

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

APTITUD COMBINATORIA GENERAL DE LINEAS S_3 , DERIVADAS DE LAS
FAMILIAS PROGENITORAS DE UN HIBRIDO DE MAIZ (Zea mays L.)

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la

Facultad de Agronomía

Por

LUIS ANDRES LARIOS BOBADILLA

Al conferírle el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, abril 1987

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(983)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Lic. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- DECANO: Ing. Agr. César Castañeda S.
- VOCAL PRIMERO: Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
- VOCAL SEGUNDO: Ing. Agr. Jorge Sandoval
- VOCAL TERCERO: Ing. Agr. Mario Melgar
- VOCAL CUARTO: Br. Luis Molina M.
- VOCAL QUINTO: T.U. Carlos E. Méndez
- SECRETARIO: Ing. Agr. Luis A. Castañeda S.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

- DECANO: Ing. Agr. César Castañeda S.
- EXAMINADOR: Ing. Agr. Gustavo A Méndez G.
- EXAMINADOR: Ing. Agr. Gilberto Alvarado
- EXAMINADOR: Ing. Agr. Mynor Estrada
- SECRETARIO: Rodolfo Albizurez Palma

Guatemala,
abril de 1987

Ing. Agr. César Castañeda S.
Decano, Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
C i u d a d

Señor Decano:

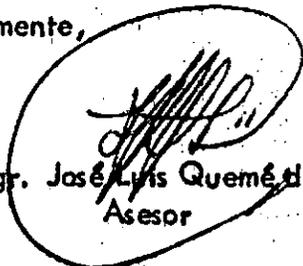
Por este medio me dirijo a usted para informarle que he asesorado al estudiante Luis Andrés Larios Bobadilla, con Camet # 79-10496, en su trabajo de tesis titulado:

"APTITUD COMBINATORIA GENERAL DE LINEAS S_3 , DERIVADAS DE LAS FAMILIAS PROGENITORAS DE UN HIBRIDO DE MAIZ (Zea mays L.)".

Considerando que el presente trabajo llena los requisitos de una tesis de grado y además contribuye a los avances de la ciencia y la tecnología en nuestro país, recomiendo su aprobación para ser publicado.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,


Ing. Agr. José Luis Quemé de León
Asesor

JLQ/apg



Guatemala,
abril de 1987

SEÑORES
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

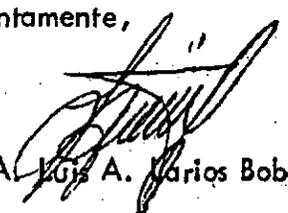
En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"APTITUD COMBINATORIA GENERAL DE LINEAS S₃, DERIVADAS DE LAS FAMILIAS PROGENITORAS DE UN HIBRIDO DE MAIZ (Zea mays L.)"

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando contar con la aprobación del mismo.

Atentamente,


P. A. Luis A. Carios Bobadilla

TESIS QUE DEDICO

A:

Departamento de Escuintla

La Facultad de Agronomía

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

Al Campesino de Guatemala

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS, porque siempre ilumina mi camino

A:

MIS PADRES

Longino Larios Alvarez
Patrocinia Jalles Bobadilla

A:

MIS HERMANOS

José Gamaliel
María Guadalupe

A:

MI ESPOSA

Nydia Elizabeth

A:

MIS HIJOS

Luis Alejandro
Jairo Renato

A:

MIS SOBRINOS

José Gamaliel; Pablo César, Edgar Dagoberto
Jaime David; Omar Orlando; Lourdes Vanessa
y Cleopatra.

A:

MIS SUEGROS

Marco Antonio Morales
María Antonieta Alfaro

A:

Mis Tíos y Primos

A;

Mis Amigos

AGRADECIMIENTO

- * Los Ing. Agr. Justo Salvador Castellanos y José Luis Quemé, por su valiosa orientación en la realización de este trabajo.
- * Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, por su valiosa colaboración en la realización del trabajo experimental.
- * Los técnicos del Programa de Maíz, que desinteresadamente colaboraron en la recolección e interpretación de datos de campo, en especial a: P.A. Carlos Pérez, Ing. Agr. Salvador Castellanos.
- * Al personal de campo del Programa de Maíz de ICTA, que colaboraron en la realización de los trabajos de campo.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	v
I. INTRODUCCION	1
A. Objetivos	3
B. Hipótesis	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
A. A.1 Fuente de germoplasma	5
A.2 Desarrollo de Líneas Endogámicas	6
2.1 Método de mazorca por mata	7
2.2 Método mazorca por surco	8
B. Aptitud Combinatoria General	9
B.1 Método clásico	11
B.2 Método de la prueba temprana	12
B.3 Método de líneas <u>per se</u>	12
B-4 Método de cruzas de Prueba o mestizos	13
C. Concepto de Probador	14
D. Heredabilidad	15
III. MATERIALES Y METODOS	18
A. Material Genético	18
B. Evaluación del Material Genético	19
B.1 Diseño experimental	19
B.2 Localidades donde se realizó el estudio	20
B.3 Fecha de siembra y cosecha	29
B.4 Tamaño de parcela y distancia de siembra	21
B.5 Manejo del ensayo experimental	21
B.6 Datos recopilados	22
B.7 Rendimiento por parcela	23
C. Análisis Estadístico	24
C.1 Análisis de varianza por localidad	24
C.2 Análisis de varianza combinado	26
C.3 Comparación múltiple de medias	29
C.4 Estimación de aptitud combinatoria general	29
C.5 Estimación de heredabilidad	30

	<u>Página</u>
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	32
A. Análisis de Varianza Combinado	32
B. Estimación de Aptitud Combinatoria General	36
C. Rendimiento y Características Agronómicas	36
C. Estimación de Heredabilidad	46
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Figura</u> <u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
1	Planta Autofecundada de Maíz y su Progenie	8
2	Esquema para la Formación y Evaluación de Híbridos de Maíz, Partiendo de Variedades de Polinización Libre	13
3	Características Climáticas de las 4 Localidades Donde se Realizó el Estudio	20
4	Cronograma de las Actividades de Campo Realizadas en el Estudio de la Aptitud Combinatoria General de Líneas S_3 , Derivadas de las Familias Progenitoras de un Híbrido de Maíz (<u>Zea mays</u> L.)	23
5	Análisis de Varianza para un Diseño de Lá-tice Simple.	26
6	Análisis de Varianza Combinado para un Diseño de Lá-tice Simple	28
7	Estimación de Heredabilidad	30
8	Análisis de Varianza Combinado de Lá-tice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en TON./Ha. de los Mestizos Evaluados del Progenitor Pool 21-6 A través de 4 Localidades.	33
9	Análisis de Varianza Combinado de Lá-tice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en Ton./Ha. de los mestizos Evaluados del Progenitor 24-214 a través de 4 Localidades.	34
10	Análisis de Varianza Combinado de Lá-tice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en Ton./Ha. de los Mestizos Evaluados del Progenitor 26-49 a través de 4 Localidades.	35
11	Medias de Rendimiento, Nivel de Significancia y Estimación de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los 5 Mestizos Seleccionados del Progenitor Pool 21-6 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	37

<u>Figura</u> <u>Cuadro</u>		<u>Página</u>
12	Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los 5 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor Pool 21-6 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	38
13	Medias de Rendimiento, Niveles de Significancia y Estimación de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los 6 Mestizos Seleccionados del Progenitor 24-214 Evaluados en 4 Localidades Entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	40
14	Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los 6 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor 24-214 Evaluados en 4 Localidades Entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	41
15	Medias de Rendimiento, Nivel de Significancia y Estimación de Aptitud Combinatoria General (ACG) para los 9 Mestizos Seleccionados del Progenitor 26-49 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	43
16	Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los 9 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor 26-49 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala. 1985.	44
17	Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los Mejores 11 Cruces Mestizos Seleccionados de los Progenitores Pool 21-6; 24-214, 28-239 y 26-49 Evaluados en las 4 Localidades entre 0 a 1000 metros snm. de Guatemala, 1985.	45
18	Componentes de Varianza Fenotípica y Estimación de Heredabilidad en el Sentido Amplio (H^2) para el Análisis Combinado en los Mestizos de los Progenitores Evaluados.	47

RESUMEN

En Guatemala existen áreas con alto potencial para la producción de maíz híbrido, por lo tanto la selección de líneas endocriadas mediante la evaluación de sus cruces mestizos para determinar la aptitud combinatoria general y sus características agronómicas, comprende un paso en la eficacia para estructurar nuevas combinaciones híbridas.

Los objetivos del presente trabajo consistieron en identificar las mejores líneas S_3 , con mejor aptitud combinatoria general a través de las localidades de evaluación, considerando el rendimiento y otras características agronómicas, seleccionar las líneas con mejores características para la formación de cruces dialélicas y sintéticos, así como aquellas que se considera promisorias para continuar el avance generacional.

El método utilizado fue que a partir de la formación de cruces mestizos (líneas por probador), se procedió a la evaluación de 388 líneas de los progenitores Pool 21-6, 24-214 y 26-49; distribuidos dichos mestizos aleatoriamente en un látice incompleto de 2 repeticiones así: Mestizos del Pool 21-6 Látice de 11 x 10, los mestizos del 24-214 un látice de 13 x 13 y los mestizos del 26 - 49 un látice 12 x 11; utilizándose como unidad experimental un área de 4.125 metros cuadrados con una población de 22 plantas que es igual a 53,333 plantas por hectárea. Se evaluaron características agronómicas como días a flor femenina; porcentaje de acame de raíz y tallo; porcentaje de mazorcas podridas y descubiertas, alturas de planta y mazorcas y rendimiento de grano. Dichas evaluaciones fueron establecidas en 3 centros de producción del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

y una finca particular en los departamentos de Jutiapa; Escuintla, Suchi-
tepéquez y Retalhuleu a una altura entre 48 - 980 metros sobre el nivel
del mar, con una precipitación media anual entre 1230-2755 milímetros y
una temperatura media anual de 27 - 30 grados centígrados.

El análisis estadístico estimado fue: análisis de varianza individual
y combinado; comparación múltiple de medias; aptitud combinatoria general
y porciento de heredabilidad en sentido amplio.

En base a los resultados se concluyó que todas las fuentes de varia-
ción tanto para el análisis individual y el combinado fueron altamente sig-
nificativos; siendo los cruces del progenitor Pool 21-6 con el mayor rendi-
miento de 4,922 Ton./Ha. y el progenitor 26-49 con la mayor aptitud combi-
natoria general oscilando de 0.4153 - 1.2463 Ton./Ha. y porciento de here-
dabilidad de 75.87 %; se identificaron 20 cruces mestizos que se comporta-
ron superiores al híbrido ICTA HA-44 que se utilizó como testigo, superan-
do algunos mestizos a testigos de compañías privadas y del Instituto de
Ciencia y Tecnología Agrícolas.

