, pero que es importante tomar en consideración que la heterosis puede manifestarse de muchos otros modos. Así mismo también señala que la heterosis es mayor cuando se cruzan líneas con descendencia muy distante, sucediendo lo contrario cuando las líneas cruzadas son derivadas de variedades de polinización libre que son semejantes o de la misma población.

Jugenheimer (1981), menciona que la heterosis es un fenómeno en el cual el cruzamiento de dos variedades, produce un híbrido que es superior en crecimiento, tamaño, rendimiento o en vigor en general. También señaló que el rendimiento y la mayoría de los caracteres de importancia económica del maíz son de naturaleza cuantitativa y están controlados por un gran número de genes. Además mencionó que la heterosis se manifiesta a sí misma principalmente en las plantas de la generación F_1 .

Reyes (1985), dice que la heterosis es un fenómeno en virtud del cual, la cruce (F_1) entre dos razas, dos variedades, dos líneas, etc., produce un híbrido que es superior en tamaño, rendimiento o vigor en general.

Robles (1986), especifica que la heterosis es cuando el híbrido resulta superior a los progenitores; considera que para obtener mayores expresiones de heterosis, entre más divergentes sean las expresiones de un carácter en los progenitores, se espera mayor expresión en el carácter del híbrido. Esta expresión final de heterosis se debe a la sumatoria de todos los genes que intervienen en todas las variantes de acción de genes interalélicos e intralélicos.

Robles (1986), explicó la heterosis resumiéndola en tres grandes apartados teóricos:

- 1.- La sobredominancia o heterocigosis tiene un efecto estimulador sobre las actividades fisiológicas del organismo, y éste efecto desaparece con autofecundaciones continuas que reducen la variabilidad de la progenie hasta la

homocigosis. La heterosis es el efecto de la estimulación heterocigótica por interacción en un solo locus, mas no por efectos de dominancia simple de alelos.

2.- La dominancia se debe a la acumulación de factores dominantes favorables, de acuerdo con ésta teoría, los genes que son favorables para vigor y desarrollo son dominantes y los genes que son desfavorables para los individuos son recesivos.

3.- La epistásis a diferencia de las dos teorías antes mencionadas, se basan en efectos intralélicos para explicar la heterosis; en cambio, la epistática involucra todos aquellos efectos interalélicos, entre otros, la acción inhibidora, la acción complementaria, interacción de genes no alélicos en combinaciones favorables para la máxima expresión de un carácter.

En base a lo anterior Robles (1986), concluyó que para el carácter de rendimiento implicaría que la heterosis “se debe a la acción favorable de combinaciones inter e intralélicas indiscriminadamente”.

Poehlman (1987), define vigor híbrido o heterosis, como el incremento en tamaño o en vigor de un híbrido con respecto al promedio de sus progenitores. Especifica que el vigor híbrido es el resultado de reunir genes favorables y que los principales efectos manifestados por la heterosis en maíz son: mazorcas más grandes, más hileras de granos por mazorca, mayor número de nudos por planta, más peso total por planta y un mayor rendimiento de grano, que las líneas autofecundadas.

Márquez (1995), cita que el vigor híbrido o heterosis es el aumento en vigor, altura, rendimiento, resistencia, etc., de la progenie.

Cubero (1999), define a la heterosis como el aumento en la expresión de ciertos caracteres que surge tras el cruzamiento entre especies, variedades o líneas.

LÍNEAS

Johanssen (1903), citado por Brauer define a una línea pura como el conjunto de individuos que descienden de un solo individuo autofecundado.

Jugenheimer (1981), menciona que la obtención o el desarrollo de líneas es el primer requisito de un programa de maíz híbrido. Explica que las líneas puras de maíz se pueden desarrollar a partir de variedades de polinización libre: híbridos, sintéticos y compuestos. La mayoría de las líneas puras, que forman los híbridos de maíz actuales, se desarrollan por autofecundación o por polinización entre hermanos. La polinización entre hermanos, consiste en usar polen de una planta para fecundar los estigmas de otra planta hermana.

Brauer (1983), explica que cuando las plantas se reproducen por autofecundaciones se forman líneas puras que reproducen fielmente sus caracteres a través de las semillas, por lo tanto todas sus progenies son genéticamente iguales, es decir que dentro de una línea pura no hay variación.

Poehlman (1986), explica que una línea obtenida por autofecundaciones es una línea pura, que desciende por autofecundación de una planta capaz de reproducirse idéntica a sí misma, así mismo menciona que una línea pura se produce mediante autofecundación y selección hasta que se obtienen plantas aparentemente homocigóticas, para esto se requiere generalmente de cinco a siete generaciones, esto se realiza con el propósito de fijar caracteres convenientes con objeto de que las líneas se puedan conservar sin que sufran cambios genéticos.

Márquez (1988), define como línea endogámica al conjunto de individuos resultante, en una generación dada, de un sistema regular de apareamiento endogámico. A sí mismo, define a una línea autofecundada como la población en una generación obtenida al cabo de la autofecundación de una sola planta en cada generación.

Chávez (1995), explica que una línea autofecundada es aquella que es pura, originada generalmente por autopolinizaciones sucesivas y selección, hasta obtener plantas aparentemente homocigotas.

Explica que para formar buenas líneas autofecundadas, es necesario partir de poblaciones previamente seleccionadas con base en su amplia variabilidad genética. Por lo regular estas poblaciones son las mejores variedades criollas de la región para la cual se va a producir el híbrido.

Chávez (1995), explicó el procedimiento general para obtener líneas, el cual consiste en:

- a) Sembrar un lote de una hectárea con la población seleccionada de amplia variabilidad genética.
- b) En la floración, autofecundar plantas sobresalientes en cuanto a características agronómicas deseables.
- c) Cosechar en forma individual cada una de las mazorcas autofecundadas (líneas S_1) a la que se adjudica una genealogía.
- d) Sembrar cada una de las líneas S_1 en surcos de 10 m. para hacer selección entre y dentro de las líneas, donde se autofecundan dos o tres plantas en cada línea seleccionada.
- e) Seleccionar en la cosecha la o las mejores plantas autofecundadas (líneas S_2) y manejarlas en forma independiente.
- f) Repetir los puntos d) y e) del procedimiento hasta obtener líneas S_6 ó S_7 .

HIBRIDACIÓN

Márquez (1983), define a la hibridación como un método genotécnico en las plantas que consiste en aprovechar la generación F_1 , la cual proviene del cruzamiento entre dos poblaciones P_1 y P_2 (poblaciones paternas).

Reyes (1985), define a la hibridación como el método que consiste en el apareamiento controlado de individuos genéticamente diferentes, y el estudio de la progenie, asociando la endogamia o consanguinidad durante el proceso.

Robles (1986), define la hibridación como el aprovechamiento de la generación F_1 , con fines agrícolas.

Chávez (1995), explica que la hibridación es el acto de fecundar los gametos femeninos de un individuo con gametos masculinos procedentes de otro individuo.

Chávez (1995), explica que la hibridación se realiza con los siguientes objetivos:

- a) Explotar el vigor híbrido (heterosis).
- b) Formar ideotipos (arquetipos) específicos para determinados ambientes.
- c) Provocar variabilidad y selección de nuevos materiales.
- d) Seleccionar materiales que intervendrán como progenitores en las cruzas.
- e) Seleccionar la craza adecuada y deseable de acuerdo con las exigencias del consumidor.

