

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EXPRESION DE HETEROSIS EN
CRUZAS INTERVARIETALES DE
MAICES AMARILLOS TROPICALES

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

GREGORIO JACOB SOTO GUEVARA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1979

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

R
01
T(419)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR
Lic. Saúl Osorio Paz

**JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 2o.:	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 3o.:	Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.
Vocal 4o.:	Br. Juan Miguel Irías
Vocal 5o.:	Br. Giovanni Reyes
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador:	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador:	Ing. Agr. Oscar González
Examinador:	Ing. Agr. Oslec Rojas
Secretario:	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio "El Cortez", 2o. y 3er. Niveles
Teléfonos 321985 - 310581 - 67935
Guatemala, C.A.

11 de junio de 1979

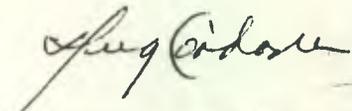
Señor Ing. Rodolfo Estrada
Decano de la Facultad de Agronomía
Presente

Señor Decano:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para manifestarle que en cumplimiento de lo resuelto por la Honorable Junta Directiva de esa facultad, he brindado al Ingeniero Agrónomo Infieri, Gregorio Jacob Soto Guevara, la asesoría necesaria para su trabajo de tesis titulada: "EXPRESION DE HETEROSIS EN CRUZAS INTERVARIETALES DE MAICES AMARILLOS TROPICALES".

Habiendo revisado el mencionado trabajo lo considero una buena aportación a la investigación agrícola y ajustado a los principios técnicos y dada mi aprobación.

Atentamente,



Hugo S. Chel
GENETISTA PROGRAMA DE MAIZ
Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas

SECTOR PUBLICO AGRICOLA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

5a. Av. 12-31, Zona 9 - Edificio "El Cortez", 2o. y 3er. Niveles
Teléfonos 321985 - 310581 - 67935
Guatemala, C. A.

Jutiapa,
8 de junio de 1979

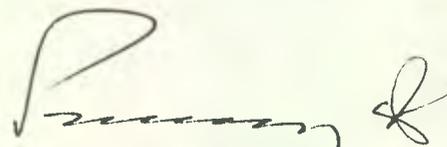
SEÑOR DECANO DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
P R E S E N T E.

SEÑOR DECANO:

En cumplimiento a la designación que se me hiciera para asesorar al P.A. GREGORIO JACOBO SOTO GUEVARA en la ejecución de su trabajo de Tesis de grado titulado "EXPRESION DE HETEROSIS EN CRUZAS INTERVARIETALES DE MAICES AMARILLOS TROPICALES"

Considero que esta Tesis ha sido ejecutada de acuerdo al método científico y a los procedimientos actualmente utilizados en el mejoramiento de maíz, cumpliendo con los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel superior. Recomiendo en consecuencia que sea aceptada para su discusión en el Exámen General Público que el autor debe sostener en el acto de Graduación.

Sin otro particular le reitero mis muestras de consideración y aprecio,



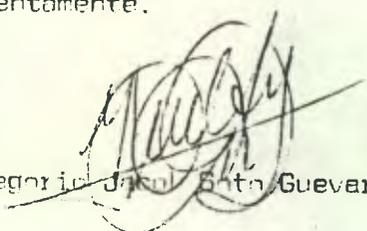
DR. PORFIRIO N. MASAYA S.

Guatemala, 11 de junio de 1979

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento de las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, sobre a su consideración el trabajo de tesis intitulado: EXPRESION DE HETEROSIS EN CRUZAS INTERVARIETALES DE MAICES AMARILLOS TROPICALES; como requisito a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente.


Gregorio Jacinto Guevara

DEDICO ESTE ACTO

A MIS PADRES:

Gregorio Soto Méndez
Carmen Guevara de Soto
A sus esfuerzos debo lo que soy

A MI ESPOSA:

María del Carmen

A MIS HIJAS:

María Gabriela
Claudia Paula

A MIS HERMANOS:

María Esperanza, José Francisco, Luis y Marta Luz

A LOS SEÑORES:

Peter C. Wright
Jeanne Wright
Por su valiosa ayuda

A LOS MAESTROS:

Hugo Cardona
Federico Poey

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Hugo Salvador Córdova Orellana, por su ayuda constante en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Porfirio Masaya, por su colaboración y guía en el trabajo de Tesis.

Al Dr. Federico Poey, por su ayuda incondicional en mi superación profesional.

Al Dr. Peter C. Wright y señora Jeanne Wright por su valiosa ayuda en el trayecto de mis estudios.

INDICE:

1.	Introducción	1
1.1	Objetivo	
1.2	Hipótesis	
2.	Revisión de Literatura	3
3.	Materiales y Métodos	10
3.1	Material Genético	
3.2	Ensayos de Rendimiento	
3.3	Sitios Experimentales	
3.4	Manejo de los Experimentos	
3.5	Análisis Estadístico	
4.	Resultados	25
4.1	Análisis de Rendimiento	
4.2	Análisis Combinado	
4.3	Análisis de Estabilidad	
4.4	Análisis de Heterosis	
5.	Discusión	35
6.	Conclusiones y Recomendaciones	37
7.	Bibliografía	38

1. INTRODUCCION

El maíz es el alimento más importante en la dieta de la población guatemalteca. Según investigaciones del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), constituye el 45 y 60% de ingesta diaria de proteínas y calorías respectivamente. (17).

Es el cereal que mas se cultiva en Guatemala pues en 1977 por ejemplo, se le dedicó 6000,000 hectáreas con un rendimiento promedio de 1.15 toneladas por hectárea. (10)

A pesar del área tan elevada de cultivo, los rendimientos bajos obtenidos no permiten satisfacer la demanda nacional en forma permanente. Dichos rendimientos se deben a una diversidad de causas; uso limitado de semillas mejoradas, prácticas culturales inadecuadas é incidencia de plagas y enfermedades. (14).

La investigación para mejorar el cultivo de maíz es motivo de preocupación constante de los fitomejoradores; su trabajo lo orientan en buscar nuevos métodos de mejoramiento y aplicar las metodologías existentes para formar variedades mejoradas a corto plazo.

Las cruzas intervarietales constituyen una posibilidad para incrementar el rendimiento; su metodología es rápida, eficiente y en Guatemala se han

obtenido resultados satisfactorios con este tipo de cruzas. Esta investigación se plantea con el siguiente objetivo e hipótesis:

1.1 OBJETIVO

Evaluar la heterosis expresada en la aptitud combinatoria general y específica en cruzas intervarietales de diferente origen genético en maíces tropicales amarillos, con relación al rendimiento de grano y altura de planta.

1.2 HIPOTESIS

1.2.1 Existe suficiente variabilidad genética entre las variedades estudiadas que permite una expresión significativa del rendimiento de grano en relación al progenitor más rendidor.

1.2.2 La selección previamente realizada en las variedades estudiadas ha concentrado las frecuencias génicas que controlan aditivamente la altura de planta y mazorca.