En total se seleccionaron 11 cruces mestizos que mostraron rendimien-
tos y características agronómicas aceptables; con estos mestizos seleccio-
nados se considera que es una buena fuente de germoplasma para estructu-
rar nuevas combinaciones híbridas o variedades sintéticas.

I. INTRODUCCION

El maíz, como una de las principales especies cultivadas originaria de América, hoy en día es uno de los cultivos más importantes en Guatemala ya que aproximadamente se consumen 350 gramos per cápita/día (2) y que aproximadamente el área total del país que es arable, el 45 por ciento es cultivada con maíz obteniéndose por unidad de superficie rendimientos bajos de 1.5 Ton./Ha. (15). Esto debido a factores que afectan a la agricultura nacional dentro de los cuales se puede citar: el uso de técnicas y variedades criollas de bajo rendimiento, por lo que es de importancia generar nuevos paquetes tecnológicos y variedades mejoradas que superen estos rendimientos.

Por lo tanto las pruebas de aptitud combinatoria general (ACG) es una de las metodologías en el proceso de formación de híbridos, que permite identificar germoplasma que presente buena habilidad para poder ser utilizados en la estructura de híbridos con mayor potencial de rendimiento.

La importancia del presente trabajo consistió en que a través de la evaluación de mestizos entre líneas S_3 derivados de los progenitores y un probador común, llegar a determinar líneas endocriadas con buena ACG y buenas características agronómicas deseables, para llegar a la formación de nuevas variedades híbridas que superen a las variedades criollas en rendimiento, pudiendo hacer una de las alternativas para el agricultor que produce maíz.

En el presente trabajo se pretende aprovechar la información que se tiene en cuanto a la habilidad combinatoria que presentan los tres progenitores involucrados en el estudio, por lo que se procedió a evaluar mes-

tizos en cuatro localidades entre cero a mil metros sobre el nivel del mar, ubicados en los departamentos de: Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Jutiapa.

Con la generación de materiales híbridos se pretende llevar al agricultor, mejores alternativas que hagan del cultivo del maíz, una actividad más rentable y que esto apoye un constante abastecimiento de grano que cubra las necesidades del mercado de consumo nacional.

A. OBJETIVOS

- Identificar las líneas S_3 con mejor aptitud combinatoria general a través de las localidades de evaluación, considerando el rendimiento y otras características agronómicas.
- Seleccionar las líneas con mejores características para la formación de cruza dialélicas y sintéticos, así como aquellas que se considera promisorias para continuar el avance generacional.

B. HIPOTESIS

- Existen diferencias en cuanto a aptitud combinatoria general entre y dentro de grupos de líneas S_3 de diferente origen genético.
- El probador es eficiente para discriminar las líneas S_3 para aptitud combinatoria general entre y dentro de progenitores de diferente origen genético.

II. REVISION DE LITERATURA

El maíz, es una especie alogama donde aproximadamente el 95 % de la polinización es cruzada y el 5 % es por medio de autopolinización con la cual se han efectuado muchos estudios genéticos debido a que: a) es una planta producida muy extensamente; b) las polinizaciones cruzadas o las autopolinizaciones se pueden efectuar con facilidad; c) se obtienen grandes cantidades de semilla de una sola planta; d) existen muchas características hereditarias de fácil observación; y e) el maíz contiene muchos caracteres recesivos que se manifiestan mediante la autofecundación, debido a que es una especie normalmente de polinización cruzada (13).

Shull et. al. citados por Pehlman (13) encontraron que el maíz híbrido tenía mayor vigor que las líneas endogámicas, debido a que estas últimas disminuyen su vigor por el aumento de homocigosis que causa la autofertilización. La disminución de vigor de la endocria se equilibra después de varias generaciones de autofecundaciones por la reunión de genes homocigotos recesivos que se vuelven deletereos; a esta disminución de vigor se la denomina "Depreción endogámica" (14).

De acuerdo con Poey et. al. (14) la endogamia disminuirá conforme aumente el tamaño de la población, debido a la variabilidad que poseen las variedades de polinización libre. Shull, en 1908, citado por Pehlman (13) en su trabajo titulado "La composición de un Campo de Maíz" (The Composition of a field of maize) concluyó que un campo de maíz es una mezcla de híbridos complejos y que la autofertilización sirve para purificar líneas. El deterioro que tiene lugar como consecuencia de la autofertilización es el resultado de la reducción gradual de la variabilidad hacia una

condición homocigota. Shull citado por Jugenheimer (10) dice que el objetivo no debe ser encontrar la mejor línea pura, sino que encontrar y mantener la mejor combinación híbrida.

Para la formación de híbridos la aptitud combinatoria general conlleva a derivar los mejores materiales entre diversas poblaciones en cuanto a características agronómicas se refiere (5).

A. Líneas Endocriadas

Una línea autofecundada se produce mediante la autofertilización y selección, hasta obtener plantas aparentemente homocigotas, lo que requiere de cinco a siete autofecundaciones, controlando que los estigmas de una planta sólo reciban polen de ella misma (13).

A.1. Fuente de Germoplasma

La hibridación se produce al cruzar líneas endocriadas seleccionadas, por lo tanto la fuente de origen es importante, ya que de aquí dependen las características que se quieren obtener cuando se crucen con otras líneas; se tienen que seleccionar plantas que no hayan estado emparentadas, para que cuando éstas se hibriden no tiendan a la endogamia, entonces la selección del material original dependerá del estado y de los objetivos que se persiguen. La diversidad genética es necesaria para desarrollar híbridos de comportamiento superior. Eckhardt y Bryan (1940a, 1940b) (10) encontraron que las cruzas simples cuyos progenitores eran ampliamente diferentes producían cruzas dobles con rendimientos muy elevados, Hayes e Immer (1942) citados por Jugenheimer (10) enunciaron que "La diversidad genética puede tener igual o mayor valor que la aptitud combinatoria".

Wu citado por Velásquez (17) encontró que las cruzas simples provenientes de líneas de una misma población rindieron menos que las cruzas de líneas de diferentes variedades; entre variedades de diferentes razas; entre razas diversas y entre compuestos raciales que incluyan razas diversas, exhiben una heterosis mayor.

En el pasado, las variedades de polinización libre fueron la fuente principal para la obtención de líneas autofecundadas. Poey et. al. (14) concluyen que la fuente de germoplasma para la obtención de líneas puras son: las variedades de polinización libre con alto potencial de rendimiento y características agronómicas deseables.

De acuerdo con Poehlman (13) también se pueden obtener líneas autofecundadas partiendo de cruzas simples; de cruzas dobles; de cruzas múltiples; de cruzas de líneas por variedad o de variedades sintéticas. La fuente de germoplasma debe ser mejorada poblacionalmente para capitalizar la variabilidad genética previa a la extracción de líneas (14).

A.2. Desarrollo de Líneas Endogámicas

Para que se desarrollen líneas puras, el proceso más utilizado en plantas alogámas es la autofecundación acompañada de selección, debiendo tener cuidado en evitar cruzamiento natural.

Lindstrom, pensó que genéticamente, cuando menos cuatro factores son los causantes de fracaso para obtener líneas puras bastantes vigorosas (10).

1. El enorme número de genes.
2. Los efectos enmascaradores del medio ambiente en el programa de selección.
3. Una compleja e intrincada interacción de los genes.
4. Una falla en el método para aislar esas líneas.

El método que se adopte para el desarrollo de líneas puras será en base a tiempo y capital así:

2.1 El método mazorca para mata:

El método de selección mazorca por mata fue propuesto por Jones y Singleton (1934) (10). Consiste en sembrar una mata de tres a cuatro plantas de cada mazorca seleccionada en cada ciclo de selección, permitiendo con esto tener un gran número de líneas en un área pequeña.

2.2 Método mazorca por surco:

El método mazorca por surco, comprende la selección de líneas endocriadas durante el período de autofecundación, tomando como base la apariencia física de un surco de plantas sembradas con semillas de la misma mazorca; la mayoría de híbridos actuales están formados por líneas desarrolladas por este método.

Un promedio de mil plantas son seleccionadas previo a la autofecundación (14), debiendo tener características agronómicas deseables como: buen vigor, resistencia a enfermedades y otras características que no son detectables al momento de haberse polinizado, haciendo entonces selección al momento de la

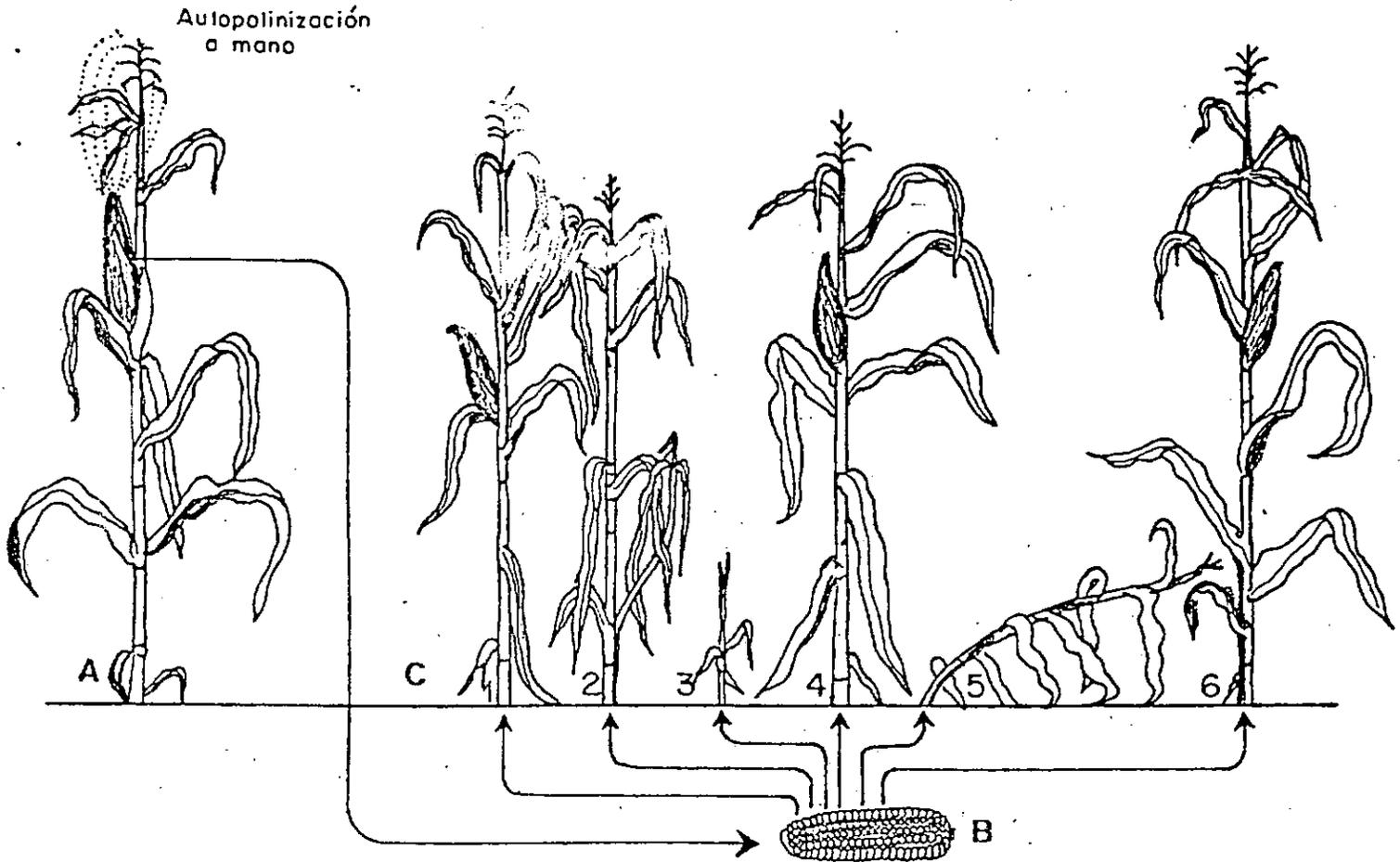


Figura 1. Planta autofecundada de maíz y su progenie. (13)