HÍBRIDOS

Delorit (1983), define al híbrido como el resultado final del cruzamiento entre individuos de distintas ascendencias, menciona además que la producción de maíces híbridos representa el progreso individual más grande en la producción de este grano. Delorit (1983), explico que el maíz híbrido es superior a las variedades de polinización abierta, debido a que:

- Un maíz híbrido produce grano y forraje de mejor calidad.
- Produce rendimientos significativamente más elevados
- Tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos.

- Es más resistente al acame
- Puede resistir mejor la sequía

Poehlman (1983), describe a un híbrido como la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas.

Reyes (1985), define como híbrido al animal o vegetal, procreado por dos individuos de distinta especie o género.

Poehlman (1986), explica que un híbrido es la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas; explica que la producción de maíz híbrido involucra el siguiente procedimiento:

- a) La obtención de líneas autofecundadas, por autopolinización controlada.
- b) La determinación de cuales de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruces productivas.
- c) La utilización comercial de las cruces para la producción de semilla.

Robles (1986), define a un híbrido como la primera generación que resulta del cruzamiento entre dos progenitores, cuyas características principales son: la manifestación óptima de heterosis y la uniformidad de sus caracteres agronómicos; sobre todo, si los progenitores son líneas puras homocigóticas contrastantes en sus genotipos; resulta así, una población F1 heterocigótica y homogénea altamente vigorosa y productiva.

Gardner (1990), explicó que un híbrido es el resultado del cruzamiento de líneas endogámicas, obtenidas por polinización controlada.

Chávez (1995), el híbrido puede ser la primera generación de una cruce entre líneas autofecundadas, entre una línea por una cruce simple, o la cruce entre dos híbridos simples.

Chávez (1995), explica que para formar híbridos superiores de maíz se requiere:

- a) Obtener líneas autofecundadas (polinización controlada).
- b) Determinar qué líneas producen combinaciones superiores.
- c) Utilizar comercialmente las líneas y cruces para la producción de semilla.

HÍBRIDOS SIMPLES

Jugenheimer (1981), menciona que un híbrido simple (A X B) se hace combinando dos líneas puras. Las cruces simples tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes en los caracteres de la planta y la mazorca que otros tipos de híbridos.

Poehlman (1986), describe a un híbrido simple como la descendencia del cruzamiento de dos líneas autofecundadas.

Chávez (1993, 1995), describe a un híbrido simple como el resultado del cruzamiento entre dos genotipos diferentes, generalmente dos líneas endocreadas.

Especifica que para designar a los progenitores el fitomejorador usa letras o números, de los cuales el primero se refiere a la hembra y el que le sigue al macho, poniendo por ejemplo A x B, A es la hembra fecundada por B que es el macho.

HÍBRIDOS TRIPLES

Poehlman (1986), explica que un híbrido triple es la progenie híbrida entre una crusa simple y una línea autofecundada (A x B) x C.

Chávez (1993, 1995), menciona que un híbrido triple es el cruzamiento resultante entre un híbrido simple con una tercera línea. Para formarlos se polinizan las plantas de la crusa simple con el polen del progenitor masculino, el cual debe ser una línea muy productora de polen, ya que está en desventaja con la crusa simple que es muy vigorosa. Este tipo de híbrido se utiliza en siembras comerciales para la producción de grano.

HÍBRIDOS DOBLES

Jugenheimer (1981), menciona que los híbridos dobles constituyeron el tipo de híbrido más generalizado, menciona que las cruza simples son utilizadas para el cruce y formación de híbridos dobles, los cuales resultan ligeramente más variables en los caracteres de la planta y la mazorca, que las cruza simples, lo cual puede ser una ventaja cuando el cultivo se siembra bajo condiciones adversas.

Poehlman (1983), define a un híbrido doble como la progenie obtenida de cruzar dos cruza simples. Explica que la semilla de una cruza doble se produce en una planta de cruza simple que ha sido polinizada por otra cruza simple. Esta semilla híbrida es la que generalmente se le vende al productor por lo que éste cultiva plantas de cruza dobles. La cruza doble es un híbrido entre dos cruza simples progenitoras heterocigóticas y no es tan uniforme como la cruza simple. Debido a que la semilla de la cruza doble se cosecha de una planta productiva de una cruza simple, es más uniforme en tamaño y apariencia y se obtiene mayor abundancia y con mayor economía que la semilla de las cruza simples, que se cosechan en una planta autofecundada, es ésta la razón por la cual conviene hacer un híbrido doble.

Gardner (1990), menciona que los híbridos dobles no mejoran el vigor híbrido más allá del que confiere un híbrido simple; siendo su principal merito el de producir plantas uniformes y vigorosas para la producción de semillas, reduciendo así el costo de las semillas comerciales. Explica que también es posible mejorar la uniformidad de la cosecha en cuanto a altura, rendimiento y características de la mazorca.

Chávez (1993, 1995), explica que un híbrido doble es la F_1 resultante del cruzamiento de dos híbridos simples; intervienen cuatro líneas autofecundadas, es la cruza más utilizada en nivel comercial para la producción de grano. Explica los pasos que son necesarios tomar en cuenta para la formación de híbridos dobles:

- a) Formación de líneas autofecundadas homocigóticas uniformes.

- b) Cruzamientos entre estas líneas en combinaciones que produzcan híbridos simples uniformes y productivos.
- c) Cruzamientos entre las cruza simples en combinaciones que produzcan híbridos productivos de cruza doble.

Una cruza simple (A x B) se combina con una segunda cruza (C x D); para esto primeramente los dos progenitores se han seleccionado por su vigor, uniformidad y alto rendimiento. Esperando por consecuente semilla de buena calidad y en abundancia.

Chávez (1993, 1995) menciona que la producción de semilla híbrida de cruza doble es mayor que la cruza simple debido a que en la cruza doble la semilla proviene de cruza simples y no de líneas, como sucede en éstas, por consiguiente es más económico producirla en cruza doble.

Además Chávez (1993, 1995) menciona que las cruza dobles no son tan uniformes como las cruza simples, debido a que las cuatro líneas no siempre combinan bien en todos sus pares de genes; por tal motivo, hay mayor variabilidad de plantas en este tipo de cruza. Así mismo, señala que una cruza simple produce mayor rendimiento que una triple y ésta a su vez más que la doble.

APTITUD COMBINATORIA

Poehlman (1983), menciona que la capacidad de una línea para transmitir productividad conveniente a su progenie híbrida, se conoce con el nombre de aptitud combinatoria.

Márquez (1988), dice que la aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad es medida por medio de sus progenies.

Chávez (1995), define a la aptitud combinatoria (AC), como el comportamiento promedio de una línea, en las combinaciones híbridas al cruzarse con otras líneas, o bien al comportamiento de una o varias líneas al cruzarse con una variedad de amplia base genética.

APTITUD COMBINATORIA GENERAL

Sprague y Tatum (1942) citado por Márquez en 1988, emplearon el término de aptitud combinatoria general (ACG), para definir el comportamiento promedio de un genotipo en una serie de cruzas.