2. REVISION DE LITERATURA

Brauer (1969), considera que es de mucha importancia aplicar la fitogenética en forma práctica con el fin de lograr una mayor productividad, al obtener plantas más eficientes que aprovechen mejor el agua, los fertilizantes y que tengan más tolerancia a factores externos adversos.

En el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas ICTA, las principales investigaciones en la producción de semillas de maíz, están orientadas a obtener variedades de libre polinización e híbridos; estos dos tipos de semillas ofrecen ventajas dependiendo del sistema de producción que se está empleando en la explotación comercial del cultivo. (10)

La metodología empleada para la formación de variedades de libre polinización es seleccionar y evaluar familias de poblaciones de reconocido potencial de rendimiento y alternar ciclos de recombinación de los materiales seleccionados y evaluados. Paralelamente se están formando variedades sintéticas en base a recombinación de cruza simples de familias o líneas provenientes de los esquemas de formación de híbridos. (11)

En cuanto a la formación de híbridos se utilizan procesos de endogamia lenta durante los cuales se trata de fijar y aumentar las frecuencias génicas que contribuyen al rendimiento y adaptabilidad; luego se forman los híbridos a partir de líneas endogámicas; otro tipo de híbridos son los formados por familias y variedades o la combinación de estas estructuras poblacionales. (10)

Los híbridos intervarietales son aquellos resultantes de la unión de dos variedades de polinización libre que previamente han sido evaluadas y seleccionadas por sus características sobresalientes de producción y tipo de planta; por ejemplo el híbrido ICTA TROPICAL 101 resulta de la unión de las variedades ICTA B1 y ETO BLANCO.

Complementario al fenómeno de depresión por endogamia, está el vigor híbrido o heterosis. Cuando se cruzan líneas endogámicas, la progenie muestra un incremento en aquellos caracteres que previamente sufrieron depresión por endogamia (6). En términos generales, la pérdida de vigor sufrido por endogamia tiende a ser restaurada en el cruzamiento. Por ejemplo, una población subdividida en el cruzamiento de muchas líneas al azar, el coeficiente de endogamia, promedio en la progenie resultante, regresa al valor que tenía en la población base. Se espera que la heterosis, al hacer cruzamientos, contrarreste la depresión por endogamia. Es más, si la población persiste mediante el apareamiento aleatorio en la generación siguiente a la cruce y generaciones subsecuentes, el coeficiente de endogamia permanecerá sin alterarse y se espera que la media de la población permanezca al mismo nivel de la población base. Partiendo de lo anterior se puede hacer la siguiente generalización: que en ausencia de selección no se espera que la endogamia seguida por el cruzamiento de líneas produzca un cambio permanente en la media de la población.

Sin embargo, en la práctica se hace selección ya que sólo interesan las combinaciones que más superan al progenitor de más rendimiento y con este obje-

to se han diseñado los esquemas de identificación de aptitud combinatoria general y específica que dan lugar a la selección de los cruzamientos más rendidores.

EXPLICACION DE LA HETEROSIS (6): El vigor híbrido se encuentra asociado al estado heterocigoto. Se pueden citar dos alternativas para explicar la teoría genética de la heterosis:

Interacción de alelos: Se ha propuesto que la heterocigosis per se es esencial para la heterosis. En este caso para un solo locus donde hay dos alelos A y a, la combinación heterocigótica Aa es superior a cualquiera de los posibles homocigotos AA y aa. Los alelos producen efectos distintos y la interacción entre ellos produce mayor vigor que el de los productos sencillos de los alelos en estado homocigoto. Este concepto es el de sobredominancia o super-dominancia.

Interacción de diferentes genes dominantes: La endogamia conduce a la homocigosis y los recesivos desfavorables están sujetos a eliminación mediante selección natural. Si se hace un cruzamiento entre líneas de maíz endogámicas no emparentadas, van a diferir entre sí en los alelos en varios loci; por ejemplo si se designan 5 loci, un cruzamiento hipotético sería:

Línea pura I	Línea pura II
aa BB CC dd EE	AA bb CC DD ee
x	
F ₁ — Aa Bb CC Dd Ee	

Incluso, si los diferentes alelos recesivos son ligeramente desfavorables - por falta de vigor, el híbrido, al tener alelos dominantes relativamente favorables en los loci diferentes que cualquier línea pura, deberá ser más vigoroso que las - líneas paternas.

Actualmente se piensa que ambos sistemas pueden operar simultáneamente y que tanto la interacción intra alélica, como un complejo de genes dominantes ligados, pueden explicar la heterosis.

Marquez (1970), citado por Salguero (14) considera que una vez que se ha seguido un sistema de mejoramiento, en donde la selección que se ha llevado a cabo tiene como fin reducir al mínimo los efectos de la interacción genotipo-ambiente, el material que se obtenga no se puede recomendar en forma inmediata. Dice - el mismo autor, que deberá hacerse una selección posterior más exigente por medio de la cual se definan aquellos materiales que revistan realmente una superioridad - sobresaliente, así como las indicadas para cada condición específica, ya sea am-biental, social o económica. Todo lo anterior, concluye dicho autor, se logra a - través de un proceso de experimentación agrícola que incluya entre otros: siembra de ensayos uniformes y replicados para comparar el comportamiento de las varie-dades o materiales experimentales.

La replicación de experimentos en varias localidades es de suma importan-cia para determinar cómo responden los materiales evaluados en diferentes ambientes. En relación a lo dicho anteriormente Córdova (1975), citado por Salguero - (14), considera que si el medio ambiente ejerciera sólo una poca influencia sobre el comportamiento de los materiales evaluados, no sería necesario conducir expe

rimentos en varias localidades o años; un solo ambiente proveería la información adecuada del rango de adaptación de dichos materiales. Las pruebas de comportamiento cuando se analizan de la manera convencional, ofrecen la información sobre la interacción genotipo-ambiente; pero no dan una medida de la estabilidad de los materiales evaluados.

Camacho (1968), citado por Salguero (14), al referirse a este aspecto nos dice que: la contribución del ambiente a la expresión fenotípica de un carácter, es un factor que requiere cuidadosa atención de parte del fitomejorador, pues cuando la contribución ambiental representa una proporción considerable del valor fenotípico, el efecto de la selección se reduce y el progreso del mejoramiento resulta lento: bajo esta circunstancia, individuos que exhiben características promisorias en determinado ambiente pueden resultar inadecuados en un ambiente diferente.

Eberhart y Russel (1966), citados por Córdova (3), investigaron estabilidad de diferentes cruzamientos simples y triples en maíz, estableciendo un modelo estadístico que permite estimar no sólo el coeficiente de regresión o del modelo lineal, lo cual constituye otro parámetro de estabilidad.

El modelo mencionado define los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de las variedades sobre una serie de ambientes. Dicho modelo es el siguiente:

$$Y_{ij} = U_i + B_i I_j + D_i J$$

En donde:

Y_{ij} = es la media varietal de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente.

U_i = la media de la i -ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad a los diferentes ambientes.

I_j = Índice ambiental obtenido con la media de todas las variedades en el J -ésimo ambiente menos la media Gral.