A. So planta de polinización abierta. B: Mazorca de la planta So. Los granos en esta mazorca tienen parentesco, tanto en su lado masculino como femenino. C: S_1 plantas de primera autofecundación. En la progenie de la planta autofecundada se tiene segregación, tanto respecto a caracteres de la planta, como de la mazorca. Las plantas indeseables (2, 3, 5) se desechan. Las plantas con características deseables (1, 4, 6) se utilizan para autofecundaciones subsecuentes. Las autofecundaciones y selecciones se continúan hasta obtener una línea fija. Esto requiere de 5 a 7 generaciones.

Fuente: Mejoramiento genético de las cosechas. (13)

cosecha. Aquí se califican sólo plantas autofecundadas que muestren buenas características como: buena mazorca, altura de planta y de mazorca, resistencia a enfermedades y acame. Esta selección debe practicarse entre y dentro de familias (14).

Las plantas seleccionadas son llamadas S_0 (13) y son desgranadas individualmente, para luego ser sembradas mazorcas por surco en el siguiente ciclo, practicándosele la presión de selección y calificación de características agronómicas (14). En este ciclo las plantas son llamadas S_1 (primera generación autofecundada), practicándose este procedimiento hasta llegar a la S_4 o S_6 dependiendo del criterio del fitogenetista. Una práctica conveniente en la formación de líneas es que las generaciones endogámicas se practiquen a diferentes densidades de población, permitiendo con esto que las líneas que sobreviven resistan altas densidades de población en las combinaciones híbridas (14).

B. Aptitud Combinatoria General (ACG)

La prueba de aptitud combinatoria general es un método de mejoramiento donde se evalúan líneas endogámicas o familias mejoradas provenientes de poblaciones con amplia base genética y buenas características agronómicas, aprovechándose entonces la aptitud de estas líneas o familias en la producción de híbridos en forma comercial. Sprague y Tatum citados por Dardón (5) definen el concepto de aptitud combinatoria general como "El comportamiento promedio de una línea endocriada en una serie de cruces en la cual intervino". Varios son los investigadores que han trabajado sobre

la aptitud combinatoria en otros cultivos, en estudios de herencia y valores agronómicos en programas de cruzamientos masales (12). Dardón (5) estudió la aptitud combinatoria general y específica en diez poblaciones de maíz; Pérez y Franjul (12) nos indican que esta técnica ha sido utilizada en la República Dominicana en el programa de Maíz y Sorgo; Córdova et. al. citados por Dardón (5) trabajaron con hermanos completos y líneas desarrolladas con endogamia lenta, concluyendo que las familias de hermanos completos mostraron valores más altos de ACG que las líneas con endogamia lenta.

Los componentes de la varianza genética total son importantes para poder conocer la varianza genética aditiva y la varianza genética no aditiva, entonces, llegando a conocer la proporción en que se encuentran en una población se puede tomar una decisión sobre el método para selección. Investigadores como Garner, citado por Dardón (5), han determinado que la varianza genética aditiva es la más importante en poblaciones poco mejoradas o no mejoradas, pero a medida que las poblaciones van siendo mejoradas por algún método de selección la varianza genética aditiva tiende a disminuir. Hallauer, citado por Velásquez (17), comparó la variabilidad que existe en una población sin mejorar y mejorada por el sistema de hermanos completos y medios hermanos y encontró una menor varianza genética aditiva en las poblaciones mejoradas, pero con una mayor probabilidad de encontrar cruza superiores.

Rivera, citado por Dardón (5), encontró que para rendimiento, en maces provenientes de cruza de materiales mejorados, la varianza genética total se debía en gran parte de la varianza no aditiva.

Los métodos de selección dependen de la cantidad y tipo de varianza involucrada (covarianza) en los apareamientos (14), así:

Método de apareamiento	Varianza utilizada
Medios hermanos	$(1/4) \sigma_A^2$
Hermanos completos	$(1/2) \sigma_a^2 + 1/4 \sigma_D^2$
Líneas	$\sigma_A^2 + (1/4) \sigma_D^2$

Donde:

σ_A^2 = Varianza aditiva	σ_D^2 = Varianza no aditiva.
D^2 = Dominancia	

Deben tomarse decisiones sobre el método para la evaluación de las mejores líneas que van a usarse y el tiempo, ya que dichos métodos para evaluar la ACG pueden comprender incluso el uso de inversiones altas, quedando esto a criterio del mejorador, ya que existe considerable divergencia de opiniones sobre el mejor momento y tiempo de evaluar líneas puras de maíz.

Se han sugerido cuatro métodos de evaluación de líneas (10) (17)

- B.1. Método clásico o visual
- B.2. Método de la prueba temprana
- B.3. Método de líneas Per se.
- B.4. Método de cruzas de prueba o mestizos.

B.1 Método clásico

En este método de mejoramiento se seleccionan visualmente las líneas autofecundadas y se lleva luego a la formación de cruzas simples, para determinar las mejores combinaciones.

Velásquez y Palacios, efectuaron selección visual de líneas S_0 y S_1 , encontrando ganancia únicamente en las líneas S_1 para la ACG sugiriendo entonces, que la selección visual, cuando se aplica a líneas de una o más autofecundaciones probablemente es efectiva (17). Genter y Alexander citados por Velásquez (17), concluyeron que no fue efectiva la selección visual cuando se aplicó a líneas con diferente grado de endogamia, indicando que es difícil seleccionar líneas visuales para el carácter rendimiento. Dependiendo mucho entonces este método, de la apreciación y experiencia del mejorador.

B.2 Método de la prueba temprana

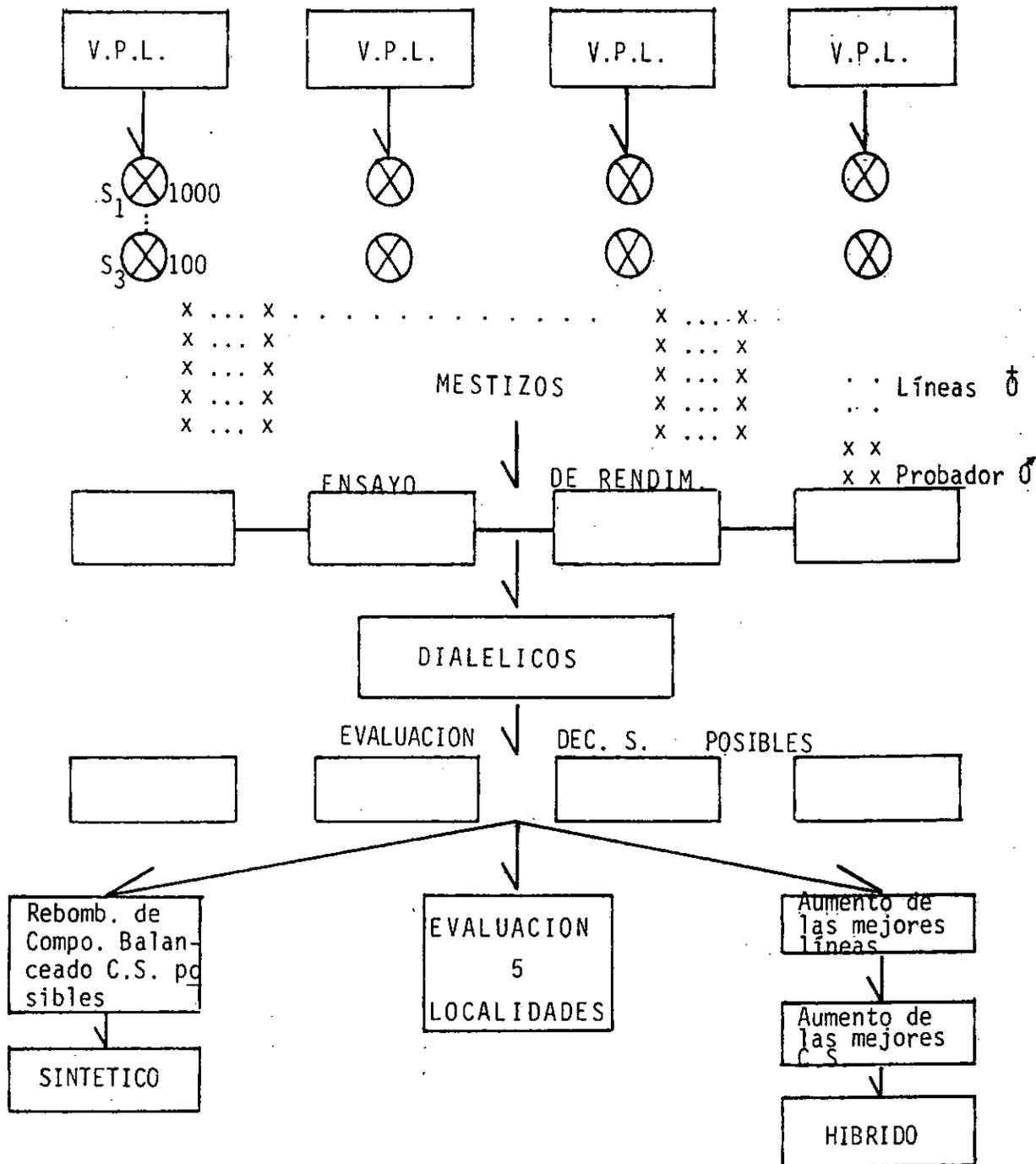
Este método consiste en el cruzamiento de las líneas con un material adecuado (probador) al comienzo de su formación (4). Es decir, después de una generación de autofecundación, en líneas S_0 o S_1 . Permitiendo este método hacer una preselección de las líneas que han sobresalido, basándose esto en dos suposiciones:

- a) Existen marcadas diferencias en aptitud combinatoria entre las plantas de una población seleccionada por endocria.
- b) Una muestra seleccionada sólo en base a pruebas de aptitud combinatoria de plantas de la generación S_0 , es una muestra casi aleatoria de las aptitudes combinatorias sacadas de la misma población en base a la sola selección visual (10).