Jugenheimer (1981), mencione a la aptitud combinatoria general como el desempeño promedio de una línea pura en algunas combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria general proporciona información sobre qué líneas puras deben producir los mejores híbridos cuando se cruzan con muchas otras líneas. La aptitud

combinatoria general se evalúa mediante el uso de un probador, que puede ser cualquier material genético que permita medir la aptitud combinatoria de un grupo de líneas con el cual se cruza, que debe ser de amplia variabilidad genética.

Poehlman (1983), define a la aptitud combinatoria general como el comportamiento medio de una determinada línea en una serie de combinaciones híbridas.

Robles (1986), menciona que la prueba de aptitud combinatoria general, es un medio de realizar selección preliminar de un alto número de líneas, ya que determina en cierta forma el comportamiento promedio de las líneas S_1 , puesto que en ésta etapa de autofecundación, todavía existe bastante heterocigocidad genética dentro de cada uno de ellos.

Chávez (1995), define a la aptitud combinatoria general (ACG), como el efecto promedio que una línea imparte a sus cruzas, medida como la desviación de la media general, es decir; es lo que una línea hereda a sus descendientes en promedio de muchas cruzas. Estima el patrimonio de los efectos de genes aditivos. Se evalúa mediante el uso de un probador de amplia variabilidad genética, esta prueba es inherente a cada línea en particular.

APTITUD COMBINATORIA ESPECÍFICA

Sprague y Tatum (1942) citado por Márquez en 1988, definen la aptitud combinatoria específica como los casos en los cuales ciertas combinaciones lo hacen

mejor o peor de lo que se podía esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas envueltas, en breve, la ACE es el rendimiento relativo de cada craza específica.

Jugenheimer (1981), la aptitud combinatoria específica (ACE) es el desempeño individual de una línea pura en una combinación híbrida específica

Poehlman (1983), se refiere a la aptitud combinatoria específica como el comportamiento de una combinación de dos líneas específicas en una determinada craza. La aptitud combinatoria específica se juzga por la relación que existe entre el comportamiento de las líneas en una determinada craza y el comportamiento medio de las líneas en una serie de cruza.

Chávez (1995), describe a la aptitud combinatoria específica (ACE), como el resultado del efecto conjunto de dos líneas en particular, la cual se mide como desviación de la suma de la media general más las aptitudes combinatorias de los progenitores implicados en la craza. La ACE estima la cuantía de los efectos de genes de acción no aditiva, principalmente de genes de acción de dominancia, epistasis e interacciones. También menciona que ésta medida es particular para combinaciones entre pares de líneas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL GENÉTICO

El material genético utilizado en el presente trabajo son híbridos dobles que fueron obtenidos dentro del programa de mejoramiento genético en el trópico húmedo, por el Instituto Mexicano del Maíz, involucra a 48 cruzas dobles, formadas entre 24 cruzas simples más el testigo que participó en dos ocasiones.

La genealogía de los híbridos dobles genitores utilizados en el presente trabajo, así como el material utilizado como testigo se encuentran en el cuadro 3.1

Cuadro 3.1 Genealogía de los híbridos dobles evaluados en Villa Ursulo Galván.

TRAT.	GENEALOGÍA	ORIGEN URSULO GALVAN, 2004 A
1	(LTH 11 X LTH 90) (LTH 158 X LTH 223)	2101 X 2103
2	(LTH 11 X LTH 90) (LTH 30 X LTH 26)	2101 X 2104
3	(LTH 11 X LTH 90) (LTH 43 X LTH 26)	2101 X 2109
4	(LTH 11 X LTH 90) (LTH 46 X LTH 11)	2101 X 2111
5	(LTH 11 X LTH 90) (LTH 43 X LTH 212)	2101 X 2113
6	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 30 X LTH 26)	2102 X 2104
7	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 223 X LTH 43)	2102 X 2107
8	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 223 X LTH 90)	2102 X 2108
9	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 43 X LTH 26)	2102 X 2109
10	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 43 X LTH 158)	2102 X 2110
11	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 43 X LTH 223)	2102 X 2112
12	(LTH 11 X LTH 158) (LTH 43 X LTH 212)	2102 X 2113
13	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 30 X LTH 26)	2103 X 2104
14	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 223 X AN 30)	2103 X 2106
15	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 223 X LTH 43)	2103 X 2107
16	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 43 X LTH 26)	2103 X 2109
17	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 43 X LTH 223)	2103 X 2112
18	(LTH 158 X LTH 223) (LTH 43 X LTH 212)	2103 X 2113
19	(LTH 223 X LTH 11) (LTH 43 X LTH 26)	2105 X 2109
20	(LTH 223 X LTH 11) (LTH 43 X LTH 158)	2105 X 2110
21	(LTH 223 X LTH 11) (LTH 43 X LTH 223)	2105 X 2112

Continuación del cuadro 3.1

22	(LTH 223 X LTH 11) (LTH 43 X LTH 212)	2105 X 2113
23	(LTH 223 X AN 30) (LTH 43 X LTH 26)	2106 X 2109
24	(LTH 223 X AN 30) (LTH 43 X LTH 158)	2106 X 2110
25	TESTIGO: DEKALB	D – 880
26	(LTH 223 X AN 30) (LTH 46 X LTH 11)	2106 X 2111
27	(LTH 223 X AN 30) (LTH 43 X LTH 223)	2106 X 2112
28	(LTH 223 X AN 30) (LTH 43 X LTH 212)	2106 X 2113
29	(LTH 223 X LTH 43) (LTH 43 X LTH 26)	2107 X 2109
30	(LTH 223 X LTH 43) (LTH 43 X LTH 158)	2107 X 2110
31	(LTH 223 X LTH 43) (LTH 46 X LTH 11)	2107 X 2111
32	(LTH 223 X LTH 90) (LTH 43 X LTH 26)	2108 X 2109
33	(LTH 223 X LTH 90) (LTH 43 X LTH 158)	2108 X 2110
34	(LTH 223 X LTH 90) (LTH 46 X LTH 11)	2108 X 2111
35	(LTH 223 X LTH 90) (LTH 43 X LTH 212)	2108 X 2113
36	(LTH 43 X LTH 212) (LTH 158 X LTH 11)	2203 X 2206
37	(LTH 43 X LTH 212) (LTH 11 X LTH 90)	2203 X 2207
38	(LTH 43 X LTH 212) (LTH 158 X LTH 223)	2203 X 2208
39	(LTH 43 X LTH 212) (LTH 223 X LTH 90)	2203 X 2209
40	(LTH 43 X LTH 212) (LTH 223 X LTH 158)	2203 X 2210
41	(LTH 43 X LTH 212) (LTH RC4 212 X LTH 43)	2203 X 2211
42	(LTH 43 X LTH 58) (LTH 213 X LTH 158)	2204 X 2209
43	(LTH 43 X LTH 58) (LTH 213 X LTH 158)	2204 X 2210
44	(LTH 43 X LTH 158) (LTH RC4 212 X LTH 43)	2204 X 2211
45	(LTH 43 X LTH 26) (LTH 58 X LTH 11)	2205 X 2206
46	(LTH 43 X LTH 26) (LTH 11 X LTH 90)	2205 X 2207
47	(LTH 43 X LTH 26) (LTH 158 X LTH 223)	2205 X 2208
48	(LTH 43 X LTH 26) (LTH 223 X LTH 90)	2205 X 2209
49	(LTH 43 X LTH 26) (LTH RC4 212 X LTH 43)	2205 X 2211
50	TESTIGO: DEKALB	D - 880

AREA DE EVALUACIÓN

Los ensayos de rendimiento y otras características agronómicas se realizaron en la localidad representativa del trópico húmedo, la cual fue Villa Úrsulo Galván perteneciente al estado de Veracruz, en terrenos facilitados al Programa de Mejoramiento Genético del Instituto Mexicano del Maíz de ésta Universidad, por el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 17 (CBTa No. 17) de Ursulo Galván; durante el ciclo Primavera-Verano del año 2004. La descripción de ésta localidad se encuentra en el cuadro 3.2

Cuadro 3.2 Características geográficas y climáticas de la localidad donde se evaluaron los híbridos dobles.