D_{ij} = La desviación de regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente.

La variabilidad genética entre progenitores es muy importante en la formación de híbridos (2), habiéndose reportado valores de heterosis de 21 a 39o/o para cruzamientos involucrando variedades de Estados Unidos y Puerto Rico, en tanto que la heterosis entre variedades locales fue solamente de 9-22o/o (Moll, et al - 1962).

Cruzamientos de las variedades tropicales ETO por Tuxpeño han demostrado también heterosis de 5 a 30o/o y Córdova (1977), reportó también heterosis de 5 a 30o/o de esta cruce intervarietal (ICTA T-101), además de superar a los criollos locales en 41o/o y en 11o/o al híbrido comercial X-304-A.

Wellhausen (1965), señaló buen potencial para el mejoramiento de maíz en la faja maicera de Estados Unidos, al introducir germoplasma exótico. La introducción de este tipo de germoplasma es potencialmente importante para aumentar la variabilidad en los programas de mejoramiento y asegurar la heterosis debida a la diversidad genética. Goodman (1965), demostró que las estimas de la varianza genética para rendimiento del compuesto de "Índias Occidentales" fue considerablemente más grande que el caso de compuestos de la faja maicera de Estados Unidos.

Moll et al (1965), han demostrado que la heterosis aumenta al aumentar la diversidad genética dentro de ciertos límites. Cruzas entre materiales extremadamente divergentes resultan en disminución de heterosis.

Troyer y Hallauer (1968), obtuvieron altos valores de heterosis entre variedades extremadamente cristalinas colectadas en diferentes áreas del hemisferio norte.

Griffin y Lindstrom (1954), demostraron en híbridos formados parcial o completamente con líneas conteniendo gemoplasma exótico pueden superar en rendimiento a los híbridos formados con líneas derivadas de fuentes adaptadas.

Moll, Salhuana y Robinson (1962), han demostrado gran heterosis entre materiales de Centro y Sur-América. Los niveles observados de heterosis para rendimiento de grano han estado generalmente asociados con el grado de diversidad genética.

De lo anterior se saca a conclusión que mientras los materiales están más emparentados menos será la expresión de heterosis en sus cruzas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIAL GENETICO

En este estudio se usaron las 15 cruzas posibles de 6 variedades de maíz de grano amarillo, las cuales fueron también incluidas.

Las 6 variedades que dieron origen a dichas cruzas son principalmente provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) - cuyos datos descriptivos se presentan en el cuadro 1.

CUADRO 1 Identificación de los progenitores que dieron origen a las cruzas intervarietales.

<u>PROGENITOR</u>	<u>ORIGEN</u>	
ICTA A-2	Sintético de 6 líneas serie cristalina.	Guatemala
TOCUMEN 7428	Amarillo dentado (población 28)	CIMMYT
TOCUMEN 7427	Amarillo cristalino (población 27)	"
ACROSS 7524	Antigua Amarillo x Veracruz (población 24)	"
ACROSS 7526	Mezcla Amarilla (población 26)	"
ACROSS 7535	Antigua x República Dominicana (población 35)	"

3.2 ENSAYOS DE RENDIMIENTO

Las cruzas logradas y sus progenitores más un testigo comercial fueron evaluados en ensayos de rendimiento en tres localidades. En el cuadro 2 se presentan los posibles cruzamientos y testigo usados en este estudio.

CUADRO 2 IDENTIFICACION DE LOS GENOTIPOS UTILIZADOS EN EL PRE-
SENTE ESTUDIO.

ICTA A-2	X	ACROSS	7524
ICTA A-2	X	ACROSS	7526
ICTA A-2	X	TOCUMEN	7427
ICTA A-2	X	TOCUMEN	7428
ICTA A-2	X	ACROSS	7535
ACROSS 7524	X	ACROSS	7526
ACROSS 7524	X	TOCUMEN	7427
ACROSS 7524	X	TOCUMEN	7428
ACROSS 7524	X	ACROSS	7535
ACROSS 7526	X	TOCUMEN	7427
ACROSS 7526	X	TOCUMEN	7428
ACROSS 7526	X	ACROSS	7535
TOCUMEN 7427	X	TOCUMEN	7428
TOCUMEN 7427	X	ACROSS	7535
TOCUMEN 7428	X	ACROSS	7535

ICTA A-2
ACROSS 7524
ACROSS 7526
TOCUMEN 7427
TOCUMEN 7428
ACROSS 7535
X-306-B (Testigo Comercial)

3.3 SITIOS EXPERIMENTALES

Los 3 sitios experimentales donde se llevó a cabo el presente estudio fueron: Jutiapa, Cuyuta y la Máquina. En cada sitio experimental se tomaron muestras de suelo para determinar pH, P, K, Ca, y Mg. Los resultados de estos análisis se presentan en el cuadro 3.

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala, realizada por Simons et al (1959), los suelos de los sitios experimentales corresponden a las series cuyas características se muestran en el cuadro 4.

De acuerdo a la clasificación ecológica de Guatemala, propuesta por Holdridge (1958), Jutiapa corresponde a zona sub-tropical seca, Cuyuta y la Máquina a zona tropical seca.

En el cuadro 5 se describe la altura en metros sobre el nivel del mar, precipitación promedio y temperatura máxima, media y mínima de los 3 sitios experimentales.

CUADRO 3. Características químicas de los suelos de los sitios experimentales.

Localidad	pH	ug/ml *		Meq/100 ml *	
		P	K	Ca	Mg
Jutiapa	5.0	13	160	4.8	1.8
Cuyuta	5.5	18	225	8.2	3.5
La Máquina	5.6	16	245	10.2	3.8

* Determinado con HCl-.05N-H₂SO₄.025N. Suelo/Sol. 1: 5.

CUADRO 4. Clasificación de reconocimiento y características de los suelos de los sitios experimentales

Localidad	Serie	Color	Textura	Fertilidad	Capacidad Abastecimiento Humedad.
Jutiapa	Culma	café oscuro	Franco Arcilloso	Moderada	Alta
Cuyuta	Tecoiate	Gris muy oscuro	Franco Arcilloso	Alta	Mediana
La Máquina	Ixtan-Arcilla	Café Oscuro	Arcilloso	Alta	Alta

CUADRO 5. Características climáticas de los sitios experimentales.

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altura MSNM	PP Media anual	Temperatura		
					Max.	Med.	Min.
Jutiapa	14° 16'	90° 02'	900	1093	25	22	18
Cuyuta	14° 17'	90° 50'	130	2255	37	30	24
La Máquina	14° 23'	91° 35'	100	1860	35	27	20

3.4 MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS

3.4.1 Preparación del suelo.

Esta actividad consistió en arado de discos, dos pasos de rastra y surqueado a 0.90 metros entre surcos. Con el fin de controlar plagas del suelo se incorporó volatón granulado con el segundo paso de rastra a razón de 68 kilogramos por hectárea.