B.3 Método de líneas Per se

Este método de líneas Per se consiste en calificar el comportamiento de las líneas por su potencial antes del cruzamiento. Con

Figura 2. Esquema para la Formación y Evaluación de Híbridos de Maíz, Partiendo de Variedades de Polinización Libre.



Fuente: Conceptos Teóricos que Respaldan los Programas de Mejoramiento Genético de Maíz.(14)

siste en ensayar líneas como tales sin necesidad de formar mestizos; la evaluación de la ACG de las líneas por este método ha sido eficiente y fácil por lo que podría reemplazar parcial o totalmente la prueba de mestizos (17). (10) Los trabajos Genter y Alexander; Ortiz, Falconer; Galarza y otros investigadores apoyan esta teoría, citados por Velásquez (17). Puede decirse que la principal ventaja del método Per se con respecto al de mestizos, es que la interacción con el probador y la expansión de los genotipos probados, se debe a su riqueza genética aditiva.

B.4 Método de cruzas de prueba o mestizos

Es el mismo procedimiento que el método de las pruebas tempranas, sólo que se hacen las evaluaciones con líneas con autofecundaciones avanzadas S_3 o S_5 cruzadas con el probados común. Este método de crusa de líneas por variedad fue propuesto por primera vez por Davis, citado por Velásquez (17) quien señaló que la capacidad de combinación de las líneas autofecundadas de maíz podría estimarse mediante el comportamiento de sus cruzas con un probador común. Este tipo de evaluación puede hacerse en campos aislados o por medio de polinizaciones a mano. Con este método las líneas que fueron seleccionadas pueden sembrarse en ensayos de rendimiento de sus cruzas simples, para la de terminación de la aptitud combinatoria general.

C. Concepto de Probador

El criterio que existe respecto al tipo de probador más adecuado, para evaluar líneas puras en combinaciones híbridas, es que no debe inter

accionar con las líneas a evaluar. Los probadores deben seleccionarse por su capacidad para determinar cuales líneas se combinan bien en muchas otras líneas. Pueden citarse varios tipos de probadores como: probador de amplia base genética; probador de bajo rendimiento (líneas recesivas); más de un probador; cualquier tipo de probador y el probador no emparentado (17). Según Poey et. al. (14) el probador es una variedad de polinización libre, una cruce simple o una línea endogámica. Pehlman (13). indica que el probador con anterioridad era una variedad de polinización libre. Muchos investigadores han demostrado que el probador más seguro es la variedad de donde se han originado las líneas (14).

En conclusión se puede decir que el uso de probadores queda a criterio del fitomejorador, ya que por la reducción del vigor que presentan las líneas endogámicas se hace difícil la evaluación en ensayos de rendimiento como tales, por lo cual se hace necesario el uso de probadores para la eliminación de líneas que no presentan buena aptitud combinatoria general para la evaluación posterior de sus combinaciones híbridas.

D. Heredabilidad

En las investigaciones en donde es importante saber que grado de herencia es transmitido de una generación a otra, es necesario obtener datos que se refieren a varianza genética de la varianza total.

Dudley y Moll (1969) citados por Jugenheimer (10), definieron la heredabilidad como el cociente de la varianza genética entre la varianza fenotípica, en donde la varianza fenotípica es la varianza total entre los

fenotipos cuando se cultivan en el rango de medios ambientes que interesen al mejorador. Poey et. al. (14) manifiestan que la heredabilidad sugiere efectividad para lograr ganancias en los procesos de selección.

Falconer (1984) (7) manifiesta que la heredabilidad expresa la proporción de la varianza total que es atribuible a los efectos medios de los genes y esto es lo que determina el grado de parecido entre los parientes y la define como el cociente de la varianza genética sobre la varianza fenotípica como indicación del valor reproductivo o sea, el grado de correspondencia entre el valor fenotípico y el valor reproductivo; por lo cual en casi cualquier fórmula relacionada con métodos de mejoramiento, se usa la heredabilidad.

Dardón (1980) (5), indica que la heredabilidad es la proporción de la varianza genética con respecto a la varianza total. La varianza genética total es la parte de la varianza fenotípica que puede atribuirse a las diferencias genotípicas entre los fenotipos; entonces la varianza de la interacción genotipo-medio ambiente es la parte de la varianza fenotípica atribuirle a la falla de cada genotipo para ser igual en medios diferentes. La varianza genética total puede subdividirse además en varianza genética aditiva varianza genética de dominancia y varianza genética epistática.

En la práctica la heredabilidad puede medirse en dos forma según Poey et. al. (14):

1. Heredabilidad en el sentido amplio (H^2).

"Constituye la fracción de la varianza genética del total de la varianza fenotípica". Determina la importancia relativa del genotipo y del medio ambiente en el proceso de formación de híbridos.

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_F^2}$$

En donde:

σ_g^2 = Varianza genética

σ_F^2 = Varianza fenotípica

2. Heredabilidad en el sentido estrecho, (h^2)

Es la fracción genética debida a la varianza aditiva del total de la varianza fenotípica.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_F^2}$$

En donde:

σ_a^2 = Varianza aditiva.

σ_F^2 = Varianza fenotípica

III. MATERIALES Y METODOS

A. Material Genético

Actualmente el híbrido comercial ICTA HA-44 es un híbrido triple siendo la crusa simple (24-214 X Pool 21-6) el progenitor hembra y la familia 26-49 el progenitor macho.

El material biológico utilizado en este estudio lo constituy \acute{o} líneas S_3 originadas de tres familias de hermanos completos que forman el híbrido familiar ICTA HA-44, siendo dichas familias: 24-214, Pool 21-6 y 25-49. Estas familias fueron introducciones del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), generándose las líneas endocriadas en el Centro de Producción Cuyuta del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ICTA. Los números 24, Pool 21 y 26 identifican a las poblaciones Antigua Veracruz 181, Pool TIYF y Mezcla Amarilla respectivamente y los números 214, 6 y 49 a las familias de dichas poblaciones. Para este estudio las líneas S_3 originadas de las familias mencionadas, constituyeron el progenitor hembra, cruzandose cada una de ellas por un probador (progenitor macho) que para este caso es la contraparte que constituye dicho híbrido.

Después de tres ciclos de selección consecutivos y de autofecundaciones de las líneas generadas, se obtuvieron 388 líneas seleccionadas de las familias 24-214, Pool 21-6 y 26-49. Además se seleccionó una fracción de 8 líneas de la familia 28-239 como fuente de germoplasma. Para la formación de líneas endocriadas se siguió la metodología de polinizaciones controladas en cada uno de los tres ciclos de selección, considerándose

al inicio un 10 por ciento de selección, aunque estuvo bastante influenciada por la presión que ejerció el medio ambiente; tomándose todas aquellas líneas que se consideraban fenotípicamente promisorias, seleccionándose al final un máximo de cinco mazorcas por línea endocriada por ciclo de autofecundación. Al haberse obtenido las líneas S_3 se procedió la mez tizaje de las mismas en campos aislados con una relación de tres surcos de hembras por un surco macho, formándose estos mestizos en Cuyuta durante el ciclo 1985-A, desespigando todos los surcos de líneas S_3 que participaron como hembras y el probador respectivo sirviera de polinizador así:

(♀) 162 líneas S_3 del progenitor 24 - 214	}	Se cruzaron con la familia 26 - 49 como probador (♂)
(♀) 106 líneas S_3 del progenitor Pool 21-6		
(♀) 112 líneas S_3 del progenitor 26-49	}	Se cruzaron con la C.S. de (fam. 24-214 X Pool 21-6) como probador (♂)
(♀) 8 líneas S_3 del Progenitor 28-239		

Con base a los cruces mestizos mencionados, se formó un ensayo de rendimiento para cada grupo de líneas pertenecientes a cada progenitor, incluyéndose en cada uno de los ensayos conformados un grupo de testigos para poder establecer comparaciones. Los ensayos de rendimiento se evaluaron durante el ciclo 1985-B en las cuatro localidades siguientes, Juti pa, Escu intla, Suchitepé quez y Retalhuleu.

B. Evaluación del Material Genético

B.1 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para la evaluación de los mes

tizos fue de bloques incompletos o látice simple, con 2 repeticiones por localidad, distribuyéndose los tratamientos en forma aleatoria. Para evaluar los mestizos del 24-214 se utilizó un látice simple de 13 x 13, para el Pool 21-6 un látice de 11 x 10 y para el 26 - 49, un látice 12 x 11, completando dichos látices con materiales testigos.

B.2 Localidades donde se realizó el estudio

Las evaluaciones fueron establecidas en 3 centros de producción del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas y una finca particular, así:

Cuadro 3. Características Climáticas de las 4 Localidades donde se realizó el estudio.

LOCALIDAD	Altura SNM	PP Promedio ANUAL MM.	TEMPERATURA MEDIA °C
Quesada	980	1230	27.0
Cuyuta	48	2300	30.0
La Máquina	100	1860	27.0
La Virgen	200	2755	27.1

Fuente: INSIVUMEH (9)

B.3 Fecha de siembra y cosecha

La siembra de las diferentes parcelas fue realizada en el mes de junio de 1985, y la cosecha se realizó de acuerdo a la localidad, en los meses de octubre y noviembre del mismo año.

B.4 Tamaño de parcela y distancia de siembra

El tamaño de la parcela experimental estuvo constituida por un surco de 5.5 metros de largo, separado a 0.75 metros entre surco y 0.50 metros entre posturas. Cada postura con 2 plantas, haciendo un total de 22 plantas por parcela que es igual a 53,888 plantas por hectárea. El tamaño de la parcela o área útil fue de 4.125 metros cuadrados; que es producto de multiplicar el largo de surco (5.5 mts.) por la distancia entre surco (0.75 mts.).

B.5 Manejo del ensayo experimental.

El área de siembra fue preparada con un paso de aradura y dos pasos de rastra. El control de malezas se realizó dependiendo de cada localidad con distintos herbicidas químicos presiembra incorporados o como sellos después de la siembra, variando éstos en dosis según el tipo e intensidad de malezas. Utilizándose también un insecticida para el control preventivo de las plagas del suelo. Los niveles de fertilización promedio utilizados fueron de 100 y 40 Kg./Ha. de N. y P_2O_5 , aplicando todo el fósforo y la mitad de nitrógeno al momento de la siembra y el 50 % de nitrógeno, dividido en dos aplicaciones, 25 % a los 25 días y el otro 25 % a los 45 días después de la siembra. La siembra se efectuó en forma manual, colocando tres semillas por postura; a los 15 días después se efectuó el raleo de plantas, para dejar dos plantas por postura como población. Durante el desarrollo vegetativo de la plantación, se efectuó un control químico de plagas, dependiendo de las necesidades del cultivo en cada localidad. (ver cronograma).