LOCALIDAD	LATITUD NORTE (N)	LONGITUD OESTE (W)	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACIÓN (mm/año)	TEMP. MEDIA
URSULO GALVAN	19° 24'	96° 22'	20	1017.7	25.8 °C

CARACTERÍSTICAS DE ÚRSULO GALVÁN, VERACRUZ.

Esta localidad está situada en la zona central costera del estado de Veracruz, limita al norte con los municipios de Actopan, al sur con Puente Nacional y la Antigua, al este con el Golfo de México y al oeste con Actopan y Puente Nacional; ocupando una extensión de 149.70 km², que representa el 0.0020% del total del estado.

El lugar donde se realizó el experimento cuenta con suelo tipo feosem y vertisol, el primero consta de una capa superficial y oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, el segundo presenta grietas anchas y profundas en la época de sequía; son suelos duros arcillosos y masivos, con tonalidades grises y rojizas. Su vegetación es de tipo bosque alto o mediano tropical caducifolio y se encuentran árboles como el encino, el fresno, sauce, cedro rojo, amate, nanche y álamo. En esta área se cultiva caña de azúcar, chile, frijol, maíz, mango y papaya.

Las condiciones climatológicas que predominan en esta región son una temperatura media anual de 25.8°C y una precipitación media anual de 1017.7 mm. Con lluvias abundantes en verano y principios de otoño, dichas precipitaciones hacen considerarlo como un clima tropical húmedo.

CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES

En el presente trabajo de tesis el experimento fue llevado bajo un diseño de bloques al azar. La descripción de las características de la unidad experimental se presenta a continuación en el cuadro 3. 3.

Cuadro 3.3 Características de la unidad experimental de la localidad de evaluación.

LOCALIDAD	VILLA ÚRSULO GALVÁN
Fecha de siembra	22 de Junio de 2004
No. de tratamientos	50
No. de repeticiones	2
No. de surcos por parcela	2
Longitud del surco (m.)	4.62
Distancia entre surco (m.)	0.90
Distancia entre planta (m.)	0.22
Plantas/surco	21
Sembradas (semillas)	2
Aclarear	1
Área de parcela útil (m²)	8.316
Densidad de población (plta/ha.)	50,500
Dosis de fertilización	120 – 80 - 00

TRABAJO DE CAMPO

Las labores y prácticas culturales se realizaron de acuerdo al paquete tecnológico del IMM, cabe mencionar que en lo que corresponde a la preparación del terreno antes de la siembra; se realizó el barbecho, rastreo y surcado para posteriormente aplicar el paquete tecnológico del IMM, el cual se describe a continuación:

SIEMBRA

Esta labor fue realizada manualmente; se establecieron 2 surcos por parcela con una distancia de 0.90 m. entre surcos, depositando al momento de la siembra dos semillas por golpe en el fondo del surco a cada 0.22 m., para posteriormente aclarar a una sola planta, y con ello asegurar el número perfecto de plantas requeridas por parcela. Obteniendo una densidad de población de 50,500 plantas por hectárea.

FERTILIZACIÓN

La dosificación de fertilizante utilizado se aplicó en dos tiempos, una al momento de la siembra en la cual se aplicó el cincuenta por ciento del Nitrógeno y todo el Fósforo. En la segunda práctica de la misma forma fue depositado el restante cincuenta por ciento del Nitrógeno. Como fuente de Nitrógeno se utilizó Urea (46-00-00) y como fuente de Fósforo el Superfosfato de Calcio Triple (00-46-00).

LABORES DE CULTIVO

Las labores se llevaron a cabo durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, dando prioridad a las primeras etapas de crecimiento y desarrollo de tal manera que se mantuvo libre de malezas al cultivo.

COMBATE DE PLAGAS

Esta labor también se llevó a cabo en igual continuidad que la anterior principalmente en la época crítica del cultivo.

Cabe señalar que el experimento se realizó bajo condiciones de temporal.

TOMA DE DATOS

Las características agronómicas que se evaluaron en el presente trabajo, son las que se consideran de importancia para efectuar la selección de los materiales evaluados, siendo tales características las que a continuación se describen detalladamente:

DIAS A FLORACIÓN MASCULINA.

Este dato corresponde a los días que transcurrieron desde la siembra hasta que el cincuenta por ciento de las plantas se encuentren en antesis, en cada parcela.

DIAS A FLORACIÓN FEMENINA.

Corresponde al número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del cincuenta por ciento de las plantas en cada parcela poseen estigmas receptivos.

ALTURA DE PLANTA.

Es la medida que comprende la distancia desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja bandera o base de la espiga, esta se determinó en base al promedio de 10 plantas tomadas al azar por parcela y se expresa en centímetros.

ALTURA DE MAZORCA.

Es la distancia en centímetros que comprende desde la base de la planta al nudo donde nace la mazorca principal, tomando como promedio diez plantas al azar de cada parcela.

NÚMERO DE PLANTAS COSECHADAS.

Es el total de plantas cosechadas en la parcela experimental útil.

NÚMERO DE MAZORCAS COSECHADAS.

Este dato corresponde al número total de mazorcas cosechadas dentro de cada parcela útil, utilizándose como un fiel indicador de la prolificidad de los materiales.

MAZORCAS PODRIDAS.

Esta característica se expresó en porcentaje en base al número de mazorcas cosechadas y se tomó como mazorca podrida aquella que presentaba un 10% o más de pudrición (granos afectados).

MAZORCAS CON FUSARIUM.

Se contaron las mazorcas que se encontraron dañadas parcial o totalmente por este hongo también expresado en por ciento.

PESO DE CAMPO.

El peso de campo (PC), se obtiene de pesar el total de mazorcas cosechadas por parcela con la humedad al momento de la cosecha y se expresa en kilogramos.

El peso de campo se expresó a peso seco (PS) usando la siguiente fórmula:

$$PS = \frac{(100 - \%H) \times PC}{100}$$

Donde:

PS = Peso seco

% H = Porcentaje de Humedad

PC = Peso de campo

Factor de conversión.

El factor de conversión es utilizado para transformar el rendimiento de mazorca en toneladas por unidad de superficie al 15.5% de humedad de todos los tratamientos determinándose con la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{A.P.U.} \times 0.845 \times 1000}$$

Donde:

FC = Factor de conversión para expresar el rendimiento en toneladas por hectárea de mazorca al 15.5 por ciento de humedad.