3.4.2 Siembra

Los experimentos fueron sembrados el 25 de mayo en Cuyuta, 30 de mayo en La Máquina y el 9 de junio en Jutiapa. Se utilizó una distancia entre plantas de 0.50 metros, se sembró 3 semillas por postura con un raleo posterior a dos --

plantas. La parcela bruta fue de 4 surcos de 5 metros de largo y la neta se tomó los dos centrales.

3.4.3 Fertilización.

Se hizo una aplicación total de 100 kilogramos de nitrógeno y 40 kilogramos de anhídrido fosfórico por hectárea, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: al momento de la siembra se utilizó fertilizante de fórmula comercial 20-20-0, a razón de 40 kilogramos de nitrógeno y 40 de anhídrido fosfórico, una segunda aplicación de urea a razón de 30 kilos de nitrógeno, aplicados al pie de la mata 25 días después de la siembra y una tercera aplicación de igual cantidad de urea 50 días después de la siembra.

3.4.4 Control de malas hierbas y plagas.

Se realizaron 2 limpiezas, la primera a los 25 días y la segunda a los 50 días después de la siembra.

La plaga que se controló fue gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), a los 15 días después de la siembra se aplicó Lannate polvo humectable al 90% de material activo a razón de 0.226 kilos por hectárea y una segunda aplicación con volatón granulado a los 35 días después de la siembra a razón de 15 kilos por hectárea.

3.4.5 Cosecha.

Se realizó entre 110 y 120 días después de la siembra e inmediatamente se determinó la humedad del grano para estimar posteriormente los rendimientos en -

kilogramos por hectárea, en base a una humedad uniforme del 150/o.

3.5. ANALISIS ESTADISTICO

3.5.1 Diseño experimental.

Los materiales se ordenaron en un diseño experimental de bloques al azar - con 4 repeticiones por localidad.

El modelo estadístico para bloques al azar es el siguiente:

$$X_{ij} = M + V_i + R_j + E_{ij}$$

En donde:

$i = 1, 2, \dots, V$: $V =$ número de variedades

$j = 1, 2, \dots, r$: $r =$ número de repeticiones

$X_{ij} =$ Valor del carácter estudiado en este estudio en la i -ésima variedad y la j -ésima repetición.

$M =$ Media general del carácter.

$V_i =$ efecto de i -ésima variedad

$R_j =$ efecto de j -ésima repetición

$E_{ij} =$ efectos aleatorios asociados a la ij -ésima observación.

En el cuadro 6 se muestra el análisis de varianza para bloques al azar con " r " repeticiones y " V " variedades.

CUADRO 6. Análisis de varianza para el diseño de bloques al azar.

F, V.	G. L.	Esperanza de cuadros medios
Repeticiones	$r-1$	$\frac{\sigma_e^2}{r}$
Tratamientos	$V-1$	$\sigma_e^2 + r\sigma_v^2$
Error	$(r-1)(V-1)$	σ_e^2

$r =$ repeticiones $V =$ variedades.

3.5.2 Comparación múltiple de medias.

Este análisis se utilizó para hacer la comparación de medias cuando el análisis de varianza demostró diferencias estadísticas significativas. La prueba que se usó fue la comparación múltiple de Duncan.

El error estándar se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\text{erro estándar } \bar{S}\bar{X} = \sqrt{\frac{\text{C.M.E.}}{r}}$$

en donde:

C.M.E. = cuadrado medio del error.

r = número de repeticiones.

La diferencia mínima significativa se obtuvo al multiplicar el error estándar por el riesgo mínimo promedio, de esta forma se ve el comportamiento de cada variedad sobre los demás a un nivel de significancia del 5% de probabilidad.

3.5.3 Análisis combinado.

El fin de este análisis fue para determinar la interacción de cada material experimental a través de las 3 localidades.

Dicho análisis se efectuó como un diseño experimental de bloques al azar, cuyo modelo de efectos aleatorios es el siguiente:

$$X_{ijk} = M + V_i + L_k + R_i(K) + (VL)_{ik} + E_{ijk}$$

X_{ijk} = Valor del carácter estudiado de la parcela en la i -ésima variedad, en la j -ésima repetición y la k -ésima localidad.

M = Media general del carácter.

$V_i =$ Efecto de la i -ésima variedad.

$L_k =$ Efecto de la k -ésima localidad.

$R_j(K) =$ Efecto de la j -ésima repetición dentro de la k -ésima localidad.

$VL_{ik} =$ Efecto de la ik -ésima observación asociada a la interacción variedad por localidad.

$E_{ijk} =$ Efecto aleatorio asociado a la ijk -ésima observación.

$i = 1, 2, \dots, v$: $V =$ número de variedades

$j = 1, 2, \dots, r$: $r =$ número de repeticiones

$k = 1, 2, \dots, k$: $K =$ número de localidades.

En el cuadro 7 aparece el análisis de varianza combinado que se utilizó para el modelo descrito anteriormente.

CUADRO 7. Análisis de varianza combinado bajo un diseño de bloques al azar

F.V.	G.L.	Esperanza cuadros Medios
Localidad	$L-1$	
Rep (Loc)	$L(r-1)$	
Variedades	$V-1$	$\sqrt{\frac{e^2}{e^{2L}}}$
Var X Loc	$(V-1)(L-1)$	$+ r \sqrt{\frac{VL^2}{VL^2}}$
Error	$L(r-1)(V-1)$	$+ rL \sqrt{V^2}$

Al realizar el análisis anterior se encontró diferencias significativas entre medias por lo que se procedió a realizar la comparación múltiple de medias de rendimiento. En este caso se usó la prueba de Tukey, con el fin de obtener un nivel de protección más alto. Steel y Torrie (1960), describieron este procedimiento de prueba, en el cual se tiene que calcular W , que constituye la mínima diferencia significativa honesta.

La DMS de Tukey (W), se calculó en la siguiente forma:

$$W = q(p, nz)S\bar{X}$$

En donde:

W = Valor utilizado para probar la significancia de la diferencia observada entre medias de rendimiento.

F_{α} = Valor obtenido en las tablas en base a p y nz

p = Número de tratamientos

nz = Grados de libertad del error

$S\bar{X}$ = Error estandar de la media = $\sqrt{CME/r}$

3.5.4 Parámetros de estabilidad.

Con el objeto de estimar el efecto ambiental sobre los rendimientos de los materiales experimentales se estimaron los parámetros de estabilidad aplicando el modelo estadístico propuesto por Eberhart y Russel (1966), a las medias de rendimiento de los diferentes materiales experimentales. Cada sitio experimental se consideró como un ambiente.

El modelo antes mencionado es el siguiente:

$$y_{ij} = U_i + B_i I_j + j + S_{ij}$$

en donde:

y_{ij} = Es la media del carácter de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente ($i = 1, 2, \dots, v$; $j = 1, 2, \dots, n$)

U_i = La media de la i -ésima variedad a través de todos los ambientes.

B_i = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la variedad i en varios ambientes.

I_j = Índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j -ésimo ambiente menos la media general.