B.6 Datos recopilados

Los datos agronómicos recopilados en este estudio fueron:

- a. Días a floración femenina
- b. Por ciento de mazorcas descubiertas
- c. Altura de planta y de mazorca
- d. Por ciento de acame de raíz y tallo
- e. Por ciento de mazorcas podridas.
- f. Rendimiento de granos en Kg./Ha. al 15 % de humedad.

B.7 Rendimiento por parcela

El rendimiento se calculó tomando en cuenta el peso total de todas las mazorcas cosechadas por surco (parcela), en kilogramos. Luego se ajustó a toneladas por hectárea (Ton./Ha.) al 15 % de humedad del grano, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Ton./Ha.} = \frac{Pc \times \frac{100 - hc}{100 - Hd} \times K \text{ área} \times K \text{ desgrane}}{1000}$$

Donde:

Pc = peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil
(en Kgs.)

1000 = constante para pasar a toneladas

hc = humedad de cosecha

hd = humedad deseada

K desgrane = constante para ajustar a rendimiento en grano
(0.8).

Cuadro 4. Cronograma de las actividades de campo realizadas en el ensayo de aptitud combinatoria general de líneas S₃ derivadas de familias progenitoras de un híbrido de maíz (*Zea mays* L.)

Epoca Actividad	M			J			J			A			S			O			N		
	1	15	31	1	15	30	1	15	31	1	15	31	1	15	30	1	15	31	1	15	31
Aradura			■																		
Rasta y aplicación de herbicidas y fertilizant				■																	
Siembra y aplicación de Insecticidas				■																	
1a. aplicación de insectic. líquido					■																
Raleo						■															
1a. limpia							■														
1a. aplicación de Insecticidas Gran.							■														
1a. fertilización de N ₂							■														
Aporque							■														
2a. aplicación de Insecticida Gran.								■													
2a. fertilización de N ₂									■												
Lec. t de días a Flor o										■											
Lec. t de Altura de Planta y Mzca											■										
Lec. de enfermedad															■						
Lec. de Acame de Raíz y Tallo																■					
Lect. de Punta descubierta.																	■				
Conteo de plantas a la Cosecha																		■			
Cosecha																				■	
Conteo de Mazocarcas Pod.																					■
Rendimiento/Parcela																					■

K área = constante para ajustar a kilogramos por hectárea en grano, la cual se cálculo a así:

$$K \text{ área} = \frac{\text{área mts}^2 (\text{Ha.})}{\text{area útil de parcela}}$$

Area útil de parcela = largo de surco X distancia entre surco X número de surcos de la parcela (4.125 mts.²).

Una vez obtenidos los datos agronómicos de cada uno de los cruces mestizos en los ensayos de rendimiento a través de 4 localidades, sirvieron de base para poder llegar a seleccionar que cruces mestizos presentaron mejores características agronómicas y rendimiento que su progenitor; tomando en cuenta cuando se seleccionó información de líneas per-se. Así también se procedió a efectuar los cálculos estadísticos para el respectivo análisis de varianza como también la estimación de aptitud combinatoria general y porciento heredabilidad.

C. Análisis Estadístico

C.1 Análisis de varianza por localidad

El rendimiento de grano obtenido por los diferentes cruces mestizos fue analizado a través del análisis de varianza por localidad, en base a un diseño de látice simple según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + T_i + B_j (RK) + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado de la ijk -ésima observación
 μ = Efecto de la media general
 R_k = Efecto de la k -ésima repetición

- T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
 $B_j(RK)$ = Efecto del j-ésimo bloque incompleto de la k-ésima repetición.
 E_{ijk} = Error asociado con la ijkésima unidad experimental
 i = Número de tratamiento
 j = Número de bloques incompletos
 k = Número de repeticiones

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos fue determinada bajo la siguiente fórmula de F (11).

$$F_c = \frac{\text{CMT ajustado}}{\text{CMe ajustado}}$$

Donde:

- F_c = F calculada
 CMT = Cuadrado medio de tratamientos ajustado
 CMe = Cuadrado medio del error ajustado
 con $(r-1)$ y $(2qk^2 - 2qk - k^2 - 1)$, grados de libertad asociado con CMT y CMe, respectivamente.

Cuadro 5. Análisis de Varianza para un Diseño de Látice Simple.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Repetición	$(r-1)$	$\sum^r (\sum Y_{ijk})^2 - FC$	$\frac{SC}{(r-1)}$
Bloques	$2q(k-1)$	$\frac{B}{\dots (SC \text{ com.a } SC \text{ comp.b})}$	$\frac{SC}{2q(k-1)}$
Comp. a	$2(1-2)(k-1)$	$\frac{\sum d^2}{qk} - \frac{(\sum dh)^2 + (\sum dy)^2}{qk^2}$	
Comp. b	$2(k-1)$	$\frac{\sum d^2}{2qk} - \frac{(\sum dt)^2 + (\sum dc)^2}{2k^2}$	
Variedades	$(k^2 - 1)$	$\frac{\sum^r (y_{ijk})^2}{2q} - FC$	
Error	$(2qk^2 - 2qk - k^2 - 1)$	$\sum^v \sum^r y_{ijk}^2 - FC$	$\frac{SC}{(2qk^2 - 2qj - k^2 - 1)}$
Total	$2qk^2 - 1$	$\sum^v \sum^r y_{ijk}^2 - VC$	

Fuente: COCHRAN, W.G. y COX, G.M. Diseños experimentales (3)

C.2 Análisis de varianza combinada

Se hizo un análisis de varianza combinado en base a los totales de cada tratamiento en las 4 localidades mediante un modelo para una serie de experimentos repetidos de un látice simple; mediante el siguiente modelo (3).

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + R_k + T_j + (LT)_{1i} + B_j(R_{kl}) + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Valor observado en el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición en el k -ésimo bloque incompleto en la l -ésima localidad.

μ = Media general

L_l = Efecto de la l -ésima localidad

R_k = Efecto de la k -ésima repetición

T_i = Efecto de i -ésimo tratamiento en la l -ésima localidad

$(LT)_{li}$ = Interacción del i -ésimo tratamiento en la l -ésima localidad.

$B_j(R_{kl})$ = Efecto del j -ésimo bloque incompleto de la k -ésima repetición dentro de la l -ésima localidad.

E_{ijkl} = Error experimental asociado a la $ijkl$ -ésima observación.

La prueba de significancia de la diferencia entre tratamientos, localidades y su interacción; se determinó con la siguiente prueba de $F(11)$.

$$F_c = \frac{CMT}{CMlxt}$$

Donde:

F_c = F calculada de tratamientos

CMT = Cuadrado medio de tratamientos

$CMlxt$ = Cuadrado medio de localidades por tratamientos con (k^2-1) y $(l-1)(k^2-1)$, grados de libertad asociados con CMT y $CMlxt$, respectivamente.

La prueba de significancia de localidades por tratamientos, se calculó así (11).

$$F. \text{ Loc x trat.} = \frac{CMlxt}{CMe}$$

Donde:

F.Loc x trat = F calculada de localidades por tratamientos.

CMe = Cuadrado medio del error; con $(k^2-1)(1-1)$ y $1(2qk^2-2qk - k^2 + 1)$, grados de libertad asociados con CM1xt y CMe, respectivamente.

Cuadro 6. Análisis de Varianza Combinado para un Diseño de Látice Simple.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Localidades	$(1-1)$	$\frac{1}{2qk^2} (\sum \sum Y_{ijkl})^2 - FC$	$\frac{SC}{(1-1)}$
Rep.(Loc.)	$1(r-1)$	$\frac{\sum_{e=1}^r \sum (Y_{ijkl})^2 - FC - SC \text{ Loc.}}{k^2}$	$\frac{SC}{1(k-1)}$
Bloques	$2q1(K-1)$...(SC Comp. a SC Comp.b)	$\frac{SC}{2q1(k-1)}$
Comp.a	$21(q-1)(k-1)$	$\frac{\sum d^2 - (\sum dx)^2 + (\sum dy)^2 - SC \text{ Loc.}}{qk^2}$	
Comp.b	$21(k-1)$	$\frac{\sum d^2 - (\sum dh)^2 + (\sum dc)^2 - SC \text{ Loc.}}{2qk^2}$	
Variedades	$(k^2 - 1)$	$\frac{\sum (\sum \sum \frac{1}{2qk^2} Y_{ijkl})^2 - FC}{2qk^2}$	
Loc. X Var,	$(101)(k^2-1)$	$\sum \sum \frac{1}{2qk^2} (Y_{ijkl})^2 - FC - SC \text{ Var.} - SC \text{ Loc.}$	
Error	$1(2qj^2-2qk-k^2-1)$	$\sum \sum \frac{1}{2qk^2} Y_{ijkl}^2 - FC - \text{Todas las FV}$	$\frac{SC}{1(2qk^2-2qk-2-1)}$
Total	$21qk^2 - 1$	$\sum \sum \sum \frac{1}{2qk^2} Y_{ijk}^2 - FC$	

Fuente: COCHRAN, W.G. y COX, G.M. Diseños Experimentales (3).

C.3 Comparación múltiple de medias

Con los datos del análisis de varianza combinado, se efectuaron las pruebas de significancia, realizando comparaciones múltiples de medias. Calculándose por medio de la prueba de Duncan, la cual permite hacer todas las comparaciones múltiples posibles. El valor del límite de significancia o diferencia mínima significativa, se calculó así: (9).

$$\text{M.D.S.} = t \ S \bar{x}$$

Donde

t = Valor obtenidos de tablas de t múltiples para $\alpha = 0.05$

$S \bar{x}$ = Error estandar de la media = $\frac{\text{CMe}}{r \times l}$

CMe = Cuadrado medio del error

r = Número de repeticiones

l = Número de localidades

C.4 Estimación de aptitud combinatoria general

La aptitud combinatoria general fue estimada como una desviación del rendimiento de cada cruce mestizo con respecto a la media general de todos los mestizos evaluados, así:

$$\widehat{\text{A.C.G.}} = X_i - \bar{X}$$

Donde:

$\widehat{\text{A.C.G.}}$ = Estimación de aptitud combinatoria general.

X_i = Rendimiento de cada uno de los mestizos.

\bar{X} = Media general de rendimiento de los mestizos evaluados.