A.P.U. = Área de parcela útil. Es el producto de la distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número correcto de plantas por parcela útil.

0.845 = Constante para obtener el rendimiento en kilogramos por hectárea al 15.5 por ciento de humedad.

1000 = Coeficiente para obtener el rendimiento en ton/ha.

RENDIMIENTO EN t ha⁻¹

Para obtener este dato, se calculó multiplicando el peso seco de la mazorca de cada parcela por el factor de conversión a toneladas por hectárea al 15.5% de humedad.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación de los híbridos dobles incluyó 48 tratamientos, más el testigo.

Los análisis de varianza se hicieron para las características de días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas, mazorcas podridas, mazorcas con fusarium, peso de campo y rendimiento en toneladas por hectárea. Las características evaluadas es para determinar si existen diferencias significativas entre híbridos y testigo.

El modelo lineal utilizado para obtener el análisis de varianza individual fue el de bloques al azar y se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamiento).

$j = 1, 2, \dots, r$ (repetición).

Y_{ij} = Observaciones del tratamiento "j" en la repetición "i".

μ = Efecto de la media general del experimento.

β_i = Efecto de la i-ésima repetición.

τ_j = Efecto del j-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de la interacción del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición que es equivalente al error experimental.

En el cuadro 3.4 se presenta el formato para este análisis de varianza.

Se realizaron comparaciones entre medias para cada una de las características estudiadas, mediante la prueba de rango múltiple (D.M.S.), en los análisis de varianza individuales mediante la fórmula siguiente:

$$DMS = (0.05) = t_{\alpha / 49g} \sqrt{\frac{2 CME}{r}}$$

Donde:

$t_{\alpha} (g)$ = Valor de “t” a un valor de probabilidad α y los grados de libertad del error experimental

r = Número de repeticiones

CME = Cuadrado medio del error experimental.

Cuadro 3.4 Formato para el análisis de varianza bloques al azar individual.

Fuente de variación		Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.C.
Tratamiento	t-1	$\frac{\sum y_i^2}{r} = FC$	$\frac{SCt}{Glt}$	$\frac{CMt}{CME}$	
Repetición	r-1	$\frac{\sum Y.j^2}{t} - FC$	$\frac{SCr}{Glr}$	$\frac{CMr}{CME}$	
Error	(t-1) (r-1)	$SCT - SCt - SCr$	$\frac{SCE}{GLE}$		
Total	tr-1	$\sum \sum Y_{ij}^2 - FC$			

Para tener un trabajo más exacto y confiable, se procedió a calcular el coeficiente de variación para cada una de las características evaluadas con la siguiente fórmula.

$$C.V. = \sqrt{\frac{CMEE}{\bar{X}}} \times 100$$

Donde:

C.V. = Coeficiente de variación

CMEE = Cuadrado medio del error.

\bar{X} = Media general

100 = Valor constante

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 4.1 se presentan las concentraciones de los cuadrados medios de los análisis de varianza y su significancia para la variable de rendimiento y las otras características antes mencionadas que fueron evaluadas en la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz.

En éste cuadro se observa que para la fuente de variación repetición solo hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$), para dos de las nueve variables, las cuales fueron días a floración masculina y días a floración femenina; no siendo así para las demás variables, indicando con esto que el ambiente, en este caso el suelo, contribuyó a que se diera esto, lo cual justifica el uso del diseño ya que aunque el trabajo se realizó en una sola localidad, se dieron significancias para dos de las nueve variables, ya que los bloques o repeticiones no tenían uniformidad en algunas características del suelo (pH, humedad, textura, fertilidad).

En lo correspondiente a los resultados obtenidos para la fuente de variación tratamientos se encontró que hubo diferencia significativa al ($p \leq 0.05$) solamente para la variable de altura de plantas, mientras que al ($p \leq 0.01$) de probabilidad se encontraron diferencias para las variables floración masculina y floración femenina lo que nos indica que los genotipos se comportaron de manera diferente para estas variables; lo cual nos permite seleccionar materiales precoces y de porte bajo. De la diferencia que se manifiesta en las anteriores características se infiere que, aún

siendo todos híbridos dobles, existieron materiales que desarrollaron y explotaron mejor su heterosis en el medio en el que se evaluaron. No siendo así para las variables plantas cosechadas, altura de mazorca, mazorcas cosechadas, mazorcas podridas, mazorcas con fusarium, y rendimiento, lo que indica que los genotipos son similares estadísticamente para las variables mencionadas.

En lo que respecta a los coeficientes de variación, se puede observar en el cuadro 4.1 que van de 0.930 a 67.204 por ciento, en los cuales los que presentan altos porcentajes son las variables expresadas en por ciento en este caso; mazorcas podridas y mazorcas con fusarium, lo que nos indica que el ambiente (suelo), influyó para que hubiera condiciones diferentes, pero que en términos generales se obtuvo un buen manejo del mismo, lo cual indica que los resultados son confiables.

Debido a que en trabajos de mejoramiento se cuenta con poca semilla, se establecieron solo dos repeticiones. Con cuatro repeticiones, se hubiera disminuido el coeficiente de variación y se encontraría diferencias altamente significativas para la mayoría de las variables.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de las características de las nueve variables agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Ursulo Galván en el ciclo 2004.

F.V.	G.L.	FM	FH	PC.	AP.	AM.	MCOS.	MPOD.	MFUS.	REND.
REP.	1	2.250*	1.440*	10.890NS	75.690NS	0.250NS	22.090NS	6.654NS	11.304NS	0.165NS
TRAT.	49	3.088**	3.184**	13.944NS	210.539*	235.842NS	17.189NS	26.379NS	73.366NS	0.952NS
ERROR	49	0.372	0.297	21.033	127.731	148.209	17.314	29.922	72.508	0.865
MEDIA		55.61	58.60	31.750	215.530	114.750	30.450	8.140	21.588	5.668
C.V.%		1.097	0.930	14.444	5.244	10.609	13.665	67.204	39.445	16.408

* = Significancia al 0.05 de probabilidad; ** = Significancia al 0.01 de probabilidad; NS = No significativo; FM = Floración macho, FH = Floración hembra, PC = Plantas cosechadas, AP = Altura de planta, AM = Altura de mazorca, MCOS = Mazorcas cosechadas, MPOD = Mazorcas podridas, MFUS = Mazorcas con fusarium, REND = Rendimiento.

Haciendo hincapié que, aunque estadísticamente los genotipos son similares, la realidad es otra como se aprecia en el cuadro 4.2 existen diferencias muy marcadas en cuanto a las medias de rendimiento de los genotipos pues estos valores van de 7.138 a 4.258 t ha⁻¹, por lo cual se realizó la prueba de rango múltiple diferencia mínima significativa (D.M.S.) la cual nos permite separar las medias de rendimiento en grupos estadísticos definidos; de acuerdo con la D.M.S. que es de 1.869 t ha⁻¹, las medias de rendimiento se separaron en dos grupos; el primero que va de 7.138 a 5.291 t ha.⁻¹, y el segundo de 5.260 a 4.258 t ha.⁻¹. Estos datos que se obtuvieron nos sirven para poder clasificar y al mismo tiempo hacer una selección de los mejores materiales tomando en cuenta principalmente su rendimiento, pero sin menospreciar a las otras variables evaluadas.

Para poder determinar cuales fueron los híbridos dobles que más sobresalieron en cuanto a rendimiento, se analizaron las medias de todos los tratamientos, y se obtuvieron resultados muy alentadores pues se encontró que 19 tratamientos están por encima del mejor testigo, habiendo una diferencia de 1.346 t ha⁻¹ con respecto al mejor tratamiento, estos resultados nos marcan la pauta a seguir para poder tener resultados concretos en cuanto a la selección de los materiales evaluados.

Cuadro 4.2 Concentración de medias de acuerdo al rendimiento y demás características agronómicas evaluadas en la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz en el año 2004.

ENTRADA	FM (días)	FH (días)	PC (#)	AP (cm.)	AM (cm.)	MCOS (#)	MPOD (%)	MFUS (%)	RDTO.	GRUPO
9	54.0	57.0	33.0	207.5	117.5	34.0	0.0	10.5	7.138	1
11	54.0	57.0	35.5	245.0	132.5	33.5	0.0	11.0	6.790	1
24	55.0	58.0	32.5	207.5	107.5	35.0	7.0	20.5	6.700	1
20	56.0	59.0	35.5	230.0	132.5	33.5	2.5	14.5	6.668	1
19	56.0	59.0	35.5	227.5	122.5	33.5	3.0	7.5	6.637	1
46	54.0	56.0	35.0	222.5	132.5	32.0	2.0	2.5	6.606	1
17	55.0	58.0	34.0	217.5	110.0	32.0	3.0	16.0	6.512	1
23	56.0	59.0	37.0	212.5	100.0	33.5	2.0	7.5	6.387	1
34	55.0	58.0	31.0	230.0	117.5	30.0	0.0	15.0	6.355	1
5	54.0	57.0	34.0	210.0	115.0	33.0	1.5	12.0	6.293	1
6	55.0	58.0	32.0	215.0	115.0	32.0	3.0	14.0	6.293	1
31	56.0	59.0	28.0	230.0	107.5	27.0	4.0	5.0	6.262	1
42	54.0	57.0	32.0	207.5	107.5	29.5	1.5	13.5	6.230	1
2	55.0	58.0	32.0	210.0	115.0	32.5	1.5	9.5	6.199	1
37	55.5	58.5	35.5	215.0	107.5	34.5	1.5	10.5	6.105	1
7	53.5	56.0	31.0	207.5	102.5	29.5	0.0	9.5	6.074	1
4	54.5	57.5	29.0	232.5	120.0	29.5	2.0	8.0	6.074	1
33	55.5	58.5	35.5	215.0	107.5	34.5	1.5	10.5	6.105	1
49	56.5	59.5	30.5	227.5	127.5	29.5	2.0	27.5	6.042	1
50	55.5	58.5	36.0	190.0	85.0	36.0	0.0	17.0	5.792	1
12	56.0	58.5	32.5	225.0	130.0	30.0	0.0	15.5	5.761	1
14	54.5	57.5	33.5	205.0	117.5	31.5	0.0	17.5	5.760	1
28	54.5	57.5	31.0	222.5	122.5	29.5	1.5	10.0	5.760	1
30	55.5	59.0	33.0	202.5	122.5	31.5	3.0	21.0	5.635	1
15	53.0	57.0	32.5	215.0	105.0	34.0	8.0	11.5	5.573	1
32	54.0	57.0	35.5	227.5	120.0	30.0	6.5	15.0	5.573	1
29	56.5	59.5	29.5	207.5	102.5	28.0	2.5	4.5	5.541	1
44	58.0	61.0	30.0	212.5	127.5	32.5	0.0	12.5	5.510	1
25	56.5	59.5	36.0	207.5	102.5	35.0	0.0	23.0	5.510	1
3	56.0	59.0	31.0	215.0	112.5	30.0	3.0	26.0	5.447	1

Continuación del cuadro 4.2

16	56.5	59.5	32.5	235.0	130.0	30.0	4.5	18.5	5.447	1
27	55.5	58.5	30.0	222.5	125.0	24.5	0.0	6.0	5.447	1
26	55.5	58.5	30.5	207.5	112.5	29.5	12.0	3.5	5.416	1
45	57.5	60.5	30.0	215.0	102.5	29.0	1.5	16.5	5.385	1
22	57.5	60.5	31.5	212.5	102.5	28.5	5.5	16.0	5.322	1
48	57.5	60.5	31.5	225.0	130.0	36.0	3.0	16.5	5.322	1
43	55.5	58.5	27.5	202.5	100.0	26.0	0.0	12.0	5.291	1
1	56.5	59.5	31.5	202.5	115.0	33.5	0.0	21.0	5.260	2
39	55.5	58.5	28.0	217.5	105.0	29.0	2.0	21.0	5.197	2
36	57.0	60.0	30.0	215.0	112.5	29.0	5.0	15.5	5.197	2
40	56.0	59.0	35.0	220.0	120.0	30.0	0.0	6.5	5.009	2
10	57.5	60.5	30.5	205.0	110.0	27.0	0.0	16.5	4.947	2
21	57.5	60.5	32.5	212.5	120.0	29.5	1.5	18.5	4.947	2
41	57.5	60.5	28.5	222.5	102.5	27.0	1.5	5.0	4.915	2
13	57.0	60.0	31.5	212.5	135.0	26.5	4.0	13.5	4.759	2
18	56.0	59.0	26.0	206.5	115.0	27.5	2.0	20.5	4.602	2
47	55.5	58.5	30.0	205.0	110.0	24.5	0.0	23.5	4.571	2
8	55.5	58.5	28.0	215.0	125.0	29.5	1.5	20.0	4.508	2
38	56.0	59.0	31.0	212.5	110.0	28.0	3.5	29.0	4.320	2
35	53.0	56.0	26.5	212.5	102.5	25.5	4.0	33.0	4.258	2
MEDIA	55.61	58.60	31.75	215.53	114.75	30.45	8.139	21.587	5.668	2
D.M.S.	1.226	1.095	92.162	22.712	24.465	8.362	10.993	17.112	1.869	2

TESTIGOS.

Una vez analizados los resultados del cuadro 4.2 en base a la media de rendimiento y las demás variables evaluadas, se procedió a seleccionar los cinco mejores híbridos en comparación con el mejor testigo. Los cuales se presentan en el cuadro 4.3.

Los cinco mejores híbridos fueron seleccionados en base a su rendimiento, días a floración, altura de planta, mazorcas podridas, y mazorcas con fusarium primeramente el rendimiento que es el fin que se persigue con estos materiales, y que es la característica, más importante para el fitomejorador, se considera de importancia los días a floración tanto masculina como femenina para poder determinar que tanta sincronía existe y además interesa la precocidad con la que puedan alcanzar la floración los materiales, pues repercutirá en la reducción del ciclo vegetativo, por otra parte es importante también la altura de planta que se tenga, pues interesa que sean de porte medio, para poder de ésta manera reducir considerablemente la susceptibilidad al acame de tallo y raíz, ya que en ésta región existen ráfagas de vientos que llegan hasta 100 Km./hr. La otra variable se refiere a las mazorcas podridas pues es de suma importancia poder eliminar al máximo esta característica para poder obtener una mejor calidad de grano; por último están las mazorcas con fusarium aquí se debe a un hongo que causa el mal llenado de los granos afectando considerablemente el desarrollo de la semilla y por consiguiente afecta el rendimiento.

Expuesto lo anterior se procedió a seleccionar los 5 mejores híbridos quedando de la siguiente manera:

El híbrido número 1 fue la entrada 9 cuya genealogía es como sigue (LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 26), obteniéndose un rendimiento de 7.138 t ha^{-1} , una altura de planta de 207.5 centímetros, la floración masculina fue a los 54 días, floración femenina a los 57 días, 0% de mazorcas podridas y 10.5% de mazorcas con fusarium.

El híbrido número 2 corresponde a la entrada 11 con su correspondiente genealogía (LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 223) y un rendimiento de 6.790 t ha^{-1} , altura de planta de 245 centímetros, floración masculina a los 54 días, floración femenina a los 57 días, 0% de mazorcas podridas y 11% de mazorcas con fusarium.

El híbrido número 3 fue el correspondiente a la entrada 46 su genealogía (LTH 43*LTH 26) (LTH 11*LTH 90) y su rendimiento de 6.606 t ha^{-1} , altura de planta 222.5 centímetros, floración masculina a los 54 días, floración femenina a los 56 días, con 2% de mazorcas podridas y 2.5% de mazorcas con fusarium.

El híbrido número 4 corresponde a la entrada 23, su genealogía (LTH 223*LTH AN 30) (LTH 43*LTH 26) con un rendimiento de 6.387 t ha^{-1} , su altura de planta fue de 212.5 centímetros, la floración masculina se presentó a los 56 días, la floración femenina a los 59 días, presentando 2% de mazorcas podridas y 7.5% de mazorcas con fusarium.

Y por último el híbrido número 5 cuya entrada es la 31 la genealogía que le corresponde es (LTH 223*LTH 43) (LTH 46*LTH 11), con un rendimiento de 6.262 t ha⁻¹, altura de planta de 107.5 centímetros, floración masculina a los 56 días, floración femenina a los 59 días, presentando 4% de mazorcas podridas y 5% de mazorcas con fusarium.

De ésta manera fue como quedaron seleccionados los 5 mejores híbridos los cuales superan por un rango considerable al mejor testigo de acuerdo a las variables evaluadas.

Cuadro 4.3 Media de las características agronómicas de los cinco mejores híbridos dobles en base a rendimiento en comparación con el mejor testigo para la localidad de Villa Ursulo Galván, Veracruz.

Entrada	Floración Macho (días)	Floración Hembra (días)	Plantas Cosechadas (#)	Altura de Planta (cm.)	Altura de Mazorca (cm.)	Mazorcas Cosechadas (cm.)	Mazorcas Podridas (%)	Mazorcas con fusarium (%)	Rdto. Ton/ha. al 15.5% de humedad	% de incremento en rendimiento en relación al testigo
9	54.0	57.0	33.0	207.5	117.5	34.0	0.0	10.5	7.138	23.24
11	54.0	57.0	35.5	245.0	132.5	33.5	0.0	11.0	6.790	17.23
46	54.0	56.0	35.0	222.5	132.5	32.0	2.0	2.5	6.606	14.05
23	56.0	59.0	37.0	212.5	100.0	33.5	2.0	7.5	6.387	10.27
31	56.0	59.0	28.0	230.0	107.5	27.0	4.0	5.0	6.262	8.11
50	55.5	58.5	36.0	190.0	85.0	36.0	0.0	17.0	5.792	

TESTIGO.

V. CONCLUSIONES

Para concluir con la presente investigación se puede reafirmar que de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis y discusión fue posible identificar los híbridos dobles que mejor se comportaron superando al testigo comercial DEKALB (D-880), cumpliéndose con lo planteado en la hipótesis y sobre todo se cumplió con el objetivo propuesto para éste trabajo de investigación, por lo cual a continuación se mencionan los cinco híbridos dobles seleccionados por su rendimiento, así como las otras características agronómicas que se consideran de suma importancia en un programa de evaluación y selección de híbridos quedando de la siguiente manera:

2102 * 2109, (LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 26)
2102 * 2112, (LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 223)
2205 * 2207, (LTH 43*LTH 26) (LTH 11*LTH 90)
2106 * 2109, (LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 26)
2107 * 2111, (LTH 223*LTH 43) (LTH 46*LTH11).

Para finalizar con el presente trabajo de investigación se recomienda que los cinco mejores híbridos dobles que se han mencionado, se incrementen para que puedan salir al mercado, dado que estadísticamente arrojaron un promedio de rendimiento de 5.668 t ha^{-1} , pero que si se hace desde el punto de vista de el mejor híbrido doble, se pueden recomendar las cruzas 2102*2109 que tiene un rendimiento de 7.138 t ha^{-1} o bien 2102 *2112 que presenta un rendimiento de 6.790 t ha^{-1} .

VI. RESUMEN

El sitio preponderante que ocupa el maíz y sus derivados en la dieta del mexicano, hace innegable su importancia política, social, económica y agronómica. Necesitando el país ser autosuficiente en el renglón de producción de dicho cereal y debido a que en el trópico húmedo mexicano existen materiales con muy bajo rendimiento, deficientes en algunas otras características agronómicas de importancia, pero con un potencial productivo enorme, se aprovechó las investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” a través del Instituto Mexicano del maíz Dr. Mario E. Castro Gil en esta región, para realizar el presente trabajo con la finalidad de obtener materiales que sean superiores en rendimiento por unidad de superficie en comparación con los que se encuentran disponibles en el mercado.

En un programa práctico de mejoramiento, donde los objetivos principales son la obtención de híbridos superiores, una fase muy importante consiste en la formación y evaluación de híbridos de cruza doble, ésta es la razón principal del porqué del presente trabajo.

El presente trabajo de investigación, consistió en la evaluación y selección de híbridos dobles experimentales de maíz. La localidad donde fue establecido el trabajo es Villa Úrsulo Galván, perteneciente al estado de Veracruz, en el ciclo Primavera-Verano del año 2004. Donde se evaluaron 48 híbridos dobles

experimentales formados entre 24 cruza simples contra el testigo D-880. Dichos materiales fueron analizados en un diseño de bloques al azar individual, siendo las características agronómicas analizadas: Días a floración masculina, días a floración femenina, plantas cosechadas, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas cosechadas, mazorcas podridas, mazorcas con fusarium y rendimiento.

Se determinaron las mejores cruza dobles experimentales en base a rendimiento y otras características agronómicas a través de la localidad, siendo las siguientes: 2102 * 2109 con un rendimiento de 7.138 t ha.⁻¹, con un 23.24 % de superioridad con relación al testigo, la cruza 2102 * 2112, con un rendimiento de 6.790 t ha.⁻¹ y con un 17.23 % superior al testigo, le siguió la 2205 * 2207 con un rendimiento de 6.606 t ha.⁻¹ y un porcentaje de 14.05 de superioridad en relación al testigo, la 2106 * 2109 obtuvo un rendimiento de 6.387 t ha.⁻¹ con un porcentaje de 10.27 por encima de el testigo y por último tenemos la cruza 2107 * 2111 con rendimiento de 6.262 t ha.⁻¹ y 8.11% superior al testigo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Ediciones Omega. 1ª Edición. Barcelona, España. pp: 232-236.
- Brauer, H.O. 1980. Fitogenética Aplicada. Sexta reimpresión. Editorial Limusa. México D.F. pp: 72, 90-92.
- Cubero, J.L. 1999. Introducción a la Mejora Genética Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, Córdoba, España. pp: 155-156.
- Chávez, A.J.L. 1993. Mejoramiento de Plantas I. Ed. Limusa, U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp: 73-74.
- _____ 1995. Mejoramiento de Plantas II. Ed. Limusa, U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp: 50-51, 83-85, 89, 92, 101-105.
- Delorit R.J. y H.L. Ahlgren. 1983. Producción Agrícola. Ed. Limusa, México, D.F. pp: 223- 227.
- Gardner, E.J. 1990. Principios de Genética. Quinta Edición. Editorial Limusa S.A. de C.V. México D.F. pp: 485, 548-549.

- Jugenheimer, W.R. 1981. Maíz Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. 1ª Edición. Ed. Limusa. México, D.F. pp: 87-91, 175-177, 217-218, 507, 510.
- Márquez, S.F. 1988. Genotecnia Vegetal. A.G.T. Editor, S.A. Primera Edición, México D.F. pp: 2, 5.
- Márquez, S.F. 1995. Métodos de Mejoramiento Genético del Maíz. U. A. Chapingo. Primera Edición. México. p: 33.
- Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. Séptima reimpresión, México D.F. pp: 1, 271, 273, 282.
- _____ 1986. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. Séptima reimpresión, México D.F. pp: 271-273.
- _____ 1987. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Ed. Limusa. Octava reimpresión. México D.F. pp: 54, 273.
- Reyes, C.P. 1985. Fitogenotecnia Básica y Aplicada. AGT. Editor, S.A. Primera Edición, México D.F. pp: 18-19, 158-167, 176.
- Robles, R.S. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. 1ª. Edición. Ed. Limusa. México. D.F. pp: 209-214, 258-259, 291.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1.A Genealogía de los híbridos dobles evaluados, en base a rendimiento en la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz.

ENTRADA	CRUZA	GENEALOGIA	RDTO. Ton/ha.
9	2102*2109	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 26)	7.138
11	2102*2112	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 223)	6.790
24	2106*2110	(LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 158)	6.700
20	2105*2110	(LTH 223*LTH 11) (LTH 43*LTH 158)	6.668
19	2105*2109	(LTH 223*LTH 11) (LTH 43*LTH 26)	6.637
46	2205*2207	(LTH 43*LTH 26) (LTH 11*LTH 90)	6.606
17	2103*2112	(LTH 158*LTH 223) (LTH 43*LTH 223)	6.512
23	2106*2109	(LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 26)	6.387
34	2108*2111	(LTH 223*LTH 90) (LTH 46*LTH 11)	6.355
5	2101*2113	(LTH 11*LTH 90) (LTH 43*LTH 212)	6.293
6	2102*2104	(LTH 11*LTH 158) (LTH 30*LTH 26)	6.293
31	2107*2111	(LTH 223*LTH 43) (LTH 46*LTH 11)	6.262
42	2204*2209	(LTH 43*LTH 58) (LTH 213*LTH 158)	6.230
2	2101*2104	(LTH 11*LTH 90) (LTH 30*LTH 26)	6.199
37	2203*2207	(LTH 43*LTH 212) (LTH 11*LTH 90)	6.105
4	2101*2111	(LTH 11*LTH 90) (LTH 46*LTH 11)	6.074
7	2102*2107	(LTH 11*LTH 158) (LTH 223*LTH 43)	6.074
33	2108*2110	(LTH 223*LTH 90) (LTH 43*LTH 158)	6.074
49	2205*2211	(LTH 43*LTH 26) (LTH RC4 212*LTH 43)	6.042
50	D-880	TESTIGO: DEKALB	5.792
12	2102*2113	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 212)	5.761
14	2103*2106	(LTH 158*LTH 223) (LTH 223*AN 30)	5.760
28	2106*2113	(LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 212)	5.760
30	2107*2110	(LTH 223*LTH 43) (LTH 43*LTH 158)	5.635
15	2103*2107	(LTH 158*LTH 223) (LTH 223*LTH 43)	5.573
32	2108*2109	(LTH 223*LTH 90) (LTH 43*LTH 26)	5.573
29	2107*2109	(LTH 223*LTH 43) (LTH 43*LTH 26)	5.541
25	D-880	TESTIGO: DEKALB	5.510
44	2204*2211	(LTH 43*LTH 158) (LTH RC4 212 *LTH 43)	5.510
3	2101*2109	(LTH 11*LTH 90) (LTH 43*LTH 26)	5.447
16	2103*2109	(LTH 158*LTH 223) (LTH 43*LTH 26)	5.447
27	2106*2112	(LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 223)	5.447
26	2106*2111	(LTH 223*AN 30) (LTH 46*LTH 11)	5.416
45	2205*2206	(LTH 43*LTH 26) (LTH 58*LTH 11)	5.385
22	2105*2113	(LTH 223*LTH 11) (LTH 43*LTH 212)	5.322
48	2205*2209	(LTH 43*LTH 26) (LTH 223*LTH 90)	5.322
43	2204*2210	(LTH 43*LTH 58) (LTH 213*LTH 158)	5.291
1	2101*2103	(LTH 11*LTH 90) (LTH 158*LTH 223)	5.260
36	2203*2206	(LTH 43*LTH 212) (LTH 158*LTH 11)	5.197
39	2203*2209	(LTH 43*LTH 212) (LTH 223*LTH 90)	5.197
40	2203*2210	(LTH 43*LTH 212) (LTH 223*LTH 158)	5.009
10	2102*2110	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 158)	4.947
21	2105*2112	(LTH 223*LTH 11) (LTH 43*LTH 223)	4.947
41	2203*2211	(LTH 43*LTH 212) (LTH RC4 212*LTH 43)	4.915
13	2103*2104	(LTH 158*LTH 223) (LTH 30*LTH 26)	4.759
18	2103*2113	(LTH 158*LTH 223) (LTH 43*LTH 212)	4.602
47	2205*2208	(LTH 43*LTH 26) (LTH 158*LTH 223)	4.571
8	2102*2108	(LTH 11*LTH 158) (LTH 223*LTH 90)	4.508
38	2203*2208	(LTH 43*LTH 212) (LTH 158*LTH 223)	4.320
35	2108*2113	(LTH 223*LTH 90) (LTH 43*LTH 212)	4.258

Cuadro 2.A. Genealogía de los cinco mejores híbridos dobles seleccionados en base a rendimiento y otras características agronómicas para la localidad de Villa Úrsulo Galván, Veracruz.

ENTRADA	CRUZA	GENEALOGÍA	RDTO. Ton/ha.
9	2102*2109	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 26)	7.138
11	2102*2112	(LTH 11*LTH 158) (LTH 43*LTH 223)	6.790
46	2205*2207	(LTH 43*LTH 26) (LTH 11*LTH 90)	6.606
23	2106*2109	(LTH 223*AN 30) (LTH 43*LTH 26)	6.387
31	2107*2111	(LTH 223*LTH 43) (LTH 46*LTH 11)	6.262