- S_{ij} — Desviaciones de regresión de la variedad i en el ambiente j . Mediante este modelo se divide la interacción genotipo por ambiente en dos partes:
- La variación debida a la respuesta del material experimental a los diferentes índices ambientales (sumas de cuadrados de regresión).
 - Las desviaciones inexplicables de la regresión sobre los índices ambientales. En el cuadro 8 se muestra el análisis de varianza utilizado.

Pruebas de Significancia:

- La significancia de las diferencias entre medias varietales (hipótesis nula, -- $H_0 = V_1 = V_2 = \dots V_v$), se efectuó mediante la prueba de F.

$$F_c = CM_1/CM_2$$
- La hipótesis de que no hay diferencias genéticas entre las variedades para su regresión sobre los índices ambientales se efectuó mediante la siguiente prueba de F:

$$F_c = CM_2/CM_3$$
- La hipótesis (H_0) de que las desviaciones de regresión para cada variedad son estadísticamente iguales a cero se prueba mediante una prueba de F:

$$F_c = \frac{\sum_i d_{ij}^2}{n-2/\text{error ponderado}}.$$

En donde:

$\sum_i d_{ij}^2$ = Sumas de cuadrados de las desviaciones de regresión para cada una de las variedades.

n = Número de ambientes.

- La hipótesis de que los coeficientes de regresión son estadísticamente iguales a 1 se efectúa mediante una prueba de t .

$$t_c = \frac{B_i - 1}{\text{CMEC}/I_i^2}$$

en donde:

B_i = coeficiente de regresión

CMEC = cuadrado medio del error ponderado

I_i^2 = suma de cuadrados de los índices ambientales.

El comportamiento de cada variedad o material experimental se predijo mediante los estimadores de los parámetros V_i y B_i como:

$$Y_{ij} = V_i + B_i I_i$$

en donde:

V_i = rendimiento promedio de variedad

B_i = coeficiente de regresión

I_i = índice ambiental.

CUADRO 8. Análisis de varianza utilizado para la estimación de los parámetros de estabilidad

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	C.M.
Total	NV-1	$\sum_{ij} \sum_{ii} Y_{ij}^2 - F. C.$	
Variedades (V)	V-1	$1/2 \sum_i Y_i^2 - F. C.$	CM ₁
Ambiente (A)	n-1 V(n-1)	$\sum_{ij} \sum_{ii} Y_{ij}^2 - \sum_i Y_i^2 / n$	
Vars. X Ambs.	(V-1) (n-1)		
Ambiente (lineal)	1	$1/2 (\sum_i Y_{i1})^2 / \sum_{ii} 1^2$	
Vars. X Ambs. (lineal)	V-1	$\sum_i (\sum_{ij} Y_{ij} 1_i)^2 / \sum_{ii} 1_i^2 -$ S.C.A. (lineal)	CM ₂
Desv. Ponderadas	V(n-2)	$\sum_{ii} \sum_{ij} \delta_{ij}^2$	CM ₃
Variedad 1	n-2	$(\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{ij} Y_{ij})^2}{n}) -$	
Variedad V	n-2	$(\sum_{ij} Y_{ij} 1_i)^2 / \sum_{ii} 1_i^2 -$ $(\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{n}) -$	
Error ponderado	n(r-1)(V-1)	$(\sum_{ij} Y_{ij} 1_i)^2 / \sum_{ii} 1_i^2$	

Para calcular el cuadrado medio del error ponderado se empleó la fórmula

siguiente:

$$S_e^2/r = CMEC = \frac{\sum_{k=1}^n SCEK}{n} / r$$

en donde

CMEC = cuadrado medio del error ponderado

SCEK = suma de cuadrados individuales de cada experimento

n = sumatoria general de grados de libertad - Vars. X Reps. X Locs.

r = repeticiones en cada experimento.

El coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión fueron los parámetros utilizados de acuerdo a Carballo y Márquez (1970); éstos se ilustran en el cuadro 9.

CUADRO 9. Interpretación de los parámetros de estabilidad según Carballo y Márquez (1970).

Coeficiente regresión	Desviaciones regresión	Descripción de la variedad
$B_i =$	$S^2_{di} = 0$	Variedad estable
$B_i = 1$	$S^2_{di} = 0$	Buena respuesta en todos los ambientes en forma consistente
$B_i < 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables en forma consistente
$B_i < 1$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables en forma inconsistente
$B_i > 1$	$S^2_{di} = 0$	Respuesta mejor en ambientes favorables en forma consistente
$B_i > 1$	$S^2_{di} > 0$	Respuesta mejor en ambientes favorables en forma inconsistente

3.5.5 Análisis de heterosis (rendimiento y altura de planta).

Se agruparon los cruces según sus progenitores para estimar el valor promedio de rendimiento y heterosis de cada progenitor lo cual da una medida de aptitud combinatoria general.

Por otra parte se compararon los valores de los mejores cruces y sus respectivos progenitores lo cual ofrece una medida de aptitud combinatoria específica.

La aptitud combinatoria general se calculó por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{o/o Hm} = \frac{\text{MF}_1}{\text{No. de F}_1} \cdot P_1 \times 100$$

en donde:

o/o Hm = porcentaje de heterosis media

MF₁ = rendimiento de las cruzas en que intervino el progenitor

No. de F₁ = número de cruzas en las que intervino el progenitor

P₁ = rendimiento del progenitor.

La aptitud combinatoria específica se estimó con el fin de medir, en porcentaje, el incremento del rendimiento de los híbridos F₁ sobre el progenitor más rendidor, utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{HF}_1 = \frac{\text{MF}_1}{\text{MP}} \times 100$$

en donde:

HF₁ = o/o de heterosis en la F₁

MF₁ = rendimiento de la craza

MP = valor del progenitor con mayor rendimiento que intervino en la craza.

3.5.6 Características Agronómicas

Se tomaron datos sobre las principales características agronómicas.

- a) **Áltura de planta y mazorca;** la primera se tomó a la base de la espiga y la segunda al nudo que sostiene la mazorca principal.
- b) **Días a floración;** se tomó cuando el 50% de antesis estaba presente.

Los datos de altura de planta se utilizaron para calcular la heterosis general y específica y se realizó en la misma forma que para heterosis de rendimiento, pero dividiendo por el valor promedio de los dos progenitores para la heterosis específica.

4. RESULTADOS

4.1 ANALISIS DE RENDIMIENTO

En base a los resultados obtenidos en las tres localidades se calcularon los rendimientos, los cuales se presentan en los cuadros 10 y 11. Los resultados se -- calcularon en base a una humedad de grano del 15o/o en kilogramos por hectárea.´

El análisis de varianza para rendimiento efectuado en cada una de las localidades se muestra en el cuadro 12 el cual resume el análisis de varianza para - los tres ensayos, mostrando los valores de "F" para tratamientos y sus coeficientes de variación.

CUADRO 10. Rendimientos promedio de las 15 cruzas, 6 progenitores y un testigo evaluados en las tres localidades en kilogramos por hectárea.