C.5 Estimación de heredabilidad

Para efectuar los cálculos de heredabilidad, se procedió hacer una estimación de los componentes de varianza. Con la esperanza matemática de los cuadros medios obtenidos para tratamientos, localidad por tratamiento y error, se estimó la varianza genética (σ_g^2), la varianza del error (σ_e^2) y la varianza de la interacción genotipo-ambiente (σ_{ge}^2) de acuerdo al siguiente cuadro (1).

Cuadro 7. Estimación de heredabilidad

F.V.	G.L.	C.M.	E.C.M.
Localidades	1-1	CM1	$\sigma_e^2 + r \sigma_t^2 + rt \sigma_1^2$
Repet.(loc.)	1(r-1)	CMrx1	
Tratamientos	t-1	CMt	$\sigma_e^2 + r \sigma_t^2 + r1 \sigma_t^2$
Loc. x Trat.	(1-1)(t-1)	CM1xt	$\sigma_e^2 + r \sigma_t^2$
Error	1(r-1)(t-1)		
Total	1rt-1		

Fuente: ALLARD. R.W. Principios de la mejora genética de las plantas (1).

Donde:

σ_e^2 = Varianza del error que es igual a la varianza ambiental (σ_a^2)

σ_{ge}^2 = Varianza de la interacción genotipo-ambiente que es igual a la varianza de localidad por tratamientos (σ_{lt}^2)

σ_g^2 = Varianza genética que es igual a la varianza de tratamientos (σ_t^2).

Con los datos del análisis de varianza combinado, se procedió a calcular la varianza genética ($\sigma_g^2 = \sigma^2_t$); para lo cual se calculó la σ^2_{ge} y finalmente la σ^2_g , así: (1)

$$CM_{1t} = \sigma_e^2 + r \sigma^2_{t1}, \text{ o sea; } \sigma^2_{t1} = \frac{CM_{1t} - \sigma_e^2}{r}, \quad \sigma^2_{ge} = \frac{CM_{1t} - \sigma_e^2}{r}$$

$$\sigma_g^2 = \frac{CM_t - \sigma_e^2 - r \sigma^2_{t1}}{r}$$

Luego se procedió a estimar la varianza fenotípica (σ_p^2), según mediante la siguiente fórmula (7).

$$\sigma_p^2 = \frac{\sigma_e^2}{rt} + \frac{\sigma^2_{ge}}{1} + \sigma^2_g$$

Con los resultados de los componentes de varianza, se procedió a estimar la heredabilidad en sentido amplio (H^2) para la variable rendimiento, según fórmula (7).

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

Donde:

$$\sigma_g^2 = \text{Varianza genética}$$

$$\sigma_p^2 = \text{Varianza fenotípica.}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Análisis de Varianza

En los cuadros 8, 9 y 10, se presenta los análisis de varianza combinados para los cruces mestizos evaluados de los progenitores Pool 21-6, 24-214 y 26-49 a través de 4 localidades para la variable rendimiento. Se puede observar, que las fuentes de variación estudiadas fueron altamente significativas para los 3 progenitores ($p < 0.01$), lo cual nos indica que los ambientes fueron contrastantes y que fue vital para que los tratamientos mostraran un diverso potencial de rendimiento; esto se comprueba con la interacción localidad por tratamiento que fue altamente significativa. Los tratamientos se mostraron altamente significativos, lo que viene a confirmar en cada uno de los grupos de cruces mestizos estudiados, la hipótesis planteada que los 3 grupos de líneas difieren en su aptitud combinatoria general para la variable rendimiento, aceptándose entonces dicha hipótesis.

Los valores de coeficiente de variación para los cruces mestizos se consideran aceptables para este tipo de evaluaciones, por lo que la información obtenida es confiable para hacer inferencias y sacar conclusiones de estos resultados.

Con relación a la media general de rendimiento de los mestizos, son satisfactorios ya que el más alto fue el Pool 21 - 6 con 4.9132 Ton./Ha., siguiéndole el 26 - 49 con 4.6112 Ton./Ha. y por último el 24 - 214 con 4.3848 Ton./Ha.

Cuadro 8. Análisis de Varianza Combinado de Látice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en Ton./Ha. de los Mestizos Evaluados del Progenitor Pool 21 - 6 a través de 4 Localidades.

F.V.	G.L.	C.M.	F.
Localidades	3	136.732	426.75 **
Repet.(Loc.)	4	1.4233	4.44 **
Tratamientos	109	1.3382	4.18 **
Loc. x Trat.	327	0.4258	1.33 **
Bloques	80	0.7228	
Error	356	0.3204	
Total	879		

Coefficiente de variación	=	6.0 %
Media General de Rend.	=	4.8132 Ton./Ha.
Diferen. mínim.signif.	=	0.5547 Ton./Ha.

** = Diferencias estadísticamente significativas al 1 % de probabilidad.

Cuadro 9. Análisis de Varianza Combinado de Látice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en Ton./Ha. de los Mestizos Evaluados del Progenitor 24 - 214 a través de 4 Localidades.

F.V.	G.L.	C.M.	F.
Localidades	3	217.020	893.08 **
Repet. (Loc.)	4	2.3955	9.86 **
Tratamientos	109	0.7487	3.08 **
Loc. x Trat.	504	0.4029	1.66 **
Bloques	96	0.8385	
Error	576	0.2430	
Total	1371		

Coefficiente de Varianza	=	5.9 %
Media General de Rend.	=	4.3848 Ton./Ha.
Diferen. Mínim. Signif.	=	0.4831 Ton./Ha.

** = Diferencias estadísticamente significativas al 1 % de probabilidad.

Cuadro 10. Análisis de Varianza Combinado de Látice en Bloques al Azar para la Variable Rendimiento en Ton./Ha. de los mestizos evaluados del progenitor 26 - 49 a través de 4 localidades.

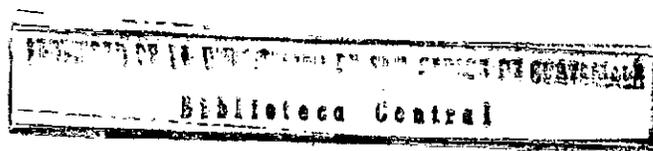
F.V.	G.L.	C.M.	F.
Localidades	3	188.4520	793.15 **
Repet. (Loc.)	4	7.7427	32.59 **
Tratamientos	131	1.5072	6.34 **
Loc. x Trat.	393	0.4459	1.88 **
Bloques	88	0.7595	
Error	496	0.2376	
Total	1055		

Coefficiente de variación = 5.55 %

Media general de rend. = 4.6112 Ton./Ha.

Diferen.Minim. Signif. = 0.4777 Ton./Ha.

** = Diferencias estadísticamente significativas al 1 % de probabilidad.



B. Estimación de Aptitud Combinatoria General (A.C.G.)

Los cuadros 11, 13 y 15 presentan las estimaciones de la aptitud combinatoria general de los cruces mestizos seleccionados para los 3 progenitores, observándose que los mestizos del progenitor 26 - 49 presentó la mayor expresión de A.C.G. (incluyendo 28 - 239), oscilando entre 0.4153 a 1.2463 Ton./Ha., siguiéndole los mestizos del progenitor Pool 21 - 6 con 0.5254 a 0.8980 Ton./Ha. su A.C.G., y los mestizos del progenitor 24 - 214 fue el que menor expresión mostró variando la misma entre 0.5493 a 0.6561 Ton./Ha. Estos valores de A.C.G. vienen a confirmar la ganancia que se ha logrado por la concentración de homocigocis y selección; apoyando además la aceptación de la hipótesis planteada para este estudio.

Estos incrementos obtenidos con respecto a sus progenitores y al híbrido familiar HA-44, son explicables debido a la amplia diversidad genética de dichos progenitores, lo que hace resaltar más la importancia de los efectos heteróticos. De acuerdo con Velásquez (17) quien cita a Moll et. al. (1962), (1965) y a Wu (1939) quien dice que mientras mayor sea la divergencia genética de los progenitores, la expresión de heterosis será mayor.

C. Rendimiento y Características Agronómicas

De los 388 mestizos evaluados en los 3 ensayos de rendimiento a través de 4 localidades, se seleccionaron 20 que por sus características agronómicas y potencial de rendimiento, superan al híbrido testigo HA-44, en un rango que va desde un 5 % a un 24 % para el de mayor rendimiento, con respecto al comportamiento promedio del HA-44 en las 4 localidades.

En los cuadros 11 y 12, se presenta los rendimientos y características agronómicas del Progenitor Pool 21 - 6, siendo la localidad de la Virgen (Retalhuleu) donde se presentó el mayor rendimiento de dicho progenitor, presentando las otras localidades rendimientos menores, pero con características agronómicas similares, lo que hace inferir en el contraste de las condiciones ambientales de dichas localidades.

Cuadro 11. Medias de Rendimiento, Nivel de Significante y Estimación de Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) para los 5 Mestizos Seleccionados del Progenitor Pool 21 - 6 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1,000 mets. s.n.m. de Guatemala, 1985.

Mestizos (Cuy.85A)	Localidad				Rendimiento en Ton./Ha. (Ajustado)		A.C.G. Ton/Ha.
	Quesada	Cuyuta	La Máquina	La Virgen	Análisis Combinado	Duncan	
2601 *	5.9173	5.1644	5.9229	6.4198	5.8200	a	0.8990
2500 *	7.0866	4.7476	5.5511	5.8442	5.8197	a	0.8977
2531 *	5.8310	4.4590	5.8921	6.8141	5.7704	a	0.8484
2505	5.6039	4.4795	5.5800	5.5863	5.5765	a	0.6545
2551	5.9721	4.7027	5.1143	6.1149	5.4474	a	0.5254
\bar{X} Mestizos Selec.	6.0822	4.7087	5.6121	6.3559	5.6868		
Testigos							
Ha - 44	5.7108	3.6651	4.7403	5.5407	4.9209		
Pool 21 - 6							
x 26 - 49	5.6325	3.6735	4.4120	5.7678	4.9052		
Pool 21-6	4.5928	3.3318	3.5697	4.0024	3.8791		
\bar{X} Mest. Pool 21-6					4.9220		

* = Las líneas del progenitor Pool 21-6 que se involucraron en estos mestizos, pasarán a formar cruces dialélicos con las líneas de otros progenitores.

Cuadro 12. Medidas de Rendimiento y Características agronómicas de los 5 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor Pool 21-6 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 mts. S.N.M.de Guatemala, 1985.

Mestizo (Cuy. 85-A)	Rendi- miento Ton./Ha.	%/ HA-44	DIAS FLOR	ALTURA PLTA.	(Cms.) MZCA.	% MCAZ DESC.	POD.
2601	5.8200	124	57	237	126	1.0	3.4
2500	5.8197	124	58	219	118	6.6	2.9
2531	5.7704	123	59	238	135	6.0	4.9
2505	5.5765	119	59	239	133	3.9	2.2
2551	5.4474	116	61	226	124	3.1	2.4
Testigos							
21 - 6 x							
26 - 49	4.9052		58	235	134	6.4	6.3
HA - 44	4.7028	100	58	225	124	7.7	5.5
21 - 6	3.9661		59	239	134	3.8	10.0

La media de rendimiento para los mestizos del Pool 21 - 6 fue de 4.9132 Ton./Ha., mientras que la media de rendimiento para los mestizos seleccionados fue de 5.6868 Ton./Ha. (Cuadro 11).

Con relación a la prueba de Duncan se pudo determinar que no hay diferencia significativa en los mestizos seleccionados y su A.C.G. osciló entre 0.5254 a 0.8980 Ton./Ha. teniendo dicho progenitor una expresión de heterosis bastante aceptable, en relación con el testigo.

En cuanto a las características agronómicas del progenitor Pool 21-6 (Cuadro 12), se observa tanto el período a floración femenina; altura de planta y mazorca, es similar al testigo y el porciento de mazorcas podridas y descubiertas son en algunos mestizos seleccionados ligeramente menores, considerándose estas expresiones aceptables para el tipo de híbrido deseado, para las condiciones en que se pretende recomendar.

En los cuadro 13 y 14 se muestra el rendimiento a través de las 4 localidades, su A.C.G., prueba de Duncan y sus características agronómicas del progenitor 24 - 214, siendo este el que mostró las cruzas con menor expresión de heterosis oscilando su A.C.G. entre 0.5493 a 0.6561 Ton./Ha.

Siendo la localidad de la Virgen (Retalhuleu) donde se presentó el mayor rendimiento para dicho progenitor, con relación a la media general de rendimiento fue de 4.3848 Ton./Ha. y la media para los mestizos seleccionados fue de 4.9627 Ton./Ha. (Cuadro 13) y su prueba de Duncan se determinó que no fue significativa para los mestizos seleccionados.

En el Cuadro 14 se observa que los cruces mestizos seleccionados de este progenitor fueron superiores en un 5 a 7 % con relación al testigo HA-44 y sus características agronómicas son similares al testigo, lo que pueden tomarse como aceptables.

Cuadro 13. Medias de Rendimiento, Nivel de Significancia y Estimación de Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) para los 6 Mestizos Seleccionados del Progenitor 24-214 evaluados en 4 localidades entre 0 a 1000 mts.S.N.M. de Guatemala, 1985.

Mestizos (Cuy.85A)	Localidades		Rendimiento en Ton./Ha. (ajustado)		Análisis Combinado Duncan	A.C.G. Ton./Ha.
	Quesada	Cuyuta	La Máquina	La Virgen		
2813 *	4.5755	4.9720	4.2.102	6.3859	5.0260	a 0.6561
3429	6.1144	3.4912	4.2722	6.0524	4.9738	a 0.6039
2961	5.3092	4.4038	4.4580	5.5795	4.9657	a 0.5958
2996 *	5.2885	3.9847	4.4852	6.0747	4.9490	a 0.5791
3550	5.4464	4.2693	3.8990	6.3744	4.9192	a 0.5493
\bar{X} Mestizos						
Selec.	5.3060	4.2108	4.2131	6.0848	4.9627	
<hr/>						
Testigos						
HA - 44	4.8905	3.4310	3.9058	5.8847	4.5573	
26 - 49	4.8825	3.9962	3.5020	4.6026	4.2572	
24-214 x						
26 - 49	4.6499	3.7430	3.3340	5.0582	4.2017	
24 - 214 **	4.4830	2.7580	1.2670	3.4390	2.9850	
\bar{X} Mestizos						
24 - 214					4.3699	

* = Líneas del progenitor 24 - 214 que se involucraron en estos mestizos. pasarán a formar cruzas dialélicas con las líneas de otros progenitores.

** = El rendimiento del progenitor 24-214 Per-se, debe tomarse únicamente como referencia, ya que este dato se obtuvo de otras evaluaciones en las mismas localidades, por no haberse evaluado como tratamiento en este ensayo.

Cuadro 14. Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los 6 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor 24-214 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 mets.S.N.M. de Guatemala, 1985.

Mestizo (Cuy. 85-A)	Rendi- miento Ton./Ha.	%/ HA-44	CARACTERISTICAS		AGRONOMICAS		POD.
			DIAS FLOR	ALTURA PLTA.	(Cms.) MZCA.	% MZCAS DESC.	
2813	5.0260	107	58	232	133	10.6	5.0
3429	4.9738	106	57	213	112	7.2	4.1
2961	4.9675	106	57	214	112	12.7	2.4
2996	4.9490	105	58	213	119	8.5	4.9
3550	4.9422	105	57	220	119	15.6	3.9
3381	4.9192	105	59	220	129	10.9	3.5
Testigos							
HA - 44	4.7028	100	58	225	124	7.7	5.5
26 - 49	4.3909		57	222	122	6.7	6.7
24-214x26							
26 - 49	4.2017		57	214	113	11.8	3.0
24-214**	2.9850		58	210	113	12.6	7.6

** Debe tomarse únicamente como referencia, ya que dichos datos se obtuvieron de otras evaluaciones en las mismas localidades.

En los cuadros 15 y 16, se presenta el rendimiento; nivel de significancia, la A.C.G. estimada y las características agronómicas del progenitor 26 - 49 y 28 - 239, al igual que los progenitores anteriores la localidad donde fue mayor la expresión de rendimiento fue en la Virgen (Retalhuleu), en donde la A.C.G. estimada para el progenitor 28 - 239 osciló entre 0.9786 a 1.2463 Ton./Ha., los cuales expresan una buena heterosis, aún cuando este progenitor no forma parte del HA-4, se consideración como una buena fuente que se debe incluir en la formación de cruzas híbridas y para el progenitor 26 - 49 su A.C.G. fue entre 0.4153 a 0.8388 Ton./Ha. En general las características agronómicas (Cuadro 16), son bastante aceptables con relación al testigo, en donde fue superado por los cruces mestizos seleccionados entre un 6 - 23 % de heterosis.

En los 3 progenitores evaluados, los mestizos seleccionados superan ampliamente a las respectivas cruzas de la familia del progenitor Per se cruzada con el probador, es decir que a través del proceso se ha logrado identificar genotipos superiores que tienen una mejor expresión de características deseables que el progenitor original.

En total se seleccionaron 20 cruces mestizos superiores que se consideran como una buena base para seguir concentrando homocigosis y utilizar las progenes más avanzadas en futuros proyectos de hibridación. En el Cuadro 17, se presenta los 11 cruces mestizos cuyas líneas endocriadas manifestaron expresiones aceptables tanto para rendimiento como para características agronómicas, comparadas con unas series de testigos que intervinieron en estas evaluaciones. En este cuadro se observa que el híbrido simple Pioneer 3214 fue el testigo con más alto rendimiento con 5.4756

Ton./Ha., sin embargo, aún cuando es una cruce simple de líneas, fue superado por 6 cruces mestizos seleccionados, al segundo mejor testigo fue el híbrido Pioneer 3204 con 4.9450 Ton./Ha. sin embargo, se puede observar que todos los mestizos seleccionados superan a este testigo.

Cuadro 15. Medias de Rendimiento, Nivel de Significancia y Estimación de Aptitud Combinatoria General (A.C.G.) para los 9 Mestizos Seleccionados del Progenitor 26-49 Evaluados en 4 Localidades entre 0 a 1000 mts. S.N.M. de Guatemala, 1985.

Mestizos (Cuy. 85A)	Localidad	RENDIMIENTO EN TON./HA (Ajustado)					A.C.G. Ton./Ha.
		Quesada	Cuyuta	La Máquina	La Virgen	Análisis Combinado Duncan	
4899 * <u>1/</u>		6.0196	6.2332	4.1767	6.6678	5.7992	a 1.2463
4918 * <u>1/</u>		5.5063	4.9998	5.1199	6.9564	5.6463	a 1.0934
4981 * <u>1/</u>		5.0714	5.2087	5.2230	6.5869	5.5351	a 0.9786
4336 * <u>2/</u>		6.2047	5.1463	4.6676	5.6147	5.3902	a 0.8388
4766 * <u>2/</u>		5.0924	5.0924	4.5982	6.2834	5.3909	a 0.8374
4530 * <u>2/</u>		5.5444	4.2770	4.6095	6.2207	5.3117	a 0.7588
4765 <u>2/</u>		5.6171	4.8253	4.6333	5.9500	5.2466	a 0.6937
4441 <u>2/</u>		6.0195	5.0084	3.4091	5.6742	5.0266	a 0.4737
4513 <u>2/</u>		5.4387	4.5787	3.7416	5.9979	4.9682	a 0.4153
\bar{X} Mestizos							
Selec.		5.6609	5.0411	4.4643	6.2836	5.3684	
Testigos							
Pool 21-6							
x 24-214		5.6012	4.4053	3.3202	5.5603	4.7275	
HA - 44		5.7747	3.9214	3.6400	5.0848	4.6302	
26 - 49		5.3692	3.6791	3.9791	4.9874	4.5246	
\bar{X} Mest.							
28 - 239						5.4390	
\bar{X} Mest.							
26 - 49						4.5529	

* = Líneas de los progenitores 28 - 239 y 26 - 49 que se involucraron en estos mestizos, pasarán a formar cruces dialélicas con las líneas de otros progenitores.

1/ Mestizos de líneas del progenitor 28 - 239

2/ Mestizos de líneas del progenitor 26 - 49.

Cuadro 16. Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los 9 Mejores Cruces Mestizos del Progenitor 26 - 49 evaluados en 4 localidades entre 0 a 1000 mets. S.N.M. de Guatemala, 1985.

Mestizos (Cuy. 85 A)	Rendi- miento Ton./Ha.	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS					
		% HA-44	DIAS FLOR	ALTURA (Cms.) PLTA.	MZCA.	% DESC.	MZCAS. POD.
4899 * <u>1/</u>	5.7992	123	57	241	131	9.3	2.9
4918 * <u>1/</u>	5.6463	120	58	229	133	5.0	3.2
4981 * <u>1/</u>	5.5351	118	58	246	146	6.2	5.0
4336 * <u>2/</u>	5.3917	115	57	218	126	3.9	4.8
4766 * <u>2/</u>	5.3903	115	57	223	123	13.7	7.2
4530 * <u>2/</u>	5.3117	113	58	234	134	7.3	5.2
4765 <u>2/</u>	5.2466	112	57	217	118	12.8	7.7
4441 <u>2/</u>	5.0266	107	58	236	134	3.7	3.0
4513 <u>2/</u>	4.9682	106	57	218	117	4.6	5.6
Testigos							
Pool 21 - 6 x							
24 - 2 14	4.7275		57	232	129	11.5	6.6
HA - 44	4.7028	100	58	225	124	7.7	5.5
26 - 49	4.3909		57	222	122	6.7	6.7

* = Líneas de los progenitores 28 - 239 y 26 - 49 que se involucraron en estos mestizos, pasarán a formar cruces dialélicas con las líneas de otros progenitores.

1/ Mestizos de líneas del progenitor 18 - 239

2/ Mestizos de líneas del progenitor 26 - 49

Cuadro 17. Medias de Rendimiento y Características Agronómicas de los Mejores 11 Cruces Mestizos Seleccionados de los Progenitores Pool 21-6; 24-214, 28-239 y 26-49 evaluados en las 4 Localidades entre 0 a 1000 Mts. S.N.M. de Guatemala, 1985.

Mestizos (Cuy. 85 A)	Rendi- miento Ton./Ha.	%/ HA-44	CARACTERISTICAS		AGRONOMICAS		
			DIAS FLOR	ALTURA PLTA.	(Cms.) MZCA.	% MZCAS. DESC.	POD.
2601 (Pool 21-6)	5.8200	124	57	237	126	1.0	3.4
2500 (Pool 21-6)	5.8197	124	58	219	118	6.6	2.9
4899 (28-239)	5.7992	123	57	241	131	9.3	8.4
2531 (Pool 21-6)	5.7704	123	59	238	135	6.0	4.9
4918 (28-239)	5.6463	120	58	229	133	5.0	3.2
4981 (28-239)	5.5351	118	58	246	146	6.2	5.0
4336 (26-49)	5.3917	115	57	218	126	3.9	4.8
4766 (26-49)	5.3903	115	57	228	123	13.7	7.2
4530 (26-49)	5.3117	113	58	234	134	7.3	5.2
2813 (24-214)	5.0260	107	58	232	133	10.6	5.0
Testigos							
PIONEER 3214 (1)	5.4756		58	254	141	13.5	6.1
PIONEER 3204 (2)	4.9450		59	241	138	11.2	11.5
Pool 21-6 x 26-49 (1)	4.9052		58	235	134	6.4	6.3
Pool 21-6 x 24-214(1)	4.7275		57	232	129	11.5	6.6
HA - 28 (2)	4.7070		58	228	132	11.0	7.3
HA - 44 (3)	4.7028	100	58	225	124	7.7	5.5
26-49 x (Pool 21-6 x 24-214) (1)	4.6302		58	234	127	8.7	6.1
26 - 49 (2)	4.3909		57	234	122	6.7	6.7
24-214 x 26-49(1)	4.2017		57	214	113	11.8	3.0
Pool 21-6 (2)	3.9661		59	239	134	3.8	10.0
24-214 (1)	2.9850		58	210	113	12.6	7.6

NOTA: Los números (1), (2), (3) que aparecen en los testigos, indican en cuantos de los 3 ensayos evaluados se incluyó ese testigo, los datos que se presentan en este cuadro de los testigos, son promedios de los ensayos en que se incluyó dicho testigo.

Las líneas que intervinieron en estos 11 mestizos superiores se consideran que ya tienen una concentración de homocigosis como para ser utilizados inmediatamente en la formación de cruzas dialélicas que permita las mejores combinaciones para estructurar un nuevo híbrido con mayor potencial de rendimiento y características agronómicas que el híbrido que sirvió de base que en este estudio fue el híbrido ICTA HA-44.

Haciendo un balance de la discusión puede inferirse que en general se tiene más posibilidades de encontrar mejores líneas endogámicas cuando la fuente de variabilidad es bastante amplia, Moll et. al. (1965) citado por Velásquez (17) indica que la mayor expresión de heterosis se manifestó entre cruzas de progenitores de mayor divergencia genética. East y Hayes (1942) citados por Jugenheimer (10) dicen que, entre mayor sea el número de genes por el cual una planta es heterocigota, mayor será su heterosis, entonces de acuerdo con Zirkle (1952) citado por Jungeheimer (10), quien resumió lo que es vigor híbrido, dice que no todas las variedades (líneas) endocriadas producen la misma cantidad de vigor cuando se cruzan; algunos cruzamientos son bastantes mas efectivos que otras cruzas.

D. Estimación de Heredabilidad:

En el Cuadro 18, se presenta la varianza fenotípica (σ_P^2) y sus componentes: varianza genética (σ_g^2); varianza genética ambiental (σ_{ge}^2) y varianza ambiental (σ_e^2), para la variable rendimiento a nivel de análisis combinado de los mestizos evaluados, no se calculó la heredabilidad en el sentido estrecho (h^2), porque el diseño utilizado no permite estimar los componentes de la varianza genética.

De acuerdo con Velásquez (17), dice que la heredabilidad en el sentido amplio específico la proporción de la variabilidad total que es debida a causas genéticas. Por lo tanto se puede decir que la heredabilidad en el sentido amplio para los 3 progenitores es aceptable y dichas líneas seleccionadas son confiables para poderse hibridar.

Cuadro 18. Componentes de Varianza Fenotípica y Estimación de Heredabilidad en el Sentido Amplio (H^2) para el Análisis Combinado en los Mestizos de los Progenitores Evaluados.

Progenitor	σ_g^2	σ_e^2	σ_{ge}^2	σ_p^2	$\%H^2$
Pool 21 - 6	0.1206	0.3204	0.1042	0.1738	69.39
24-214	0.0432	0.2430	0.0799	0.0936	46.15
26-49	0.1754	0.2376	0.0527	0.2312	75.87

VI. CONCLUSIONES

1. Los estadísticos estimados en los análisis de varianza combinados mostraron una alta diferencia significativa para las fuentes de variación de tratamientos y localidades por tratamiento, para los tres grupos de mestizos.
2. Los cruces mestizos del Pool 21-6 y 26-49 fueron los que mayor potencial de rendimiento y A.C.G. mostraron, mientras que los cruces mestizos del 24-214 fueron de menor rendimiento y A.C.G.
3. Los tres grupos de mestizos evaluados, presentaron su mayor potencial de rendimiento en la localidad de La Virgen, siguiéndole la localidad de Quesada, mientras que las localidades de Cuyuta y La Máquina fueron similares.
4. Los cruces mestizos del Pool 21-6 fueron superiores en las localidades de La Virgen, Quesada y La Máquina, mientras que el progenitor 26-49 fue superior en la localidad de Cuyuta.
5. Los mejores cruces mestizos del Pool 21-6; 26-49 y 24-214 superaron en rendimiento y características agronómicas en general a la cruce 21-6 X 24-214 y (21-6 x 24-214) X 26-49 que es la contraparte formada con sus progenitores de familias, produciéndose nuevas combinaciones híbridas superiores a las originales.
6. En general, los 11 cruces mestizos seleccionados superaron en rendimiento y características agronómicas a todos los testigos comerciales que se incluyeron en el estudio.

7. Las líneas involucradas en estos cruces mestizos se consideran ya como una buena fuente para realizar cruzas dialélicas que permita obtener información para estructurar a corto plazo un nuevo híbrido mejorado con mayor potencial de rendimiento y mejores características agronómicas, que sustituya a variedades que existen en el mercado.

8. La heredabilidad en el sentido amplio para la variable rendimiento en el progenitor Pool 21-6 fue de 69.39 %, para el 24-214 de 46.15 % y para el 26-49 de 75.87 %, lo cual nos proporciona una varianza genética bastante aceptable para los tres grupos de mestizos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Que se estudie el comportamiento de las 11 líneas seleccionadas para su aptitud combinatoria específica.
2. Que se evalúe todas las cruzas simples posibles de las líneas seleccionadas en las posibles localidades para poder detectar las cruzas compatibles para la variedad sintética.
3. Las 20 líneas endocriadas seleccionadas que son superiores que se lleven a generaciones avanzadas de homocigosis y utilizarlas en futuros proyectos de hibridación.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLAR, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Trad. de la ed. en inglés por José L. Montoya. España, Omega. 498 p.
2. CIMMYT (MEX.). PROGRAMA DE MAIZ. 1981. Investigación y producción de maíz en Guatemala. México D.F. 15 p.
3. COCHRAN, W.C.; COX, G.M. 1978. Diseños experimentales. Trad. de la 2 ed. en inglés por el Colegio de Post-Graduados. Chapingo, Méx., Trillas. 651 p.
4. CORDOVA R., H.S. et. al. 1980. Heterosis del rendimiento y aptitud combinatoria de líneas y familias de hermanos completos de maíz (*Zea mays* L.). In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (26., 1980, Guatemala). Memoria. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. v. 2, p. irr.
5. DARDON, M.A. 1980. Aptitud combinatoria general y específica de 10 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Mag. Sc. México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 66 p.
6. -----, et. al. 1984. Estimación de aptitud combinatoria y heterosis de líneas derivadas de progenitores híbridos. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (30., 1984, Nicaragua). Resúmenes. Nicaragua, Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. p 16.
7. FALCONER, D.S. 1984. Introducción a la genética cuantitativa. Trad. de la ed. en inglés por Fidel Márquez Sánchez. México, Continental. 430 p.
8. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1983. Programa de mejoramiento y producción de maíz; informe técnico. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 197 p.
9. -----, INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDRAULICA. 1984. Datos meteorológicos. Guatemala. 213 p.
10. JUGENHEIMER, R.W. 1984. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Trad. del Inglés por Piña García. México, Limusa. 430 p.
11. PANSE, V.C.; SUKHATME, P.V. 1963. Métodos estadísticos para investigadores agrícolas. Trad. de la 2 ed. en inglés por A.M. Flores y M.G. Lomeli. México, Fondo de la Cultura Económica. 344 p.

12. PEREZ DUVERGE, V.C.; FRANJUL, C.A. 1983. Análisis de habilidad combinatoria en cruzamiento dialélico con ocho líneas de maíz. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (29., 1983, Panamá). Resúmenes. Panamá, Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá. v. 1, p. irr.
13. POEHLMAN, J.M. 1979. Mejoramiento genético de las cosechas. México, Limusa. p. 41-70, 263-298.
14. POEY, F. et.al. 1979. Conceptos teóricos que respaldan los programas de mejoramiento genético de maíz. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 96 p.
15. QUEME DE LEON, J.L. 1982. Determinación de aptitud combinatoria general y específica para rendimiento de seis progenitores de híbridos de maíz (Zea mays L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 64 p.
16. STANFIELD, W.D. 1984. Genética, teoría y problemas resueltos. México, Mc Graw-Hill: p. 233-275.
17. VELASQUEZ, R. 1978. Formación de híbridos simples en base a familias de hermanos completos, provenientes de diferentes poblaciones de maíz (Zea mays L.). Tesis Mag. Sc. Chapingo, Méx., Colegio de Post Graduados. 84 p.

Vo. Bo.
Patuella



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Centro de
Investigación y
Desarrollo
1980
FACULTAD DE AGRONOMIA