Material experimental				Jutiapa	Cuyuta	La Máquina	X
Icta A-2	X	Across	7524	4091	3753	3424	3756
Icta A-2	X	Across	7526	4486	4124	3805	4138
Icta A-2	X	Tocumen	7427	4020	4053	3673	3915
Icta A-2	X	Tocumen	7428	3350	3764	3923	3774
Icta A-2	X	Across	7535	4268	3926	3607	3924
Across 7524	X	Across	7526	4606	3524	3708	3949
Across 7524	X	Tocumen	7427	4190	3944	4222	4119
Across 7524	X	Tocumen	7428	4232	4059	3810	4034
Across 7524	X	Across	7535	3907	3565	3246	3573
Across 7526	X	Tocumen	7427	4316	3740	4004	4020
Across 7526	X	Tocumen	7428	4634	4134	3869	4212
Across 7526	X	Across	7535	4191	3341	3485	3672
Tocumen 7427	X	Tocumen	7428	4095	4141	3250	3829
Tocumen 7427	X	Across	7535	4826	4058	3713	4199
Tocumen 7428	X	Across	7535	4645	4184	3580	4136
Icta A-2				3609	3941	3473	3674
Across 7524				4212	3737	3477	3809
Across 7526				4286	3952	3644	3961
Tocumen 7427				4422	3799	2947	3723
Tocumen 7428				4062	3899	3913	3958
Across 7535				4087	3479	2197	3254
X-306-B (testigo comercial)				4056	3921	3301	3759

CUADRO 11. Altura de planta y mazorca. Promedios en las tres localidades en -
centímetros.

MATERIAL EXPERIMENTAL				Jutiapa		Cuyuta		Máquina		Promedio		
				PL	MZ	PL	MZ	PL	MZ	PL	MZ	
Icta A-2	X	Across	7524	197	108	217	140	190	108	201	119	
Icta A-2	X	Across	7526	202	118	222	150	195	118	206	129	
Icta A-2	X	Tocumen	7427	212	120	250	149	211	118	224	129	
Icta A-2	X	Tocumen	7428	203	108	243	150	203	115	216	126	
Icta A-2	X	Across	7535	208	115	228	147	201	115	212	126	
Across	7524	X	Across	7526	230	112	244	141	194	110	223	121
Across	7524	X	Tocumen	7427	203	108	248	153	221	115	224	125
Across	7524	X	Tocumen	7428	212	112	243	118	201	115	219	115
Across	7524	X	Across	7535	215	113	235	145	208	113	214	127
Across	7526	X	Tocumen	7427	210	118	248	145	203	118	220	123
Across	7526	X	Tocumen	7428	227	113	248	149	195	110	223	126
Across	7526	X	Across	7535	198	112	223	129	185	99	202	113
Tocumen	7427	X	Tocumen	7428	208	112	255	150	199	118	221	127
Tocumen	7427	X	Across	7535	210	110	240	138	196	104	219	116
Tocumen	7428	X	Across	7535	215	112	244	146	206	116	222	125
Icta A-2					213	118	243	144	223	115	226	126
Across	7524				212	118	232	150	205	118	216	129
Across	7526				209	110	230	136	203	110	214	125
Tocumen	7427				183	115	246	143	198	115	209	128
Tocumen	7428				215	113	248	151	210	120	224	128
Across	7535				200	102	223	120	165	89	196	104
X-306-B					205	112	246	148	228	120	226	127

CUADRO 12. Valores de "F" para tratamientos y coeficientes de variación para las tres localidades

Localidad	Valores de "F"	Coefficiente de variación o/o
Jutiapa	1.22 NS	14.25
Cuyuta	2.44 * *	8.53
La Máquina	2.51 * *	14.74

NS = no significativo

* * significativo al 5o/o de probabilidad

La hipótesis nula fue rechazada en dos de las tres localidades. En Cuyuta y La Máquina hubo diferencias altamente significativas. En la localidad de Jutiapa no hubo diferencias entre los materiales experimentales. Los coeficientes de variación fueron relativamente bajos, lo que nos indica que el manejo de los experimentos fue bueno.

4.2 ANALISIS COMBINADO

Como los análisis individuales dan diferencias altamente significativas, - en Cuyuta y La Máquina se procedió a efectuar este tipo de análisis que permite - ver cuál o cuáles materiales son los mejores a través de las tres localidades y además mide la interacción entre variedades y localidades.

CUADRO 13. Análisis de varianza combinado para 15 cruzas, 6 progenitores y un testigo evaluados en las tres localidades.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F _c
Localidades	2	18.4512	9.2256	33.74**
Rep (Loc)	9	19.4252	2.1584	7.89**
Variedades	21	14.4371	0.6875	2.51**
Var X Loc	42	13.9476	0.3321	1.21 NS
Error	180	49.2210	0.2735	
Total	263	122.2343		

CV = 13.50

NS = No significativo al 5o/o de probabilidad

** = Significativo al 1o/o de probabilidad

El análisis de varianza combinado mostró diferencias altamente significativas en todas las fuentes de variación a excepción de la interacción genético ambiental lo que nos está indicando que todos los materiales en estudio respondían en igual forma a los diferentes ambientes.

Las fuentes de variación de mayor interés, en este estudio, son variedades y la interacción genético ambiental; de los cuales sólo la primera fue altamente significativa.

Por otra parte al encontrar diferencias altamente significativas entre variedades o tratamientos, la hipótesis nula fue rechazada. En base a ello se procedió a realizar la comparación de medias de rendimientos de los tratamientos por medio de la prueba de Tukey.

El cuadro 13 muestra el análisis de medias de rendimiento y su porcentaje de incremento o decremento en relación al testigo comercial X-306-B.

Al realizar la prueba de Tukey dos aspectos son importantes de hacer no-

tar: a) a excepción de la variedad Across 7535 todos los materiales se comportaron estadísticamente iguales y b) todos los progenitores a excepción del Across -- 7535 rindieron estadísticamente igual que los cruzamientos.

CUADRO 14. Comparación de medias de rendimiento de las 15 cruzas, 6 progenitores y un testigo evaluados en las tres localidades.

Material Experimental				Rendimiento	Prueba Tukey	o/o en relación al Testigo.
Across	7526	X Tocumen	7428	4212	a	113
Tocumen	7427	X Across	7535	4199	a	112
Icta A-2		X Across	7526	4238	a	110
Tocumen	7428	X Across	7535	4136	a	110
Across	7524	X Tocumen	7427	4119	a	110
Across	7524	X Tocumen	7428	4034	a	107
Across	7526	X Tocumen	7427	4020	a	107
Across	7526			3961	a b	105
Tocumen	7428			3958	a b	105
Across	7524	X Across	7526	3949	a b	105
Icta A-2		X Across	7535	3934	a b	105
Icta A-2		X Tocumen	7427	3915	a b	104
Tocumen	7427	X Tocumen	7428	3829	a b	102
Across	7524			3809	a b	101
Icta A-2		X Tocumen	7428	3779	a b	101
X-306-B (testigo comercial)				3759	a b	100
Icta A-2		X Across	7524	3756	a b	100
Tocumen	7427			3723	a b	99
Icta A-2				3674	a b	98
Across	7526	X Across	7535	3672	a b	98
Across	7524	X Across	7535	3573	a b	95
Across	7535			3254	b	87

Tukey DMS — 703 kms/Hra.

4.3 ANALISIS DE ESTABILIDAD

CUADRO 15. Desviaciones de regresión y coeficientes de regresión para los 6 -
progenitores, 15 cruzas y un testigo evaluados en 3 localidades T.

MATERIAL EXPERIMENTAL				S^2_{di}	B_i
Icta A-2	X	Across	7425	0.04 NS	0.97 NS
Icta A-2	X	Across	7526	0.03 NS	0.99 NS
Icta A-2	X	Tocumen	7427	0.31*	0.47*
Icta A-2	X	Tocumen	7428	0.07 NS	0.94 NS
Icta A-2	X	Across	7535	0.04 NS	0.96 NS
Across 7524	X	Across	7526	0.22*	1.35*
Across 7524	X	Tocumen	7427	0.02 NS	0.10*
Across 7524	X	Tocumen	7428	0.05 NS	0.59*
Across 7524	X	Across	7535	0.04 NS	0.96 NS
Across 7526	X	Tocumen	7427	0.07 NS	0.44*
Across 7526	X	Tocumen	7428	0.01 NS	1.18 NS
Across 7526	X	Across	7535	0.12 NS	1.05 NS
Tocumen 7427	X	Tocumen	7428	0.12 NS	1.22 NS
Tocumen 7427	X	Across	7535	0.01 NS	1.64*
Tocumen 7428	X	Across	7535	0.00 NS	1.57*
Icta A-2				0.06 NS	0.14*
Across 7524				0.42*	1.08 NS
Across 7526				0.04 NS	0.93 NS
Tocumen 7427				0.00 NS	2.18*
Tocumen 7428				0.05 NS	0.18*
Across 7535				0.10 NS	2.83*
X-306-B				0.02 NS	1.09 NS

* S^2_{di} mayor que "0" y B_i mayor o menor que "1" NS S^2_{di} igual a "0" y B_i igual a "1" estimados al 50/o de probabilidad.

El cuadro 15 nos presenta los parámetros de estabilidad estimados, de --
acuerdo al modelo de Eberhart y Russell.

En general el análisis de estabilidad concuerda con el análisis combinado --
ya que todos los tratamientos son estables a excepción de Icta A-2 X Tocumen --
7427 y Across 7524 X Across 7526; pues sus desviaciones de regresión son iguales
a "0" y sus coeficientes de regresión son iguales a "1"; es decir que el medio -

ambiente en los dos tipos de análisis no influye en el material experimental.

En el análisis de medias se muestra que hay 7 cruzas que superan al testigo comercial. En base al análisis de estabilidad la craza Across 7526 X Tocumen - 7428 es "DESEABLE", según Córdova (1977), pues es la de mayor rendimiento promedio, sus desviaciones de regresión igual "0" y su coeficiente de regresión igual "1", situación que la hace rendidora en todos los ambientes en forma estable. En igual circunstancia está la craza Icta A-2 X Across 7535, ocupando el tercer lugar en rendimiento promedio.

Las cruzas que ocupan el segundo y cuarto lugar en rendimiento Tocumen 7427 X Across 7535 y Tocumen 7428 X Across 7535 su coeficiente de regresión mayor que "1" y sus desviaciones de regresión iguales a "0" indicando buena respuesta en ambientes favorables en forma consistente.

Las cruzas Across 7524 X Tocumen 74727, Across 7524 X Tocumen 7428 y Across 7526 X Tocumen 7427 que ocuparon el quinto, sexto y séptimo lugar respectivamente en rendimiento, sus coeficientes de regresión son menores que "1" y sus desviaciones de regresión son iguales a "0", lo que indica que responden mejor en ambientes desfavorables en forma consistente.

De los progenitores el único que presenta la característica de estabilidad de rendimiento es el Across 7526.

4.4 ANALISIS DE HETEROSIS

En el cuadro 16 se presentan las estimaciones de heterosis media como in-

dicador de la aptitud combinatoria general de cada progenitor para rendimiento y altura de planta. La expresión de heterosis media desde 101o/o en Across 7526 hasta 20o/o en Across 7535, esta última debido a su bajo rendimiento per se. El progenitor que más rendimiento per se registró fue Across 7526 y Tocumen 7428 que además mostraron una heterosis media baja; es decir cuando el progenitor tiene un rendimiento per se bajo su expresión de heterosis media fue alto y viceversa.

En cuanto a la altura de planta la heterosis media fue baja variando de 94 a 109o/o, siendo el valor más alto el expresado por Across 7535 que fue el progenitor de menor altura.

El rendimiento del híbrido comercial X-306-B fue superado en rendimiento por la heterosis media de todas las cruzas y su altura de planta fue superior a la observada en las mismas.

Cuadro 16. Rendimiento y heterosis media de los posibles cruzamientos entre seis poblaciones de grano amarillo.

Variedad	Rendimiento	o/o heterosis media	Altura de planta	o/o heterosis media
Icta A-2	3674		226	
X 5 Cruzamientos	3885	102	212	94
Across 7524	3809		216	
X 5 cruzamientos	3886	102	217	100
Across 7526	3961		214	
X 5 cruzamientos	3999	101	214	100
Tocumen 7427	3723		209	
X 5 cruzamientos	4016	108	221	106
Tocumen 7428	3958		224	
X 5 cruzamientos	3978	101	220	98
Across 7535	3254		196	
X 5 cruzamientos	3902	120	214	109
X-306-B	3759		226	

En el cuadro 17 se presentan los cruces que más alta expresión de heterosis específica demostraron. El cruce Across 7535 X Tocumen 7427 mostró 130/o de más heterosis en relación al mejor progenitor Tocumen 7427; dicho híbrido superó en solamente 60/o a los mejores progenitores como tal Across 7526 y Tocumen 7428.

CUADRO 17. Valores de rendimiento, altura de planta y heterosis de los mejores cruzamientos entre 6 variedades de grano amarillo.

Variedad	Rendimiento	o/o de heterosis en relación al padre; mayor rendimiento	Altura de planta	o/o heterosis en relación al X de padres
Across 7526	3961		214	
Tocumen 7428	3958		224	
F ₁	4212	106	223	102
Across 7535	3254		196	
Tocumen 7427	3723		209	
F ₁	4199	113	219	108
Across 7524	3809		216	
Tocumen 7427	3723		209	
F ₁	4119	108	224	105
X-306-B	3759		226	

5. DISCUSION

La cruz *Across 7526* x *Tocumen 7428* fue el híbrido con mayor rendimiento sus parámetros de estabilidad $S^2_{di} = 0$ y $B_i = 1$, lo cual implica que es una cruz estable y deseable, según los lineamientos propuestos por Córdova (1977); supera al mejor padre que fue el mejor progenitor en un 60/o y su expresión de heterosis en cuanto a la altura de planta fue pequeña de 20/o en relación a la media de sus progenitores. El híbrido *Tocumen 7427* X *Across 7535* supera al mejor padre en un 130/o de rendimiento y en relación al mejor progenitor en 60/o, pero no es estable pues su $B_i > 1$, además que su altura de planta supera al progenitor en 60/o.

En el cuadro se resume la información sobre rendimiento y altura de planta promedios. La magnitud de los rendimientos y heterosis media es inferior que la encontrada para variedades de grano blanco, según Córdova et al (1979). Esto sugiere predominancia de efectos aditivos para la expresión de rendimiento, como consecuencia probable de menor divergencia genética entre estas variedades; resultados acordes con lo informado por Wellhausen y Moll (1965), Salhuana y Robinson (1962) y Moll et al (1965), quienes demostraron gran heterosis entre variedades de centro y sur América, encontrando, además asociación estrecha entre alta heterosis y divergencia genética.

Para la altura de planta, los resultados también infieren acción génica aditiva para su expresión.

El bajo rendimiento de la variedad Across 7535 y su reducida altura de planta (3254 kilos/hectárea y 196 cms.), en comparación con los demás sugiere también mayor grado de homocigosis.

Es de hacer notar que las variedades Across 7526 y Tocumen 7428 compiten con las mejores cruzas en cuanto a rendimiento.

En base a estos resultados no se justifica recomendar cruces intervarietales entre estas variedades, aunque por la heterosis específica de algunos cruzamientos como Across 7526 X Tocumen 7428, si justifica derivar otras estructuras poblacionales (familias o líneas puras). En relación a esto Córdova (1978), encontraron excelentes combinaciones entre familias de la población 26 y 28 y actualmente los mejores híbridos amarillos HA-44 y HA-34 están formados por familias provenientes de estas poblaciones.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los rendimientos de las cruzas intervarietales de grano amarillo utilizados, no justifica recomendar la producción de híbridos entre estas variedades.
2. Across 7526 y Tocumen 7428 por su comportamiento a través de las 3 localidades, si justifica derivar familias o líneas de las mismas para recombinar en híbrido; lo mismo puede decirse de las variedades Across 7535 y - Tocumen 7427.
3. Los híbridos de familias que se formen deben fundamentarse en la formación de un cruce simple como hembra, mientras que el macho puede ser una familia, un cruce de familias o una variedad.

7. BIBLIOGRAFIA

1. BRAUER, O., Fitogenética aplicada. México, Limusa-Wiley, S.A. 1959. - 518 p.
2. COCHRAN, W. & COX, G., Diseños experimentales. Trad. Centro de estadística y cálculo del colegio de post-graduados, Chapingo. 4ta. reimpre-sión. México, Trillas, S.A., 1976. pp 120-126 y 647-651.
3. CORDOVA, H., Efecto del número de líneas dneogámicas sobre el rendimien-to y estabilidad de las líneas sintéticas derivadas en maíz (Zea mays L.). Chapingo, Colegio de post-graduados. México, 1975. 117 p. (tesis Mag. Sc.).
4. -----, Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comporta-miento de variedades. Material a mimeógrafo. Guatemala, ICTA, 1978. 36 p.
5. -----, Poey, F., Crisóstomo, C. & Salguero, V., Uso de los pará-metros de estabilidad en la evaluación de variedades comerciales y experi-mentales de maíz, en la costa sur y oriente de Guatemala. En XXIII Reu-nión Anual del PCCMCA. Panamá, 21-24 de marzo, 1977. 22 p.
6. -----, Poey, F. & Fuentes, A., Conceptos teóricos que respaldan - los mejoramientos genéticos del programa de maíz. Guatemala, ICTA, 1978. pp 53-58.

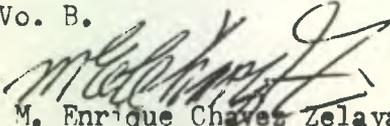
7. -----, et al., Heterosis del rendimiento y altura de planta en variedades mejoradas de grano blanco y amarillo. Resultados de Guatemala, Honduras y México. En XXV Reunión Anual del PCCMCA, Honduras, 19-23 de marzo. 1979. 20 p.
8. DAVILA, F., Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades criollas de maíz en el altiplano de Guatemala. Zona media. Universidad de San Carlos. Guatemala. 1978. 64 p.
9. FALCONER, D., Introduction to Quantitative Genetic. New York, Ronald -
Ress Co., 1960. pp. 254-263.
10. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual 1977-1978. Guatemala, ICTA, 1978. pp 6-21.
11. -----, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual --
1975-1976. Programa de Producción de Maíz. Guatemala, ICTA 1976. -
pp 28-50.
12. HOLDRIDGE, L., Mapa de Zonificación Ecológica de Guatemala, según --
sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura SCIDA,
1958. 19 p.
13. QUIROGA, V., Métodos de estadística y diseños experimentales. Material a
mimeógrafo. Cursillo II CAPA, 20-24 de junio. Guatemala, ICTA 1977. 78 p.
14. SALGUERO, V., Estimación de parámetros de estabilidad para medir el ran-
go de adaptación de 4 híbridos y 6 variedades (Zea mays L.), en el sur--

oriente de Guatemala. Universidad de San Carlos. Guatemala, 1977. 84 p.

15. SIMONS, C., TARANO, P. & PINTO, J., Clasificación de reconocimien - to de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública, Edit. "José Pineda Ibarra" y Ministerio de Agricultu - ra, IAN-SCIDA, 1959. 1000 p.
16. STEEL, R., TORRIE, J., Principales and Procedures of Statistics. New York, McGraw-Hill Books Co., Inc. 1960. pp 432-433.
17. VELASQUEZ, R. y FUENTES, A., Ensayos de rendimiento de 12 genotipos - en 3 densidades de siembra y 3 niveles de fertilización en 2 localidades. - En XXI Reunión Anual del PCCMCA, El Salvador, C.A., 7-11 de abril, - 1975. pp 1-24.
18. GOODMAN, M, Estimates of Genetics variance in adapted exotic germplasm of maize crop. sci. 5. 1975. pp 87-90.
19. GRIFFIN, B. & LINSTROM, E., Study of combining hability of corn inbreds showing varying proportion of corn belt germplasm. Agrom. J. 46. 1954. pp 545-552.
20. HALLAUER, A. & SEARS, J., Integrating exotic germplasm into corn belt - maize breeding progrms. Crops Sci. 12. 1972. pp 203-206.
21. MOLL, R., SALHUANA, W. & ROBINSON, H., Heterosis and genetic di - versity in variety crosses of maize. Crop Sci. 2. 1962 pp 197-198.

22. TROYER, F. & HALLAUER, A., Analisis of a dialel set of earey flint varieties of maize. Crop Sci. 8. 1968. pp 581-584.
23. WELLHAUSEN, E., Exotic germplasm for emprovement of corn belt maize and hibrid com industry Res. Corn. Proc. 1965 pp 314-345.

Vo. B.


M. Enrique Chavez Zelaya,
Prof. de enseñanza media en
Historia y estudios sociales.
Bibliotecario.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

IMPRIMASE:

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Rodolfo Estrada González".

Ing. Agr. Rodolfo Estrada González
Decano en Funciones



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis