

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



Estimación de la Estabilidad de Rendimiento de 24  
Variedades de Maíz (Zea Mays L) Probadas en 32  
Localidades de Ocho Países

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

ALFREDO CACHUA TORRES

GUADALAJARA, JAL., 1980.

## DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Quienes hicieron posible -  
con su esfuerzo la realiza  
ción de mi profesión.

A MIS HERMANOS:

Especialmente a Rafael por  
el apoyo brindado en los -  
momentos difíciles.

A MIS COMPAÑEROS DE ESCUELA:

Abel, Roberto, Mario y Miguel Angel  
quienes de alguna manera me alenta-  
ron a seguir en el camino.

AL GRUPO DE ALUMNOS QUE

trabajan en la sección de maíz de la  
Escuela de Agricultura.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO.

CARIOSAMENTE

Con toda mi admiración a mi novia  
Adriana, motivo de superación cons  
tante.

## A G R A D E C I M I E N T O

A Northrup King y Cía. S.A. por la ayuda brindada durante la realización de los trabajos.

A todos los maestros de la Escuela de Agricultura. (U. de G.)

Al Doctor Willy Villena por las sugerencias y apoyo en la realización del presente trabajo.

Al CIMMYT.

Al Ing. M.C. Abel García de quién sin su ayuda no podría haberse realizado el presente trabajo.

Al Ing. M.C. Manuel Oyervides quién como director de tesis hizo grandes sugerencias para la mejor realización y presentación del trabajo.

Al Ing. Salvador Mena quién aportó valiosas sugerencias durante la realización del trabajo.

# I N D I C E

	PAGS.
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- OBJETIVOS.....	3
3.- HIPOTESIS .....	4
4.- REVISION DE LITERATURA .....	5
4.1.- FACTORES AMBIENTALES LIMITANTES .....	5
4.2.- INTERACCION GENETICO AMBIENTAL.....	12
4.3.- MODELOS ESTADISTICOS DE ESTABILIDAD.....	18
4.4.- METODOS DE SELECCION PARA REDUCIR LA IN- TERACCION.....	26
4.4.1.- SELECCION MASAL .....	28
4.4.2.- CONVERGENTE - DIVERGENTE Y ALTER NANTE.....	29
4.4.3.- FORMACION DE LINEAS Y UNIFICA-- CION DE DIVERGENCIAS AMBIENTALES	32
4.4.4.- OTROS SISTEMAS .....	34
5.- MATERIALES Y METODOS .....	35
5.1.- MATERIAL GENETICO .....	38
5.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y SISTEMA DE CULTIVO	40
5.3.- MODELO DE ESTABILIDAD.....	42
5.4.- PROCEDIMIENTO DE ANALISIS .....	44

I N D I C E  
(CONTINUACION)

	PAGS.
6.- RESULTADOS .....	46
6.1.- CALCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS .....	46
6.2.- ANALISIS DE VARIANZA.....	54
6.3.- CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE REGRESION	57
6.4.- CALCULO DE LAS DESVIACIONES DE REGRESION	58
6.5.- PRUEBA DE HIPOTESIS.....	66
6.6.- PRUEBA DE SIGNIFICACION DE $b_1$ .....	68
6.7.- PRUEBAS DE SIGNIFICACION PARA RENDIMIEN- TO .....	70
DISCUSION .....	71
CONCLUSIONES .....	75
RESUMEN .....	77
BIBLIOGRAFIA .....	79

---

## LISTA DE CUADROS

	PAGS.
1.- EL COMPLEJO AMBIENTAL DE LAS PLANTAS .....	1
2.- INTERPRETACION A LA RESPUESTA DE LAS VARIEDADES SEGUN FINLAY Y WILKINSON .....	21
3.- INTERPRETACION DEL TIPO DE RESPUESTA MEDIANTE EL MODELO DE EBERHART Y RUSSELL.....1...	22
4.- LOCALIDADES DE PRUEBA, ALTURA SNM Y AÑO DE EVALUACION DEL MATERIAL GENETICO QUE CONSTITUYO - ESTE ESTUDIO .....	37
5.- GENEALOGIA DEL MATERIAL GENETICO Y EMPRESA O PAIS AL QUE PERTENECEN .....	39
6.- COLOR Y TEXTURA DEL GRANO Y CONFORMACION GENETICA DEL MATERIAL ESTUDIADO .....	41
7.- MODELO DE ANALISIS PARA ESTIMAR PARAMETROS DE ESTABILIDAD .....	45
8.- RENDIMIENTOS MEDIOS VARIETALES EN CADA AMBIENTE DE PRUEBA .....	48
9.- CUADRO DE ANALISIS DE VARIACION PARA EL CALCULO DE LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD .....	55
10.- ESTIMACION DEL C.M. DEL ERROR PONDERADO .....	56
11.- RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE 24 VARIEDADES DE MAIZ.....	61
12.- PROMEDIO DE RENDIMIENTO DE LAS 10 MEJORES VARIEDADES.....	70

## 1. INTRODUCCION

En México la Secretaría de Agricultura y la Fundación Rockefeller iniciaron en 1943 un programa cooperativo de mejoras agrícolas que ha satisfecho en parte las necesidades del campo, ya que se han aumentado considerablemente los rendimientos de los cultivos. En el año de 1945, México importó de un 15 a un 20% de los cereales consumidos por el país, siendo estos principalmente maíz y trigo, para el año de 1960, el déficit de los productos alimenticios desapareció y en el año de 1963 se superó la producción al grado de exportar cantidades considerables de maíz y trigo hasta el año de 1968. Sin embargo, los primeros años de la década de los años 70, México se volvió a importar de un 15 a un 20 % de los cereales básicos, debido principalmente al gran crecimiento demográfico que no fue paralelo al de la producción de estos cereales, debido en parte a la falta de dinamicidad y seguridad en los sistemas de selección genética.

Actualmente en los programas de mejoramiento, además de buscar aumentar los rendimientos tanto por planta como por unidad de superficie, se buscan genotipos que interacciones menos con el medio ambiente. ya sea a nivel de macro-ambientes como son localidades y años, como a nivel de micro-ambientes como es la densidad de población, luz, etc.; o bien en caso de que estos genotipos interaccionen, lo hagan en forma posi

tiva reaccionando favorablemente a la adición de fertilizante por ejemplo, o bien que interaccionen de una forma menos negativa posible, ya sea a través de años ó de una localidad a otra, situación de especial importancia en la República Mexicana dadas sus características topográficas. De acuerdo -- con estos objetivos se han desarrollado diferentes sistemas de selección y prueba de variedades mejoradas tales como los parametros de estabilidad.

El CIMMYT, a través del Programa Cooperativo Centro Americano de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), prueba mediante ensayos uniformes una gran cantidad de variedades e híbridos de maíz con la finalidad de determinar y medir el - rango de adaptación de los materiales mejorados cuando éstos son sembrados en diversas condiciones ambientales; además, - sirve de apoyo a los mejoradores para detectar fuentes de -- germoplasma de utilidad para el desarrollo de variedades superiores; motivos por los cuales se decidió realizar el presente trabajo.



## 2. OBJETIVOS

El conocimiento de la respuesta de las variedades de maíz a su cultivo en diferentes AMBIENTES, le da al mejorador y/o productor de semillas, la posibilidad de asegurar la cosecha a los agricultores dentro de ciertos límites. Tal conocimiento se puede lograr determinando la estabilidad del rendimiento de los materiales mejorados mediante modelos estadísticos apropiados.

Considerando lo anterior se diseñó este trabajo el cual tiene como objetivo el de estudiar el rendimiento de grano de 24 materiales mejorados de maíz en función de su estabilidad a través de 32 localidades de ocho países.

### 3. HIPOTESIS

La hipótesis que se plantea considera que puede haber híbridos tan estables o más que las variedades. Como se ha visto, la estabilidad es una característica gobernada genéticamente de tal modo que con un sistema de selección adecuado y prácticas culturales ajustadas a la realidad se puede conseguir dicha finalidad, ya que actualmente lo que ocasiona que algunas veces los híbridos recientan más los cambios ambientales es principalmente el sistema de cultivo. En los campos experimentales durante el proceso de desarrollo de los materiales, éstos son tratados bajo condiciones óptimas de cultivo, lo cual no sucede en una siembra a nivel comercial que es -- donde un híbrido debe manifestar realmente su potencial de -- rendimiento.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

Comúnmente la manifestación fenotípica de los seres vivos, es la resultante del poder de expresión de sus genes en el medio ambiente en que se desarrollan, habiendo diferencias en dicho desarrollo dependiendo del lugar y el tiempo en que estén establecidos; este fenómeno es llamado interacción del genotipo con el medio ambiente y afecta tanto a las plantas como a los animales -incluyendo al hombre -.

##### 4.1 FACTORES AMBIENTALES LIMITANTES

Los factores ambientales que de alguna manera afectan la manifestación fenotípica de un carácter, son clasificados en: intangibles; los cuales no pueden ser controlados ni predicho el momento de su aparición, tal como sucede con las heladas, la distribución de las lluvias, etc.; este tipo de factores, estadísticamente forman parte del error experimental. El otro tipo de factores se denominan gobernados, y son los que tratan de ser controlados al máximo para tener una mayor eficiencia en el estudio del fenómeno que se estudie, pudiéndose para esto, descomponer esta parte de la varianza ecológica en algunos de sus componentes, tales como el aumento de la densidad de población, la dosis de fertilizante, etc.

Para dar una idea de los factores ambientales que influyen -

en la expresión fenotípica de las plantas, se presente el cuadro 1.

La presencia simultánea de algunos de los factores ecológicos del cuadro 1 en las diferentes combinaciones que se pueden su ceder con las mismas, da origen a los variados tipos de medio ambiente.

CUADRO 1. EL COMPLEJO AMBIENTAL DE LAS PLANTAS. FACTORES DEL MEDIO AMBIENTE QUE INFLUYEN EN LA EXPRESION FENOTIPICA DE LAS PLANTAS. BILLINGS (1952)

GRUPOS	FACTORES	SUBDIVISIONES DEL FACTOR	A S P E C T O S
Climático	Radiación	Radiación solar	Longitudes de onda Intensidad Fotoperiodo y otros ciclos.
		Radiación cósmica	Longitudes de onda Intensidad Ciclos
		Radiación terrestre	Longitudes de onda Intensidad Ciclos
	Temperatura	Temperatura del aire	Grados Ciclos Variación lateral Variación vertical
		Temperatura del suelo	Grado Ciclos Congelamiento y deshielo Variación lateral Variación vertical
		Temperatura de la roca y del material madre.	Grado Ciclos Congelamiento y deshielo Variación lateral Variación vertical (Gradiente geotérmico)
	Agua	Vapor de agua	Cantidades Presión del vapor Déficit de la presión -- del vapor Evaporación Transpiración

GRUPOS	FACTORES	SUBDIVISIONES DEL FACTOR	A S P E C T O S
Climático	Agua	Agua condensada	Nubosidad Neblina
		Precipitación	Tipos Cantidades Frecuencia Cubierta de nieve
		Agua del suelo	Humedad del suelo Agua higroscópica Agua capilar lámina de agua
	Gases atmosférico	Composición	Contenido de CO <sub>2</sub> Contenido de O <sub>2</sub> Otros gases
		Presión	Altitud Diferencias locales de presión Ciclones
		Viento	Frecuencia Fuerza Dirección Agentes abrasivos
Edáfico	Material madre	Materiales ácidos	Minerales presentes Estructura Susceptibilidad a la meteorización
		Materiales básicos	Minerales presentes Estructura Susceptibilidad a la meteorización
	Suelo	Propiedades físicas	Perfil Estructura Textura Humedad del suelo Aire del suelo

GRUPOS	FACTORES	SUBDIVISIONES DEL FACTOR	A S P E C T O S
	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades químicas</li> <li>Propiedades bióticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arcillas minerales</li> <li>Propiedades de intercambio de bases</li> <li>pH</li> <li>Aniones</li> <li>Compuestos orgánicos</li> <li>Flora del suelo</li> <li>Fauna del suelo</li> <li>Paja y humos</li> <li>Efectos antibióticos</li> </ul>
Geográfico	Gravedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectos internos</li> <li>Efectos externos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectos hormonales</li> <li>Translocación</li> <li>Isostasia</li> <li>Dispersión de fruto y semilla</li> <li>Corriente de agua</li> <li>Derrumbes</li> </ul>
	Efectos rotatorios	Fuerza	Trabaja a través de otros factores
	Posición geográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Latitud</li> <li>Longitud</li> <li>Distancia y dirección del litoral</li> </ul>	Trabajan a través de otros factores
	Vulcanismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Efectos térmicos</li> <li>Efectos mecánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ver temperatura</li> <li>Capa de cenizas</li> <li>Flujos de lava</li> <li>Explosiones de gas</li> </ul>
	Dislocación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plegamiento</li> <li>Falla</li> </ul>	Trabajan a través de otros factores excepto muy localmente
	Erosión y acumulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua</li> <li>Nieve (avalancha)</li> <li>Hielo (glaciación)</li> <li>Viento</li> </ul>	Pueden afectar directamente a las plantas o a través de otros factores cambiándolos

GRUPOS	FACTORES	SUBDIVISIONES DEL FACTOR	A S P E C T O S
Geográfico	Topografía	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Dirección del talud</li> <li>← Angulo del talud</li> <li>← Elevación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Trabajan a través de otros factores</li> </ul>
Pírico	Fuego	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Efectos climáticos</li> <li>← Efectos edáficos</li> <li>← Efectos bióticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Temperatura (aire y suelo)</li> <li>← Intensidad</li> <li>← Efectos microclimáticos posteriores al incendio</li> <li>← Destrucción de la materia orgánica</li> <li>← Cambios en la estructura del suelo</li> <li>← Erosión</li> <li>← Composición de la comunidad</li> <li>← Población de animales - después del fuego</li> </ul>
Biótico	Otras plantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Competencia</li> <li>← Efectos de dependencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Competencia por luz</li> <li>← Competencia por agua</li> <li>← Competencia por nutrientes</li> <li>← Efectos antibióticos</li> <li>← Efectos autotóxicos</li> <li>← Paja y humus</li> <li>← Efectos físicos</li> <li>← Efectos químicos</li> <li>← Cobertura</li> </ul>
	Animales	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Efectos perjudiciales</li> <li>← Efectos benéficos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Uso de las plantas como comida, etc.</li> <li>← Efectos sobre el suelo</li> <li>← Dispersión de fruto y semilla</li> <li>← Efectos en los nutrientes</li> </ul>
	Hombre	<ul style="list-style-type: none"> <li>← Puede cambiar casi todos los factores, al menos localmente.</li> </ul>	



Algunos de los factores aportan una influencia más determinante que otros. La temperatura, la latitud, la altura sobre el nivel del mar, la distribución de las lluvias, etc., forman zonas relativamente amplias con características similares, las cuales son denominadas macroambientes, e influyen en gran parte la distribución de las plantas en un lugar determinado, pero aún dentro de estas zonas las diferencias en cuanto a tipo de suelo, fertilidad, asociación entre y dentro de especies vegetales, y vegetales y animales forman ambientes especiales -- los cuales se denominan microambientes, que al igual que los macroambientes son de gran importancia en el proceso de mejoramiento de las plantas.

Para fines de mejoramiento, México se ha dividido en tres zonas principales de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar y la distribución de las lluvias:

- a) Zona tropical: Comprende de 0 a 1000 m. SNM
- b) Zona del Bajío: Comprende de 1000 a 1800 m. SNM
- c) Zona de Valles Altos: Comprende de 1900 m SNM en adelante.

Además en algunos programas de mejoramiento se considera otra zona diferente por sus características ecológicas principalmente la latitud y la humedad, siendo ésta el Valle del Bravo, zona tropical seca la cual por su extensión es de gran importancia en la producción de semillas.

En el caso específico del maíz, se le puede localizar en todos los ambientes anteriormente mencionados, únicamente con algunas características fenotípicas diferentes de acuerdo con el ambiente en que se desarrollan, siendo estas características las que indirectamente indican al mejorador las diferencias genéticas de las variedades.

#### 4.2 INTERACCION GENETICO AMBIENTAL

Algunos de los estudios realizados para determinar la magnitud de la interacción genético ambiental, para la expresión de los caracteres se citan a continuación:

Falconer (1975) informa de un estudio en el que dos estirpes de ratones entre las 3 y 6 semanas de edad a dos diferentes niveles de nutrición (diferentes ambientes), la estirpe A se desarrolló mejor que la B bajo condiciones buenas de nutrición, pero peor que ésta bajo malas condiciones, lo cual indica que existe alta interacción de la estirpe A bajo diferentes medios ambientes.

En el caso de las plantas, los efectos de la interacción varían según sea la diferencia ecológica en que se establecen con relación al ambiente en que normalmente se desarrollan, siendo ésta desde la aparición de enfermedades y la sensible baja de rendimiento, hasta la completa inadaptación y el no desarrollo del cultivo.

Conscientes de las limitantes climáticas para el establecimiento de los cultivos, y de la importancia que tiene la interacción para que éstos se manifiesten plenamente, muchos investigadores han tratado de determinar qué tipo de interacciones afectan en mayor grado los cultivos, desarrollando para esto diferentes sistemas de prueba (sembrando en varias localidades y años) y modificando posteriormente algunos métodos de mejoramiento para lograr una menor interacción negativa cuando los materiales se siembran en diferentes medios ambientes; denominándosele a esta característica con el nombre de estabilidad.

Lerner (1954) citado por Carballo (1970) calificó a una variedad como "Homeostática" cuando tiene la capacidad de equilibrar su composición genética para resistir cambios repentinos, y que tal fenómeno está asociado con una mayor aptitud de los genotipos heterocigotes sobre los homocigotes, para comportarse sobre diferentes medios ambientes.

Paterniani (1974) señala que la generación  $F_1$  generalmente -- presenta menor interacción con el ambiente que la que ocurre con genotipos más homocigotes, reflejando esto una adaptabilidad más amplia del híbrido, cuya producción varía menos entre diferentes localidades y años.

Romo y Andrino (1964) tratando de determinar la estabilidad fenotípica en diferentes series sistemáticas de maíz para diferentes caracteres, concluyen que las variables días a floración y número de granos por mazorca no están asociadas con la frecuencia de genes heterocigóticos para determinar su estabilidad, en cambio las variables altura de planta, altura de mazorca y rendimiento están ligadas al nivel de heterocigosis, ya que al incrementarse ésta, decrece su estabilidad. -- Por otra parte, los grupos más vigorosos fueron afectados seriamente por la falta de riego y altamente beneficiados con el riego. Cuando el medio ambiente difirió sólo por fecha de siembra, los componentes del medio ambiente fueron más uniformes para todos los grupos genotípicos. Los resultados les sugirieron que la diferencia en estabilidad entre grupos genotípicos estuvo asociada con diferencias en la habilidad para explotar medios ambientes favorables.

Palomo, et al (1975) trabajando con algodón en la Comarca Lagunera, detectaron que para rendimiento había una grande interacción de los genotipos con los años, por lo que el experimento debía hacerse por varios años; en cuanto a precocidad, altura de planta, porcentaje de fibra, peso de capullo, longitud, resistencia y finura de fibra, fueron poco afectados por los cambios ambientales, por lo que concluyen que dichas características pueden ser evaluadas, eficientemente en un número mínimo de medio ambientes.

Gómez (1977) tratando de delimitar áreas ecológicas similares para el cultivo del sorgo, concluye que la interacción variedad por año es menos importante que la interacción variedad por localidad para el caso de dicho cultivo.

Martínez, et al (1970) estudiaron la estabilidad de rendimiento en peso seco de 2 variedades de maíz y 3 generaciones ( $F_1$ ,  $F_2$ , y  $F_4$ ) proveniente del cruce de esas variedades, además -- consideraron 3 componentes del rendimiento que son: peso de granos, número de mazorcas por planta y número de granos. --- Ellos encontraron una diferencia estadística significativa para variedades por ambiente, lo cual indica que para determinar la estabilidad debe evaluarse en varios ambientes. Además sugieren el uso de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas para reducir la magnitud de la interacción genotipo por medio ambiente, ya que encontraron que la generación  $F_1$  fue el genotipo más estable para rendimiento y número de mazorcas por planta.

Eberhart y Russell (1969) comparando la estabilidad de híbridos de cruce simple y cruce doble, los probaron en 21 localidades durante 2 años, y encontraron que dos cruces simples fueron tan estables como cualquiera de las cruces dobles. Estas cruces simples rindieron más que 4 cruces simples comerciales en un 11% y 3 cruces dobles en un 13%. Consideran importante como parámetros de estabilidad los cuadrados medios de regre-

si3n y proponen que las cruza<sup>s</sup> simples sean evaluadas en diferentes medios ambientes y las que rindan m3s se liberen comercialmente.

Smith, et al (1967) al tratar de determinar la estabilidad fenot3pica en poblaciones de soya, encontraron que los genotipos homocigotos homog3neos expresaban un mayor promedio de estabilidad mientras menos estuvieran afectados por cambios en las condiciones ambientales, pero que los individuos homocigotes algo heterog3neos respond3an menos radicalmente a cambios ambientales, que los correspondientes homocigotos homog3neos.

Rasmusson (1968) trabajando con cebada, hizo diferentes mezclas para tener distintos niveles de diversidad gen3tica para determinar estabilidad, el material consisti3 en variedades homog3neas, mezclas mec3nicas simples y mezclas complejas (bulk hybrids). Estos materiales fueron probados en 2 localidades durante 5 a3os; encontr3 que en general las variedades y mezclas mec3nicas simples fueron similares en estabilidad, pero ambas fueron menos estables que las mezclas complejas.

Johnson et al, ( ) estudiando los estimadores de variabilidad gen3tica y ambiental en frijol soya, con dos poblaciones de l3neas  $F_3$  estudiaron 24 caracteres en las generaciones  $F_4$  y  $F_5$  de las l3neas, evalu3ndolas en varias localidades en 1950 y en una localidad en 1951. Se consideraron componentes de la varianza el rendimiento, altura de planta, gramos por 100 semi--

llas y porcentaje de aceite; presentan el promedio de avance genético sobre localidades y años para los caracteres estudiados. Reportan que los estimadores de la varianza genética obtenidos en diferentes localidades fueron poco consistentes, y los estimadores de la interacción genotipo por medio ambiente fueron más altos para rendimiento que para otras características importantes.

Kohel (1969), determinando la estabilidad de nuevas variedades de algodón y sus cruzas  $F_1$  posibles, no encontró diferencias entre ellas y consideró que posiblemente en este cultivo no existe homeostasis por su condición de planta autogama.

Francis et al., (1978) consideran importante a la interacción genotipo por medio ambiente en siembras sencillas de frijol - de mata e intercaladas con maíz. Ellos trataron de determinar si la selección para rendimiento era efectiva genéticamente - en monocultivo para cuando éste se sembrara intercalado y encontraron que sí era efectiva la selección comprobándolo al obtener correlaciones significativas para rendimiento en siembras de monocultivo y asociadas.

Scott (1967) hizo un estudio tratando de determinar si era efectiva la selección de líneas de maíz para estabilidad, -- cuando éstas se desarrollaban en distintos medios ambientes. Los resultados indicaron que este tipo de selección para es-

tabilidad fue efectiva, por lo que sugiere que la respuesta de los genotipos a la interacción está controlada genéticamente.

Bucio (1966) estudiando los componentes de variabilidad con relación al medio ambiente y la interacción de los genotipos con el medio ambiente en dos líneas de Nicotiana rústica, en control que la magnitud de la interacción es una función lineal del efecto ambiental.

#### 4.3 MODELOS ESTADISTICOS DE ESTABILIDAD

En las citas anteriores se ha discutido de qué forma actúa la interacción del genotipo con el medio ambiente sobre diferentes caracteres de los cultivos; qué factores económicos son más afectados en algunos cultivos y qué importancia tienen para una mejor respuesta al medio ambiente y a la selección propiamente dicha. El conocimiento de los factores anteriores ha permitido delimitar zonas de adaptación de los cultivos para minimizar la interacción, pero la estimación de la verdadera superioridad de las variedades la indican sus parámetros de estabilidad. Eberhart y Russell (1966), generaron el siguiente modelo para estimar dichos parámetros.



$$Y_{ij} = M_i + B_i I_j + d_{ij}$$

Donde:

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

$M_i$  = Es la media de la  $i$ -ésima variedad sobre todos los ambientes.

$B_i$  = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la  $i$ -ésima variedad a fluctuaciones ambientales.

$d_{ij}$  = Desviación de regresión de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$I_j$  = Índice ambiental, el cual se obtiene al sustraer el promedio de todas las variedades en todos los ambientes, del rendimiento promedio de todas las variedades en un ambiente particular.

Según estos autores mediante el modelo anterior es posible describir el comportamiento de una variedad en una serie de medios ambientes.

Finlay y Wilkinson (1963) citados por Goldworthy (1970) -- presentan el siguiente modelo de estabilidad:

$$\log_{10} Y_{ij} = M + d_i + B_i I_j + d_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = El rendimiento de la  $i$ -ésima variedad en el  $j$ -ésimo ambiente.

$M$  = El rendimiento medio de todas las variedades en todos los medios ambientes.

$d_i$  = La desviación de rendimiento de la  $i$ -ésima variedad.

$B_i$  = El coeficiente de regresión para la variedad  $i$ -ésima variedad en el ambiente  $j$ -ésimo.

Según Goldworthy el análisis de regresión descrito por dichos investigadores constituye una técnica más útil para la participación de la interacción genotipo x ambiente en parámetro más significativo para describir la estabilidad de rendimiento de un cultivo.

Los dos modelos anteriormente descritos son casi iguales, con la diferencia de que Eberhart y Russell trabajan con valores reales y Finlay y Wilkinson trabajan con transformaciones logarítmicas. En cuanto al tipo de respuesta, Finlay y Wilkinson resumen la respuesta de las variedades de la manera como se presenta en el cuadro 2.

Carballo (1970) concluye que un rendimiento alto en una variedad de  $b_i = 1.0$  y  $S^2 d_i = 0$ , son características que debe reunir una variedad deseable, presentando las alternativas que se pueden encontrar (cuadro 3).

Con relación a los dos modelos anteriores, Jowett (1972) reali

zó un trabajo con materiales de marcada diferencia heterótica de sorgo; él comparó los modelos y concluyó que había una diferencia y propone el de la escala logarítmica en el caso de que las variedades probadas difieran marcadamente en rendimiento, a pesar de esto la generalidad del uso de los parámetros aritméticos se demuestra ampliamente.

CUADRO 2: INTERPRETACION A LA RESPUESTA DE LAS VARIEDADES -  
SEGUN FINLAY Y WILKINSON.

- 
- B = 1.0 indica una estabilidad promedio. Cuando se asocia con rendimiento adaptada a todos los ambientes.
- B> = 1.0 describe las variedades que son sensibles a cambios ambientales (estabilidad bajo del promedio) y están específicamente adaptados a ambientes de alto rendimiento.
- B< = 1.0 Indica una insensibilidad relativa a cambios ambientales (estabilidad arriba del promedio) y tales variedades están específicamente adaptadas a ambientes de bajo rendimiento.
-

CUADRO 3. INTERPRETACION DEL TIPO DE RESPUESTA MEDIANTE EL MODELO DE EBERHART Y RUSSELL PRESENTADA POR CARBALLO (1970).

Coeficiente de regresión	Desviaciones de la regresión	D e s c r i p c i o n
$b_i = 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Variedad estable
$b_i = 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes, pero <u>inconsistente</u> .
$b_i < 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Respuesta mejor en ambientes <u>desfavorables</u> y <u>consistente</u> .
$b_i < 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Respuesta mejor en ambientes <u>desfavorables</u> e <u>inconsistente</u> .
$b_i > 1.0$	$s^2 d_i = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y <u>consistente</u> .
$b_i > 1.0$	$s^2 d_i > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e <u>inconsistentes</u> .

Martínez et al., (1970) utilizando el mismo modelo de estabilidad en los componentes del rendimiento, en maíz, encontró que el número de mazorcas por planta mostró una mayor estabilidad que el resto de los componentes, que fueron número de granos etc.

Carballo (1970) señala que los parámetros de estabilidad del modelo de Eberhart y Russell son efectivos, ya que permiten la discriminación de variedades en función de su respuesta a las condiciones ambientales, e identificar las variedades -- que reúnen los requisitos para una variedad estable.

Palomo y Prado (1975) determinando la estabilidad de diferentes variedades de algodón también mediante el modelo de Eberhart y Russell, encontraron diferencias significativas, y concluyeron que algunas variedades pueden ser explotadas en programas de mejoramiento para transmitir su estabilidad fenotípica a variedades más productivas.

Córdova (1975) empleando el método anteriormente mencionado - para encontrar el mejor y más estable sintético de maíz concluye que:

- a) Un sintético ideal está formado por 5 a 8 líneas dependiendo de la amplitud combinatoria de las mismas.
- b) Pueden obtenerse variedades sintéticas con altos rendimientos y desviaciones de regresión cercanas a cero, ya que --

existe asociación negativa entre rendimiento y desviaciones de regresión.

- c) Encontró como variedad estable la formada por 8 líneas, ya que tuvo un coeficiente de regresión = 1.0, desviación de regresión = 0 y su rendimiento fué alto.

Palomo y Molina (1975) trataron de detectar variedades de algodón que interaccionaran poco o nada con el medio ambiente, siendo éste el de suelos infestados con Verticilium sp., el cual ocasiona la enfermedad conocida como secadera tardía. Ellos concluyeron que los genes que controlaban la estabilidad varietal, medida por el parámetro desviaciones de regresión y la tolerancia a Verticilium sp. son los mismos, encontrando que una de las variedades contaba con el genotipo adecuado para transmitir tolerancia a dicha enfermedad.

Gómez (1977) determinando la estabilidad de rendimiento de 230 híbridos experimentales de sorgo y concluye que el método de Eberhart y Russell es efectivo.

Nevado y Cárdenas ( ) determinaron la estabilidad de diferentes híbridos de maíz bajo diferentes épocas de siembra mediante el modelo de Eberhart y Russell. Encontraron diferencias entre los promedios de los materiales y entre los valores de los coeficientes de regresión, detectando a uno de los híbridos probados como estable, ya que cumplió con los requi

sitos deseados.

Betanzos (1970) presenta un modelo general para la expresión de un fenotipo, siendo éste:

$$P = m + g + \epsilon + \delta$$

Donde:

P = Expresión fenotípica del carácter.

m = Expresión media del carácter sobre toda la población de variedades en todos los medios ambientes.

g = Efecto atribuible a la constitución genotípica de una variedad en particular, sobre todos los medios ambientes.

$\epsilon$  = Es el efecto ambiental, o el efecto debido a un medio ambiente en particular promediado sobre todas las variedades.

$\delta$  = Interacción genético-ambiental, es el efecto atribuible a la respuesta diferencial de un genotipo a los medios ambientes.

Este modelo es considerado como aditivo, ya que es la resultante de sumar algebraicamente todos sus componentes, y solamente se puede usar cuando el mismo genotipo es sometido a diferentes condiciones ambientales.

Bucio (1966) analizando los datos de unos experimentos con Ni

cotiana rústica usando líneas endocriados  $P_1$  y  $P_5$ , las cuales se probaron en diferentes medios ambientes durante 16 años, estimó los componentes de variabilidad en base a altura de planta, denominando los componentes como efecto genético, efecto ambiental y efecto de interacción. Formó una línea de regresión considerando como variable independiente el efecto ambiental y dependiente al efecto genético más la interacción.

A pesar del amplio uso de los modelos de estabilidad, aún -- tienen algunas limitantes Eberhart y Russell (1966) y Finlay y Wilkinson (1963) notan las limitaciones en los trabajos -- realizados, principalmente porque el índice ambiental no es indispensable de las variedades probadas, por lo que Freman y Perkins ( ) hacen diferentes sugerencias para obviar esta dependencia, las cuales según Goldoworthy (1970) tienen poca aplicación práctica al momento de analizar.

#### 4.4 METODOS DE SELECCION PARA REDUCIR LA INTERACCION

Varios investigadores buscando mejorar los resultados de respuesta a la selección, han modificado algunos sistemas de selección considerando como factor determinante el efecto del ambiente y la interacción que los genotipos muestran con el mismo.



Allard (1967) menciona que el avance genético mediante selección depende de: a) la variabilidad genética de la población original, b) el valor del efecto encubridor del medio ambiente y de las componentes de la interacción sobre la variabilidad genética y, c) la intensidad de selección.

Márquez (1976) menciona que en forma general, son tres los aspectos en que las componentes de interacción intervienen en genotecnia vegetal: a) selección dentro de una población heterogénea, b) proceso de selección en una población segregante durante el avance generacional, y c) prueba de germoplasma seleccionado para su recomendación final. Asimismo indica que - considerando el modelo general del efecto fenotípico de cada planta en competencia, como:

$$f = g + e + (ge)$$

donde:

f = efecto fenotípico medido en cada planta con competencia.

g = efecto genotípico de cada planta

e = efecto microambiental en cada planta.

(ge) = efecto de la interacción de cada genotipo en el microambiente en que se desarrolla.

Se puede observar que la expresión fenotípica es la resultante de la aditividad de todos los componentes, de donde infiere que el método de selección masal es el más efectivo en -- cuanto al mayor avance en el proceso de mejoramiento para -- los caracteres que se vienen estudiando.

#### 4.4.1 Selección Masal

Este método de mejoramiento el cual es el más antiguo con relación a todos los actualmente conocidos presentaba muchas - limitantes, motivo por el cual se dejó de utilizar durante - algún tiempo.

Sprague (1955) menciona que la infectividad del método de selección masal se debía principalmente a la falta de control de los padres y al pequeño diferencial de selección para algunos caracteres.

Gardner (1961) citado por Márquez (1976), dió las bases científicas de la selección masal y explicó los motivos por lo - que se consideraba ineficiente este método, ya que se confundían los efectos genéticos con los ambientales y no había -- certeza en la selección de genotipos buenos. ajustándose solamente a la manifestación fenotípica. Asimismo, propone algunas técnicas dentro de esta metodología con el fin de minimizar el efecto del medio ambiente sobre la expresión del genotipo.

Brauer (1969) considera que un lote de selección masal moderna debe estar formado de 2,000 a 4,000 plantas, éste se debe estratificar en sublotes de 10 surcos de 10 metros de largo cada uno, pero que puede variar en tamaño, en función del número de plantas que existen y con la variabilidad del suelo.

Gardner y Lonquist (1967) citados por Brauer (1969), dividieron el lote en subparcelas de 40 plantas, de las cuales seleccionaron en cada caso solamente los cuatro mejores, aplicando un 10 % de presión de selección, teniendo buenos resultados.

Márquez (1976) indica que para el sistema de selección masal moderna sea efectiva, la densidad de plantas del lote de selección debe ser igual a la densidad del cultivo comercial.

#### 4.4.2 Convergente, Divergente y Alternante.

Después de probar la efectividad del método de selección masal se vió el riesgo que se corría si este método se realizaba en un mismo ambiente, ya que algunas veces el material obtenido se utilizaba para sembrarse en otros ambientes diferentes.

Márquez (1976) menciona que para evitar los riesgos anteriores existen dos alternativas: la primera llamada esquema si multáneo o convergente - divergente y que se lleva a cabo -

en el programa del Plan Puebla, Este consiste en dividir la muestra de semilla original (y las que se obtengan después - de cada ciclo para llevar a cabo el siguiente) en tantas submuestras como localidades se hayan elegido, y practicar la selección en cada localidad. Con el material seleccionado, - proveniente de cada una de ellas, se hace un gran compuesto balanceado que se lleva a un ciclo de recombinación genético en una estación de invernado, reiniciándose con la semilla - así obtenida, otro ciclo de selección. El esquema se presenta en la figura 1.

El anterior sistema de selección se ha llevado también en los programas del CIMMYT (1967-68), con los siguientes objetivos:

- 1.- Desarrollar poblaciones mejoradas, que posteriormente pueden proporcionar líneas para híbridos de amplia adaptabilidad.
- 2.- Desarrollar un complejo germoplásmico con un alto nivel de resistencia a los riesgos del cultivo que ocurren en la región.
- 3.- Desarrollar una población con amplia capacidad de adaptación y alta producción en el área etc.

Paz (1972) considerando que la variabilidad genética está - altamente asociada con la variabilidad fenotípica propone tres puntos básicos en un programa de mejoramiento para --- Ecuador:

- a) Escoger como base genética la selección de materiales de amplia variabilidad.
- b) Seleccionar materiales entre varios ambientes, convergiendo hacia un compuesto total y divergiendo simultáneamente la selección genética hacia cada medio ambiente para mantener la variabilidad y favorablemente aumentar los rendimientos.
- c) Estudiar el potencial de los cruces interraciales, para - definir líneas de mejoramiento que permitan aprovechar la heterosis.

Con relación a la otra alternativa propuesta, ésta es llamada sistema consecutivo o alternante, consiste en que los ciclos de selección se van rotando a cada una de las localidades; el esquema se presenta en la figura 2.

Márquez menciona que no hay resultados a la fecha de la bondad de las alternativas anteriores, pero considera obvio que la selección mediante el sistema convergente divergente es - más rápida. Además el sistema puede llevarse a cabo también - en el método de selección familiar.\*

\* Comunicación personal del Dr. Fidel Márquez, Colegio de Post graduados, Chapingo, México.

#### 4.4.3 Formación de líneas y unificación de divergencias ambientales.

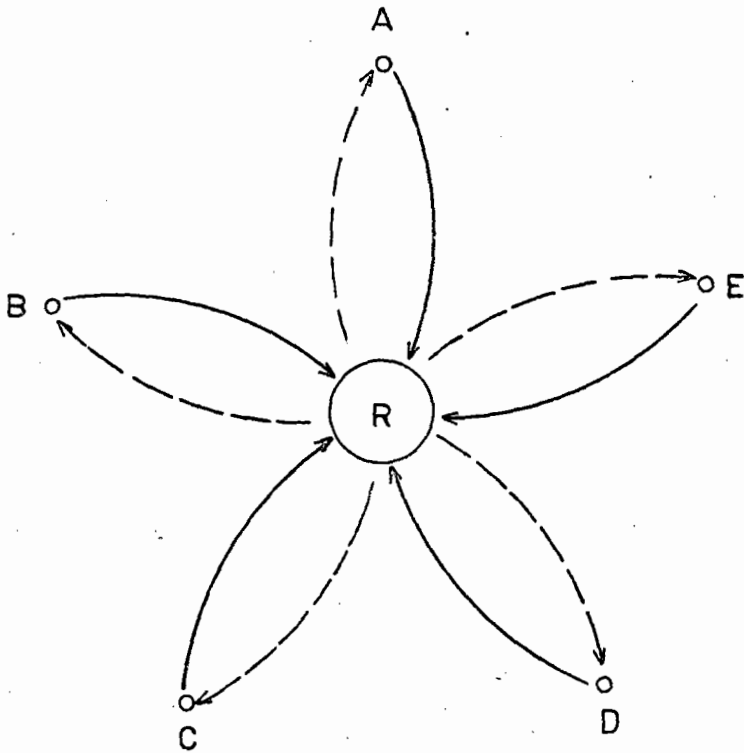
Después de la demostración hecha por Scott (1967) acerca del control genético de la estabilidad, y de la efectividad en la selección de líneas para este carácter cuando se selecciona en varios ambientes, Poey y García (1976) proponen el método de unificar diferentes ambientes a nivel microambiental considerando como factor importante para la selección a la densidad de población, ya que cuando se seleccionan para mayor producción potencial por planta se debe mantener el cultivo bajo condiciones ambientales óptimas y cuando se persigue la defensa del rendimiento la selección se practica bajo condiciones ambientales óptimas no logran manifestarse, estos procedimientos a la larga corren el riesgo de interaccionar negativamente, cuando se les somete al ambiente diferente al utilizado durante la selección, Otra situación podría ser la de alternar los ciclos de selección bajo condiciones ambientales contrastantes, lo cual reduciría la interacción negativa, pero los objetivos se verían realizados en más tiempo. La unificación de divergencias ambientales tiene por objeto eliminar o reducir las limitaciones para lograr máximo progreso en la selección de genes para rendimiento y adaptación y consiste en la identificación y recom

binación de plantas seleccionadas en cada ambiente, ésto se logra sembrando cada línea o familia en surcos individuales donde la mitad de las plantas se distribuyen a baja densidad y la otra mitad a alta densidad, al momento de la floración se seleccionan las mejores plantas en cada ambiente y se crzan entre sí, marcando debidamente la fuente del polen. Este sistema puede utilizarse también mediante el método de medios hermanos y hermanos completos.

Poey (1978) menciona que el sistema anteriormente expuesto - puede ser aplicable no sólo en la selección para estabilidad de rendimiento, sino que puede incluir otros ambientes adversos tales como deficiencia de humedad, baja fertilización, infestación artificial de plagas, etc., y que actualmente se emplea en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala (ICTA) para la recombinación y selección de materiales en formación tanto de líneas puras por endogamia lenta (cruzas fraternales planta a planta), como en las familias de medios hermanos y hermanos completos. En estos casos los surcos son de 11 metros de largo, sembrándose 7 a 33 cm. entre plantas (ambientes óptimos) y 4 mts. a 25 cms. (ambiente adverso).

Carballo (1970) dice que para el caso específico del mejoramiento de maíz en México, la tendencia ha sido hacia la formación de sintéticos e híbridos de cruce doble, estos últimos - formados por líneas de una a cuatro autofecundaciones como má

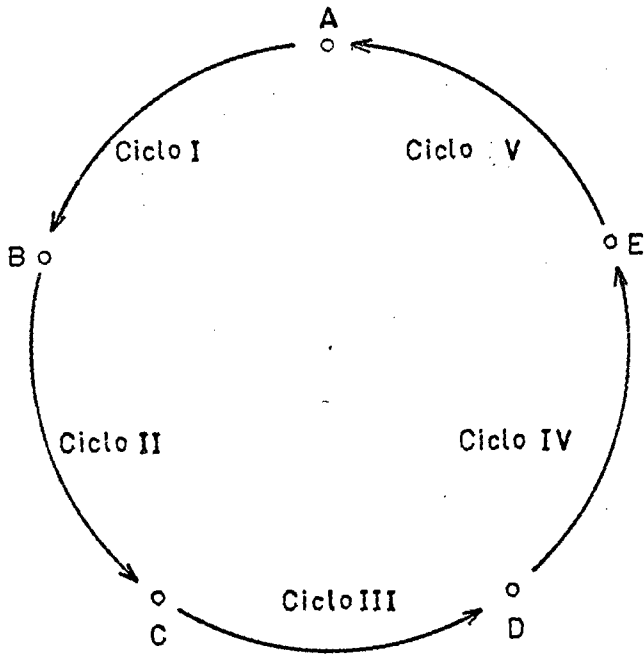
Figura 1



Sistema simultaneo

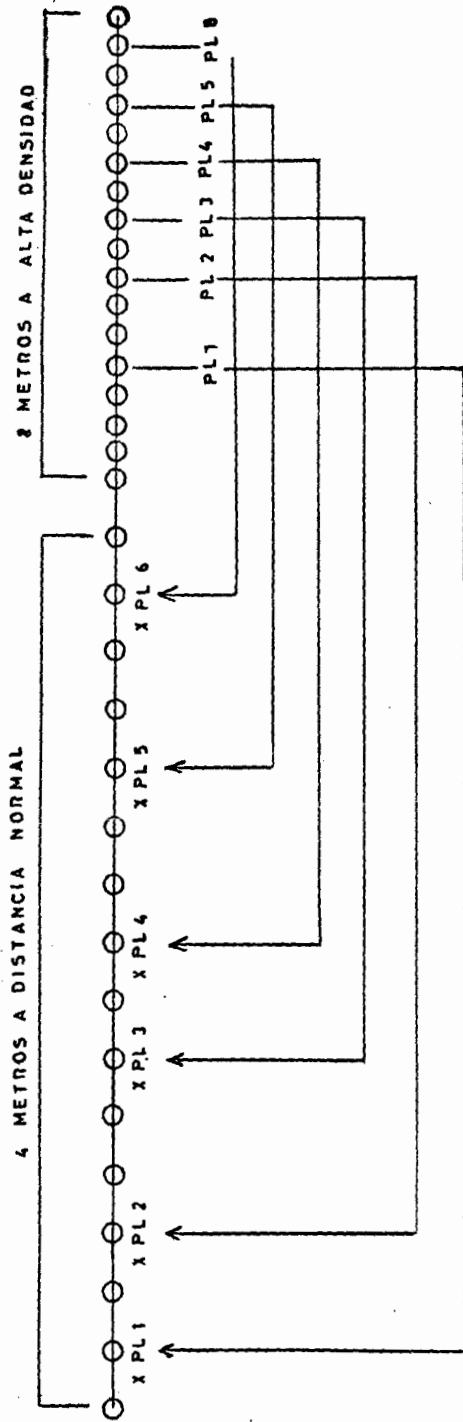


Figura 2



Sistema consecutivo

Figura 3



Sistema UDA

ximo, suponiendo que este tipo de materiales tiene un rango de adaptación a las condiciones ecológicas prevalentes en pequeñas regiones.

#### 4.4.4 Otros sistemas.

Van der Pahlen (1975) utilizando mezclas intraespecíficas en diferentes cultivos llevó a cabo dos experimentos usando el método de variedades multilíneas con la finalidad de tener más información acerca de este sistema de mejoramiento. En uno de los métodos en el cual usó 6 líneas isogénicas de cebada encontró una tendencia a separar los rendimientos esperados, y además hubo mayor estabilidad entre las líneas; concluyendo -- que el uso de este tipo de material hace posible una forma de "recombinación ecológica", la cual permite al mejorador eliminar la formación de retrocruza en un programa de formación de líneas. En otro experimento utilizó 75 líneas de una variedad polimórfica de arvejas, y sólo obtuvo resultados preliminares y no encontró diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, considera la posibilidad de que las líneas tiendan a componerse en diferentes ambientes y podrían producirse variedades multilíneas con genes de resistencia a enfermedades.

## 5. MATERIALES Y METODOS

Las localidades de prueba, su altura sobre el nivel del mar correspondiente y el año de evaluación del material genético que constituyó este estudio se listan en el Cuadro 4. Como podrá observarse durante el ciclo agrícola del verano de 1975 se evaluaron los materiales en 11 localidades diferentes, y en 1976 se probaron en otras 21 localidades, sumando un total de 32 ambientes de prueba para cada una de las variedades. Con respecto a la altura sobre el nivel del mar (msnm) se observa que ninguna localidad sobrepasa los 1 000 msnm por lo que estas se pueden considerar dentro de la clasificación de ambientes tropicales y subtropicales.

Para el caso específico del análisis para parámetros de estabilidad se consideró cada ambiente como una repetición independiente, de tal forma que no importa que las variedades se hayan establecido en diferentes años e inclusive en la misma zona durante el mismo año como es el caso de Coyuta Guatemala en el año de 1975, ya que en una zona determinada pueden establecerse varias evaluaciones en el mismo ciclo agrícola estableciendo éstas en localidades distantes una de otra.

Para el caso particular de las evaluaciones en las que se cooperó directamente, se presentan las características climatológicas de los ambientes de prueba siendo éstas; los campos experimentales de la Escuela de Agricultura de la U. de G., los

cuales tienen una localización de  $19^{\circ} 28'$  de latitud N y  $104^{\circ} 38'$  de longitud W, su altura sobre el nivel del mar es de 500 m y el clima se clasifica como cálido semi húmedo sin cambios marcados de temperatura durante el invierno, la temperatura media es de  $25.2^{\circ}\text{C}$  y 1105.5 mm de precipitación pluvial media anual (INIA 1971). De acuerdo con los datos anteriores, la zona se puede clasificar según Koppen como (AW) - siendo esta tropical (Sabana), con invierno seco. Otro de los experimentos se llevó a cabo en Villa Hidalgo Nayarit en los campos experimentales de Northrup King y Cia S.A. correspondientes a la zona tropical húmeda que tienen una localización de  $21^{\circ}43'30''$  de latitud N,  $105^{\circ}14'$  de longitud W, su altura ~~msnm~~ es de 5 a 10 m, y su temperatura media anual es de  $24.7^{\circ}\text{C}$  con una precipitación media anual de 1396.5 mm. De acuerdo con lo anterior, esta zona se clasifica como  $\text{Aw}^2$  (w) (i) de acuerdo con la clasificación de Koppen modificada por DETENAL para la República Mexicana catalogándose además como el más sub húmedo de los cálidos.

CUADRO 4. LOCALIDADES DE PRUEBA, ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR Y AÑO DE EVALUACION DEL MATERIAL GENETICO QUE CONSTITUYO ESTE ESTUDIO.

Ambiente de prueba	Pais	Altura SNM	Año de Prueba
Coyuta	Guatemala	50 m	1975
Coyuta	Guatemala	50 m	1975
Coyuta	Guatemala	50 m	1975
Sta. Cruz Porrillo	El Salvador	40 m	1975
Sn. Andrés	El Salvador	475 m	1975
Posaltega Leon	Nicaragua	30 m	1975
Masaya	Nicaragua	300 m	1975
Tocumen	Panamá	30 m	1975
La Escuadra Ch.	Nicaragua	60 m	1975
Poza Rica Ver.	México	50 m	1975
Tlaltizapan	México	940 m	1975
Tocumen	Panamá	30 m	1976
Las Delicias	El Salvador		1976
Sn. Andrés	El Salvador	475 m	1976
Villa Ahumado	Honduras		1976
Omonita	Honduras		1976
El Zamorano	Honduras	600 m	1976
Comayagua	Honduras	600 m	1976
La Maquina	Guatemala	40 m	1976
Coyuta	Guatemala	50 m	1976
Posaltega Leon	Nicaragua	30 m	1976
Altos de Masaya	Nicaragua	300 m	1976
Sta. Rosa	Nicaragua	60 m	1976
Chinandega	Nicaragua	60 m	1976
Puntas Arenas	Costa Rica		1976
Central Fram	Belize		1976
Camalote	Belize		1976
Poza Rica Ver.	México	50 m	1976
Villa Hidalgo Nay.	México	10 m	1976
La Huerta Jal.	México	500 m	1976
Sta. Cruz Porrillo	El Salvador	40 m	1976
Catacamas	Honduras		1976

## 5.1 MATERIAL GENETICO

En el cuadro 5 se presenta la genealogía del material genético estudiado, los cuales en adelante se denominarán "variedades". Como se puede observar además del nombre de las variedades se presenta el origen de las mismas, siendo este el nombre del país al que pertenecen ó en su caso el nombre de la compañía que los ha desarrollado. Por otra parte en el cuadro (6) se presenta el color del grano de cada material, la textura del mismo ya sea dentado, cristalino o intermedio entre estas características y si son híbridas o variedades, característica de gran importancia para los mejoradores en caso de que éstos deseen incluir alguno de los materiales en sus programas de mejoramiento. Además de lo anterior se considera la importancia de la última característica para los agricultores, ya que si es una variedad la que éstos sembraron y obtuvieron buenos rendimientos, con un buen sistema de selección empírico pueden mantener el rendimiento año tras año mientras la constitución genética de la variedad no cambie desfavorablemente.

CUADRO 5. GENEALOGIA DEL MATERIAL GENETICO Y EMPRESA O PAIS  
AL QUE PERTENECEN.

Número de entrada	Material	Origen
1	Tico V-1	Costa Rica
2	Tico V-2	Costa Rica
3	Tico H-5	Costa Rica
4	7501	DEKALB México
5	7504	DEKALB México
6	B-660	DEKALB México
7	B-666	DEKALB México
8	H-3	El Salvador
9	H-5	El Salvador
10	ICTA B-1	Guatemala
11	ICTA Trop. 101	Guatemala
12	Sint. Am. 6 Lin.	Guatemala
13	HA-502	Honduras
14	HB-105	Honduras
15	H-509	México
16	T-27	NK México
17	T-31	NK México
18	T-47	NK México
19	T-80	NK México
20	NK-991	NK México
21	Tocumen P.B.	Univ. de Panamá
22	Tocumen 70	Univ. de Panamá
23	X-304 A	Pioneer Centro America
24	X-306 B	Pioneer Centro America



## 5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y SISTEMA DE CULTIVO.

El diseño experimental fué uniforme para todas las localidades, siendo éste un látice simple 6 x 6 con cuatro repeticiones, estando formada la parcela experimental por cuatro surcos considerando como parcela útil los dos surcos centrales. La densidad de población en el caso de La Huerta, Jalisco y Villa Hidalgo, Nayarit fué de 50,000 plantas por hectarea. Antes de establecer los experimentos se preparó el terreno con un barbecho profundo y dos pasos de rastra en cruz para que la tierra quedara bien mullida lo cuál se logró dado el tipo de suelo. En pre-siembra se aplicaron 80 kilogramos de nitrógeno en forma de sulfato de amonio mezclados con 60 kilogramos de fósforo en forma de superfosfato triple, y además 20 kilogramos de aldrin para controlar las plagas del suelo, todo esto en proporción a una hectarea; posteriormente, antes de la segunda escarda se aplicaron otros 80 kilogramos de nitrógeno en forma de nitrato de amonio para tener una fertilización final de 160-40-00. Durante el desarrollo del cultivo se presentó unicamente la plaga del gusano cogollero (Spodoptera fugiperda, J. Smith), la cual fue controlada en su oportunidad en Villa Hidalgo con Azodrin en proporción a 1.5 litros por 200 litros de agua y en La Huerta con Dipterex - PH 80% en proporción de 2 kilogramos por 200 litros de agua. Como se puede deducir de acuerdo con el diseño experimental usado la cantidad total de varie-----

CUADRO 6. COLOR Y TEXTURA DEL GRANO Y CONFORMACION GENETICA  
DEL MATERIAL ESTUDIADO.

Material	Color y textura del grano	tipo de material
Tico V-1	Blanco dentado	Variedad
Tico V-2	Amarillo cristalino	Variedad
Tico H-5	Blanco semi dentado	Hibrido
7501	Blanco semi dentado	Hibrido
7504	Blanco cristalino	Hibrido
B-660	Blanco semi dentado	Hibrido
B-666	Blanco semi dentado	Hibrido
H-3	Blanco semi dentado	Hibrido
H-5	Blanco dentado	Hibrido
ICTA B-1	Blanco dentado	Variedad
ICTA Trop. 101	Blanco semi dentado	Hib. inter varietal
Sint. Am 6 Lin.	Amarillo cristalino	Variedad
HA-502	Amarillo cristalino	Hibrido
HB-105	Blanco semi dentado	Hibrido
H-509	Blanco dentado	Hibrido
T-27	Blanco dentado	Hibrido
T-31	Blanco dentado	Hibrido
T-47	Blanco semi cristalino	Hibrido
T-80	Amarillo cristalino	Hibrido
NK 991	Blanco dentado	Hibrido
Tocumen P.B.	Amarillo cristalino	Variedad
Tocumen 70	Amarillo cristalino	Variedad
X-304 A	Amarillo semi dentado	Hibrido
X-306 B	Amarillo semi dentado	Hibrido

dades usadas fue de 36, sin embargo para efectos del análisis para parámetros de estabilidad se consideraron 24 variedades que fueron las que intervinieron en todas las localidades ya que este es un requisito indispensable para poder determinar los parámetros de estabilidad.

### 5.3. MODELO DE ESTABILIDAD

Para determinar la estabilidad de rendimiento de cada una de las variedades se consideró el modelo matemático propuesto -- por Eberhart y Russell (1966) el cual es el siguiente:

$$Y_{ij} = M_i + B_i I_j + d_{ij}$$

Donde:

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

$M_i$  = media de la  $i$ -ésima variedad sobre todos los ambientes.

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

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

$I_j$  = índice ambiental obtenido por subtraer el rendimiento promedio de todas las variedades en todos los ambientes, del rendimiento promedio de todas las variedades en un ambiente particular.

$$I_j = \left( \sum_i \sum_j Y_{ij} / v \right) - \left( \sum_i \sum_j Y_{ij} / vn \right), \quad \sum_j I_j = 0$$

En el presente modelo se consideran como parámetros de estabilidad el coeficiente de regresión ( $b_i$ ) el cual mide la respuesta para una variedad y ambiente particular de la variable dependiente (en este caso el rendimiento) por unidad de cambio de la variable independiente (índice ambiental), calculándose éste parámetro de la siguiente manera:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{\sum_j I_j^2}$$

el otro parámetro de estabilidad considerado en el modelo - son las desviaciones de regresión ( $S_d^2$ ), las cuales miden la proporción en que la respuesta pre-dicha se acerca a la respuesta real, considerándose dentro de este parámetro la interacción genético ambiental, este parámetro indica si la variable dependiente puede ser predecible o no y se calcula de la siguiente manera:

$$S_d^2 = \left( \sum_i \delta^2_{ij} / n - 2 \right) S^2_e / r$$

donde:

$$\sum_j \delta^2_{ij} = \sum_j Y^2_{ij} - \frac{Y_i^2}{n} - \frac{(\sum_j Y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2}$$

y,  $S^2_e / r$  es el estimador del error conjunto (llamado así por Eberhart y Russell), en donde  $r$  = número de repeticiones.  $S^2_e$  se calcula como un promedio ponderado de los errores de todos los experimentos.

#### 5. 4 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS\*

Para poder realizar el análisis de parámetros de estabilidad de acuerdo con el modelo que se presenta en el cuadro (7) se deben incluir únicamente las variedades que intervienen en todos los medios ambientes y considerar solamente los valores - promedio del fenómeno en estudio (en este caso el rendimiento) de cada variedad en cada medio ambiente; además en cada localidad en donde se realizó una evaluación debe considerarse como un ambiente independiente, en este estudio no se consideran los años como fuentes de variación.

La concentración de los datos debe hacerse en cuadro de doble entrada, similar al cuadro (8) en el cual se presentan los datos obtenidos. Dicho cuadro es el primer paso para iniciar el análisis de variación el cual debe efectuarse bajo el modelo - de un diseño bloques al azar.

\* Palomo y Prado 1975.

CUADRO 7. MODELO DE ANALISIS PARA ESTIMAR LOS PARAMETROS DE ESTABILIDAD

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	
Total	$nv-1$	$\sum_i \sum_j Y^2_{ij} - F.C.$	
Variedades (V)	$v-1$	$\frac{1}{n} \sum_i Y^2_i - F.C.$	C.M.1
Medios ambientes (E)	$n-1$ $v(n-1)$	$\sum_i \sum_j Y^2_{ij} - \sum Y^2_i / n$	
E x V	$(v-1) (n-1)$		
M. Ambientes (lineal)	1	$\frac{1}{v} (\sum_j Y_{.j} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$	
E. x V (lineal)	$v-1$	$\sum_i \left[ \frac{(\sum_j Y_{ij} I_j)^2}{\sum_j I_j^2} \right]$	-S.C.M.A. lin. C.M.2
Desviación conjunta	$v(n-2)$	$\sum_i \sum_j \sigma^2_{ij}$	C.M.3
Variedad 1	$n-2$	$\left[ \sum_j Y^2_{ij} - \frac{(Y_{i.})^2}{n} \right]$	$-(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$
Variedad 2	:	:	
:	:	:	
:	:	:	
Variedad v	$n-2$	$\left[ \sum_j Y^2_{ij} - \frac{(Y_{i.})^2}{n} \right]$	$-(\sum_j Y_{ij} I_j)^2 / \sum_j I_j^2$
Error conjunto	$n(r-1) (v-1)$		C.M.4

## 6. RESULTADOS

En el cuadro 8 se presentan las medias de rendimiento de las 24 variedades en los 32 ambientes, de donde se parte para el análisis de parámetros de estabilidad.

Con el objeto de describir la metodología se presenta en forma detallada el análisis estadístico en las siguientes secciones.

### 6.1 CÁLCULO DE LA SUMA DE CUADRADOS

$$\text{Factor de corrección (F.C.)} = \frac{(\sum_{ij} Y_{ij})^2}{va}$$

donde:

v = variedades

a = ambientes

$$\text{F.C.} = \frac{(3187.92)^2}{24 \times 32} = 13232.85$$

$$\text{Suma de cuadrados totales} = \sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{(\sum_{ij} Y_{ij})^2}{va}$$

$$\text{Suma de cuadrados totales} = (1.43)^2 + (0.97)^2 + (1.12)^2 + \dots + (7.97)^2 + (8.02)^2 - \text{F.C.}$$

$$\text{S.C. Totales} = 15519.52 - 13232.85 = 2286.66$$

$$\text{Suma de cuadrados para variedades} = \sum_i \frac{Y^2_i}{a} - \frac{(\sum_j \sum_j Y_{ij})^2}{va}$$

$$\text{Suma de cuadrados para variedades} = \frac{(124.94)^2 + (115.88)^2 + (127.94)^2 + \dots + (149.00)^2}{32} - \text{F.C.}$$

$$\text{S.C. para variedades} = 13417.28 - 13232.85 = 184.42$$

$$\text{Suma de cuadrados residual} = \left[ \sum_{ij} Y^2_{ij} - \frac{(\sum_j \sum_j Y_{ij})^2}{va} \right] - \left[ \sum_i Y^2_i - \frac{(\sum_j \sum_j Y_{ij})^2}{va} \right]$$

Suma de cuadrados residual = S.C. totales - S.C. para variedades.

$$\text{S.C. residual} = 2286.66 - 184.42 = 2102.24$$

Ya que en el valor de la suma de cuadrados del residual están comprendidos los efectos del medio ambiente y los de la interacción, éste se debe descomponer en la suma de cuadrados correspondientes a la regresión ambiental y la correspondiente a la interacción genético ambiental (lineal), de tal forma -- que el cálculo de la suma de cuadrados del ambiente (lineal) viene representado por la siguiente fórmula:

$$\text{S.C.A. (lineal)} = \frac{1}{v} (\sum_j Y_{.ij})^2 / \sum_j I^2_j$$

donde:

$I_j$  = índice ambiental que se calcula de la siguiente manera:

$$I_1 = (\text{Coyuta Guatemala}) = (\sum_i Y_{i1} / v) - (\sum_i \sum_j Y_{ij} / va)$$

$$I_1 = \frac{(1.43 + 0.97 + 1.12 + \dots + 1.80)}{24} - \frac{(1.43 + 0.97 + 1.12 + \dots + 7.97 + 8.02)}{24 \times 32}$$

$$I_1 = \frac{34.6}{24} - \frac{3187.92}{768} = 1.44 - 4.15 = -2.71$$



RENDIMIENTOS MEIOTOS VARIANTES EN CADA AMBIENTE DE PRUEBA.  
VARIETADES ( GENOTIPOS )

Amb.	G 1	G 2	G 3	G 4	G 5	G 6	G 7	G 8	G 9	G 10	G 11	G 12	G 13	G 14	G 15	G 16	G 17	G 18	G 19	G 20	G 21	G 22	G 23	G 24	Y j	
1	1.43	0.97	1.12	2.28	2.28	1.43	1.66	1.00	1.78	1.39	1.15	1.46	3.09	1.14	1.23	1.48	2.11	1.40	1.14	1.15	1.13	0.93	1.86	1.80	1.44	
2	1.31	1.52	0.85	2.55	2.06	1.57	2.47	1.16	2.38	1.28	1.28	1.67	1.73	1.27	1.94	1.60	1.88	1.65	1.03	0.93	1.05	0.85	2.40	1.93	1.50	
3	1.10	1.08	1.14	2.66	1.94	1.09	2.26	0.93	2.46	1.66	1.53	1.44	1.70	1.28	1.32	1.58	1.77	1.42	1.12	0.95	1.17	0.80	2.19	1.44	1.48	
4	4.64	4.90	5.93	6.52	7.20	7.04	7.21	4.68	7.55	5.54	7.16	5.67	5.76	5.28	6.75	6.02	6.84	6.17	5.69	5.23	4.55	4.74	5.72	6.16	5.96	
5	3.57	3.31	2.72	4.71	4.54	4.54	5.11	2.71	4.51	3.83	4.24	3.39	3.84	3.31	3.33	3.94	4.54	3.92	4.22	3.08	3.04	2.32	4.12	4.24	3.32	
6	4.58	4.91	5.93	6.75	6.82	5.24	6.78	5.79	6.41	4.83	5.79	4.73	5.55	3.87	4.23	5.72	6.12	5.74	6.36	5.79	4.61	5.17	7.42	6.85	5.67	
7	4.48	3.95	4.72	7.94	6.84	7.08	6.54	2.82	5.47	4.57	5.43	4.78	4.99	3.93	4.41	5.37	5.95	5.23	4.81	2.53	3.71	4.08	5.67	6.00	5.66	
8	3.87	3.78	4.57	5.41	5.16	5.09	5.64	3.13	4.97	4.06	4.41	3.65	4.41	4.48	3.55	4.64	4.70	4.17	4.76	2.91	3.17	3.97	5.04	5.17	4.38	
9	0.55	1.08	0.52	1.24	0.78	0.52	0.81	1.78	0.92	0.47	0.78	0.67	2.70	0.75	0.74	1.36	1.04	0.98	1.73	1.82	1.38	0.66	1.77	4.60	1.21	
10	1.68	1.53	1.43	3.29	2.76	2.24	3.29	1.41	2.26	2.90	1.70	1.68	1.86	1.70	1.92	2.24	2.37	2.11	1.77	1.58	1.59	1.11	2.25	1.63	2.01	
11	4.71	4.04	5.01	5.85	5.76	5.11	6.55	3.69	4.86	4.75	4.84	4.25	4.67	6.20	4.58	5.76	5.10	5.21	5.01	4.39	4.13	4.07	5.10	4.81	4.93	
12	5.41	3.96	4.85	5.96	4.98	3.99	5.53	3.61	3.92	6.08	5.40	3.97	4.39	5.25	4.93	4.70	4.82	5.24	3.90	4.42	3.92	3.91	4.60	5.01	4.71	
13	3.75	3.78	4.98	5.94	5.30	5.44	5.89	5.54	3.43	4.28	3.80	3.70	4.91	3.43	4.59	4.18	4.10	5.44	3.78	3.84	1.49	3.15	4.42	5.63	4.37	
14	4.59	3.11	3.36	4.05	5.05	3.46	4.98	4.35	3.11	4.43	4.44	3.74	3.16	3.84	3.74	3.45	3.56	4.47	4.08	3.63	1.79	2.76	3.78	3.74	3.78	
15	5.73	5.97	6.56	6.39	6.81	6.81	6.45	7.08	5.60	7.41	5.94	6.89	5.52	6.58	6.53	6.22	6.31	6.34	7.28	6.57	3.70	5.43	7.23	6.97	6.35	
16	2.81	2.55	2.87	3.14	3.88	2.99	3.50	3.73	2.22	3.12	3.02	3.30	3.78	3.03	2.97	3.61	3.23	2.84	2.86	2.79	1.99	2.83	3.52	4.63	3.11	
17	5.57	4.61	5.82	6.48	5.98	4.82	5.58	4.59	5.00	5.32	5.84	4.77	4.22	5.75	5.33	5.00	5.20	6.09	4.95	5.75	3.62	4.52	5.78	4.92	5.23	
18	4.41	3.75	4.03	5.25	4.54	3.49	4.29	4.18	4.31	4.08	4.15	3.29	3.23	4.00	3.87	4.01	4.02	4.49	4.07	3.73	2.81	2.81	4.43	4.59	3.99	
19	4.53	4.21	3.84	5.73	5.71	4.38	5.44	4.39	4.89	4.61	4.60	4.26	4.09	4.56	4.50	4.21	4.65	5.19	4.57	4.07	2.58	3.59	5.13	5.24	4.54	
20	4.48	3.81	3.83	5.31	4.97	3.85	5.06	3.98	3.30	4.54	4.14	4.02	3.44	3.28	4.71	4.78	4.21	5.20	4.43	4.26	2.16	3.40	4.27	4.80	4.13	
21	4.87	4.80	5.51	5.74	6.59	4.44	6.46	5.56	5.43	5.74	5.94	5.38	6.08	5.74	4.54	6.13	5.82	5.70	5.85	6.55	3.42	4.62	6.55	7.31	5.61	
22	4.55	3.95	5.02	5.68	5.13	4.29	5.10	4.08	4.58	4.87	5.33	5.10	4.73	4.61	4.77	4.10	4.90	5.50	5.06	4.89	3.71	4.54	5.26	4.79	4.77	
23	3.75	3.91	4.15	4.96	4.61	4.37	6.09	3.64	4.32	5.01	5.12	4.47	4.05	4.56	3.48	5.66	4.09	4.35	4.99	3.59	3.34	3.61	4.62	5.51	4.53	
24	1.95	1.84	2.02	2.25	2.09	1.61	3.49	3.48	1.59	1.98	2.32	1.94	2.66	1.43	2.17	1.80	2.97	3.11	2.55	3.47	1.23	2.23	3.34	3.50	2.32	
25	5.09	4.10	5.36	5.45	5.67	4.80	6.05	5.28	4.09	4.60	4.44	4.05	4.29	5.12	5.78	4.82	5.13	5.04	5.28	5.17	4.42	5.46	5.01	5.75	5.62	
26	3.86	7.69	5.71	6.73	6.43	7.39	5.35	5.37	5.11	5.59	5.49	4.58	5.90	7.34	7.55	7.61	4.46	7.33	7.44	7.08	4.22	7.17	6.29	5.95	6.15	
27	5.57	4.42	3.60	3.62	3.38	3.66	3.75	3.99	4.46	5.17	5.07	4.36	3.58	5.31	4.11	3.63	4.08	3.55	3.53	4.51	3.10	4.61	4.36	4.45	4.13	
28	3.68	3.30	3.71	5.17	4.32	4.15	4.29	4.52	3.32	4.54	4.29	3.47	3.18	3.56	4.65	4.00	4.15	4.02	3.64	3.93	1.13	3.03	3.92	3.63	3.23	
29	3.97	3.61	3.61	4.60	4.49	2.77	4.24	3.32	4.04	4.05	4.18	3.62	4.86	4.28	5.44	4.40	3.98	4.60	3.68	4.46	2.12	2.78	4.50	3.85	3.93	
30	3.47	3.42	4.18	6.40	4.73	3.65	4.61	3.50	3.47	4.59	4.62	2.07	2.87	4.80	5.32	5.20	3.13	5.45	3.52	3.35	1.42	3.62	2.71	2.50	3.92	
31	3.09	3.02	2.57	4.18	5.00	2.61	3.88	3.45	1.97	2.51	2.29	3.03	3.03	3.03	2.26	2.14	3.38	3.63	3.96	2.93	3.27	1.10	2.46	3.98	4.53	3.12
32	7.89	5.00	8.42	9.89	9.79	8.41	8.64	8.42	6.71	8.47	8.06	7.21	7.18	5.06	8.41	7.89	7.14	9.10	7.19	7.92	2.18	6.90	7.97	8.02	7.58	
Y1	3.90	3.62	4.00	5.07	4.86	4.13	4.90	3.91	4.01	4.24	4.30	3.77	4.04	3.97	4.17	4.33	4.25	4.53	4.16	4.05	2.67	3.52	4.53	4.65	4.65	
124.9		127.9		155.5		132.3	156.9		128.4		137.7		129.4		133.5		136.0		133.1		85.48		145.1		3187.9	
		115.8		162.1		132.3	156.9		125.1		135.7		120.6		127.0		138.4		145.0		129.6		112.6		149.0	

De tal forma que:

- I 2 = -2.55 (Coyuta Guatemala)
- I 3 = -2.67 (Coyuta Guatemala)
- I 4 = -1.81 (Sta. Cruz Porrilo El Salvador )
- I 5 = -0.03 (Sn. Andrés El Salvador)
- I 6 = 1.52 (Posaltega León Nicaragua)
- I 7 = 0.91 (Masaya Nicaragua)
- I 8 = 0.23 (Tocuman Panamá)
- I 9 = 2.94 (La Escuadra Chinandega Nicaragua)
- I 10 = -2.14 (Poza Rica Ver, México)
- I 11 = 0.78 (Tlaltizapan México)
- I 12 = 0.56 (Tocumen Panamá)
- I 13 = 0.22 (Las Delicias El Salvador)
- I 14 = -0.37 (Sn. Andrés El Salvador)
- I 15 = 2.20 (Villa Ahumado Honduras)
- I 16 = -1.04 (Omonita Honduras)
- I 17 = 1.08 (El Zamorano Honduras)
- I 18 = -0.16 (Comayagua Honduras)
- I 19 = 0.39 (La Máquina Guatemala)
- I 20 = 0.03 (Coyuta Guatemala)
- I 21 = 1.46 (Posaltega Nicaragua)
- I 22 = 0.72 (Altos de Masaya Nicaragua)
- I 23 = 0.28 (Sta. Rosa Nicaragua)
- I 24 = -1.78 (Chinandega Nicaragua)
- I 25 = 0.87 (Puntas Arenas Costa Rica)
- I 26 = 2.00 (Central Fram Belize)
- I 27 = 0.03 (Camalote Belize)

I 28= -0.37 (Poza Rica Ver, México)

I 29= -0.17 (Villa Hgo. Nay. México)

I 30= -0.20 (La Huerta Jal. México)

I 31= -1.03 (Sta. Cruz El Salvador)

I 32= 3.43 (Catacamas Honduras)

Considerando la fórmula para determinar SCA (lineal) se tiene que:

$$\sum I^2_j = (-2.71)^2 + (-2.55)^2 + (-2.67)^2 + \dots + (3.43)^2 = 72.70$$

y desarrollando la fórmula completa el resultado es el siguiente

$$SCA (lineal) = \frac{1}{3^2} [1.44(-2.71) + 1.60(-2.55) + 1.48(-2.67) + \dots + 7.58(3.43)]^2 / 72.70$$

$$SCA (lineal) = \frac{1}{3^2} (76.43)^2 / 72.70 = 182.58 / 72.70 = 2.51$$

El cálculo de la suma de cuadrados de la regresión genético - ambiental (lineal), se determina mediante la siguiente fórmula:

$$SCV \times A (lineal) = \sum (\sum Y_{ij} I_j)^2_j - SCA (lineal)$$

debiendose calcular primeramente  $(\sum Y_{ij} I_j)^2$ , lo cual se determina de la siguiente manera:

$$\sum Y_{1j} I_j = 1.43(-2.71) + 1.31(-2.55) + 1.10(-2.67) + \dots + 7.89(3.43) = (66.81)^2$$

:

:

:

$$\sum Y_{24j} I_j = 1.80(-2.71) + 1.93(-2.55) + 1.44(-2.67) + \dots + 8.02(3.43) = (67.77)^2$$

Una vez elevados al cuadrado cada uno de los valores obtenidos, éstos se dividen entre la varianza del índice ambiental -

$(\sum I^2_j)$ , para finalmente sumar cada uno de los valores y al resultado total se le restará la SCA (lineal) para obtener los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} \text{SCVxA(lineal)} &= \sum_i \left( \sum_j Y_{ij} I_j \right)^2 / \sum_j I_j^2 - \text{SCA (lineal)}. \\ &= 1726.16 - 251 \end{aligned}$$

$$\text{SCVxA} = 1723.65$$

La suma de cuadrados de las desviaciones ponderadas resultan de restar de la suma de cuadrados del residual, las sumas de cuadrados del ambiente (lineal) y la suma de cuadrados de la interacción genético-ambiental (lineal), quedando representada por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j d_{ij}^2 &= \left( \sum_j Y_{ij}^2 - EY_i^2/n \right) - \frac{1}{v} \sum_j Y_{.j} I_j^2 / \sum_j I_j^2 - \\ &\quad \sum_i \left\{ \sum_j Y_{ij} I_j \right\}^2 / \sum_j I_j^2 - \text{SCA (lin.)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{ij} d_{ij}^2 &= \text{SC residual} - \text{SCA (lineal)} - \text{SCVxA (lineal)} \\ &= 2102.24 - 251 - 1723.65, \end{aligned}$$

$$\sum_{ij} d_{ij}^2 = 376.08$$

El valor de la suma de cuadrados de las desviaciones ponderadas se descompone en la suma de cuadrados de las desviaciones de regresión  $(\sum_j d_{ij}^2)$  para cada una de las variedades, de tal forma que el cálculo de ésta queda manifestado por la siguiente expresión:

$$\sum_j^A d_{ij}^2 = \left[ \sum_j y_{ij}^2 - \frac{y_i \cdot^2}{n} \right] - \frac{(\sum_j y_{ij} \cdot j)^2}{\sum_j j^2}$$

= S.C. total para la i-ésima var. - S.C. de regresión para la i-ésima variedad

$$\sum_j^A d_{1j}^2 = (143)^2 + (1.31)^2 + (110)^2 + \dots + (7.89)^2 - \frac{(1.43 + 1.31 + 1.10 + \dots + 7.89)^2}{32}$$

$$= 61.3939$$

$$= 564.0316 - \frac{(124.94)^2}{32} - 61.3939$$

$$= 564.0316 - 487.8126 - 61.3939$$

$$\sum_j^A d_{2j}^2 = 14.8251$$

$$\sum_j^A d_{3j}^2 = 485.0896 - 419.6304 - 43.0500 = 22.4092$$

$$\sum_j^A d_{4j}^2 = 614.9299 - 511.5201 - 98.9768 = 4.433$$

$$\sum_j^A d_{5j}^2 = 923.518 - 821.3404 - 84.9378 = 17.2398$$

$$\sum_j^A d_{6j}^2 = 862.8077 - 756.5077 - 95.3580 = 10.942$$

$$\sum_j^A d_{7j}^2 = 659.5966 - 547.2258 - 96.9760 = 15.3948$$

$$\sum_j^A d_{8j}^2 = 859.2255 - 770.1831 - 77.0281 = 12.0143$$

$$\sum_j^A d_{9j}^2 = 574.4391 - 489.5320 - 64.8502 = 20.0569$$

$$\sum_j^A d_{9j}^2 = 591.654 - 515.5260 - 60.8733 = 15.2547$$

$$\sum_j^1 d_{10j}^2 = 669.6408 - 575.6224 - 83.0771 = 10.9413$$

$$\sum_j^1 d_{11j}^2 = 681.6054 - 592.8846 - 83.2272 = 5.4936$$

$$\sum_j^1 d_{12j}^2 = 525.7773 - 454.5866 - 64.5229 = 6.6678$$

$$\sum_j^1 d_{13j}^2 = 577.5408 - 523.6656 - 40.7565 = 13.1187$$

$$\sum_j^1 d_{14j}^2 = 593.0024 - 504.0312 - 67.8134 = 21.1578$$

$$\sum_j^1 d_{15j}^2 = 657.7795 - 557.1956 - 84.1024 = 16.4815$$

$$\sum_j^1 d_{16j}^2 = 687.0389 - 599.3587 - 79.1863 = 8.4939$$

$$\sum_j^1 d_{17j}^2 = 644.9866 - 578.0 - 59.1523 = 7.8343$$

$$\sum_j^1 d_{18j}^2 = 755.2198 - 657.1218 - 89.8665 = 8.2315$$

$$\sum_j^1 d_{19j}^2 = 646.1896 - 554.2785 - 84.5161 = 7.395$$

$$\sum_j^1 d_{20j}^2 = 689.8163 - 524.461 - 75.7476 = 89.1077$$

$$\sum_j^1 d_{21j}^2 = 263.2640 - 228.3384 - 23.4941 = 11.4315$$

$$\sum_j^1 d_{22j}^2 = 479.2217 - 396.4223 - 73.9747 = 8.8247$$

$$\sum_j^1 d_{23j}^2 = 737.7687 - 658.0285 - 70.0953 = 9.6449$$

$$\sum_j^1 d_{24j}^2 = 775.3894 - 693.7812 - 63.1859 = 18.4223$$

## 6.2 ANALISIS DE VARIANZA

Una vez realizado el proceso anterior, se concentran los valores obtenidos en un cuadro de análisis de variación, ver cuadro 9. El valor del C.M. del error conjunto (error ponderado) que se presenta en el cuadro resulta de sumar los C.M. del error experimental de los análisis de varianza de cada experimento en particular y el resultado de esta suma se pon  
dra con los grados de libertad del error experimental (los --  
cuales resultan de sumar los grados de libertad del error de cada uno de los experimentos) El valor que resulta se divide a su vez, entre el número de repeticiones consideradas en los experimentos individuales, presentándose el resultado en el cuadro (10).

Cuadro No. 9

CUADRO DE ANALISIS DE VARIACION PARA EL CALCULO DE LOS  
PARAMETROS DE ESTABILIDAD PCCMCA 1975-1976

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Total	767	2286.66			
Variedades (V)	23	184.42	8.018	15.360	1.58 1.89**CM <sub>1</sub>
Ambientes (A)	744	2102.24			
V x A	713				
Amb. (lineal)	1	2.51			
V x A (lineal)	23	1723.65	74.94	143.56	1.58 1.89**CM <sub>2</sub>
Desviaciones Ponderadas	720	376.08	0.522	2.7116	** CM <sub>3</sub>
Variedad 1	30	14.8251	0.4941	2.4667	**
Variedad 2	30	22.4042	0.7469	3.8800	**
Variedad 3	30	4.433	0.1477	0.7672	**
Variedad 4	30	17.2395	0.5746	2.9849	**
Variedad 5	30	10.942	0.3647	1.8945	**
Variedad 6	30	15.3948	0.4131	2.6654	**
Variedad 7	30	12.0143	0.4004	2.0800	**
Variedad 8	30	20.0569	0.6685	3.4727	**
Variedad 9	30	15.2547	0.5484	2.8488	**
Variedad 10	30	10.9413	0.3647	1.8945	**
Variedad 11	30	5.4936	0.1831	0.4511	**
Variedad 12	30	6.6678	0.2222	1.1542	**
Variedad 13	30	13.1187	0.4372	2.2711	**
Variedad 14	30	21.1578	0.7052	3.6633	**
Variedad 15	30	16.4815	0.5493	2.8535	**
Variedad 16	30	8.4939	0.2831	1.4206	**
Variedad 17	30	7.8343	0.2611	1.3563	**
Variedad 18	30	8.2315	0.2743	1.4249	**
Variedad 19	30	7.395	0.2465	1.2805	**
Variedad 20	30	89.1077	2.9702	15.4296	**
Variedad 21	30	11.4315	0.3810	1.9792	**
Variedad 22	30	8.8247	0.2941	1.5277	*
Variedad 23	30	9.6449	0.3214	1.6696	*
Variedad 24	30	18.4223	0.6140	3.1896	**
Error ponderado	2720		0.1925		

\* svp.



Cuadro 10

## ESTIMACION DEL C.M. DEL ERROR PONDERADO

LOCALIDAD	G.L.	S.C.E.
Coyuta, Guatemala	85	13.8209
Coyuta, Guatemala	85	15.5227
Coyuta, Guatemala	85	13.3801
Sta. Cruz Parrillo, El Salvador	85	71.8707
San Andrés, El Salvador	85	30.3357
Poraltega León, Nicaragua	85	64.4878
Tocumen, Panamá	85	65.6230
La Escuadra Chinandenga, Nicaragua	85	34.0552
Poza Rica, México	85	18.6089
Tlaltizapán, México	85	15.5461
Tocumen, Panamá	85	66.5881
Las Delicias, El Salvador	85	42.9183
San Andrés, El Salvador	85	93.0402
Villa Ahumado, Honduras	85	49.1506
Omonita, Honduras	85	56.2634
El Zamorano, Honduras	85	39.3451
Comayagua, Honduras	85	76.1579
La Máquina, Guatemala	85	31.9260
Coyuta, Guatemala	85	26.6391
Fosaltega, Nicaragua	85	44.4997
Altos de Masaya, Nicaragua	85	43.3816
Sta. Rosa, Nicaragua	85	57.3011
Chinandenga, Nicaragua	85	79.4332
Puntas Arenas, Costa Rica	85	61.2286
Central Fram. Belize	85	74.6891
Masaya, Nicaragua	85	37.3350
Tlaltizapán, México	85	416.4496
Poza Rica, México	85	158.5447
Villa Hidalgo, Nay. México	85	22.9885
La Huerta, Jal. México	85	57.8894
Sta. Cruz, El Salvador	85	166.4456
Catacamos, Honduras	85	49.2516
	<u>2720</u>	<u>2095.2175</u>

$$SC$$

$$EE \text{ ponderado} = \frac{2095.2175}{2720} = 0.7703/4 = 0.1925$$

## 6.3 CALCULO DE COEFICIENTES DE REGRESION

El coeficiente de regresión de cada variedad se estima mediante la siguiente fórmula:

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}$$

Donde la varianza del índice ambiental  $\sum_j I_j^2$  es la variable independiente y la suma de las medias varietales multiplicadas por su índice ambiental para cada variedad en particular representan la variable dependiente, obteniéndose así los siguientes resultados:

$$\begin{aligned} b_1 &= 66.8058 / 72.7012 = 0.92 \\ b_2 &= 55.9445 / 72.7012 = 0.77 \\ b_3 &= 84.8277 / 72.7012 = 1.17 \\ b_4 &= 78.5817 / 72.7012 = 1.08 \\ b_5 &= 83.2625 / 72.7012 = 1.14 \\ b_6 &= 83.9654 / 72.7012 = 1.15 \\ b_7 &= 74.8334 / 72.7012 = 1.03 \\ b_8 &= 68.6636 / 72.7012 = 0.94 \\ b_9 &= 66.5249 / 72.7012 = 0.91 \\ b_{10} &= 77.7162 / 72.7012 = 1.07 \\ b_{11} &= 77.7864 / 72.7512 = 1.07 \\ b_{12} &= 68.4901 / 72.7012 = 0.94 \\ b_{13} &= 54.4339 / 72.7012 = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{14} &= 70.2148 / 72.7012 = 0.96 \\
 b_{15} &= 78.1943 / 72.7012 = 1.07 \\
 b_{16} &= 75.8745 / 72.7012 = 1.04 \\
 b_{17} &= 65.5778 / 72.7012 = 0.90 \\
 b_{18} &= 80.8295 / 72.7012 = 1.11 \\
 b_{19} &= 78.3864 / 72.7012 = 1.08 \\
 b_{20} &= 74.2088 / 72.7012 = 1.02 \\
 b_{21} &= 41.3286 / 72.7012 = 0.57 \\
 b_{22} &= 73.3352 / 72.7012 = 1.01 \\
 b_{23} &= 71.3864 / 72.7012 = 0.98 \\
 b_{24} &= 67.7768 / 72.7012 = 0.93
 \end{aligned}$$

#### 6.4 CALCULO DE DESVIACIONES DE REGRESION

En cuanto a las desviaciones de regresión, éstas se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$Sdi^2 = \sum_j^1 dij / (n-2) - Se^2 / r$$

$$1.- 0.4941 - 0.1925 = 0.3016$$

$$2.- 0.7469 - 0.1925 = 0.5544$$

$$3.- 0.1477 - 0.1925 = 0.448$$

$$4.- 0.5746 - 0.1925 = 0.3821$$

$$5.- 0.3647 - 0.1925 = 0.1722$$

$$6.- 0.5131 - 0.1925 = 0.3206$$

7.-	0.4004	-	0.1925	=	0.2079
8.-	0.6685	-	0.1925	=	0.4760
9.-	0.5484	-	0.1925	=	0.3559
10.-	0.3647	-	0.1925	=	0.1722
11.-	0.1831	-	0.1925	=	0.0094
12.-	0.2222	-	0.1925	=	0.0297
13.-	0.4372	-	0.1925	=	0.2447
14.-	0.7052	-	0.1925	=	0.5127
15.-	0.5493	-	0.1925	=	0.3568
16.-	0.2831	-	0.1925	=	0.0906
17.-	0.2611	-	0.1925	=	0.0689
18.-	0.2743	-	0.1925	=	0.0818
19.-	0.2465	-	0.1925	=	0.0540
20.-	2.9702	-	0.1925	=	2.7777
21.-	0.3810	-	0.1925	=	0.1885
22.-	0.2941	-	0.1925	=	0.1016
23.-	0.3214	-	0.1925	=	0.1289
24.-	0.6140	-	0.1925	=	0.4215

Para interpretar el comportamiento de cada variedad se concentran el promedio de rendimiento de cada una, su coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión como se presenta en el cuadro número (11).

En este momento del desarrollo del análisis, se puede predecir el comportamiento de cada variedad en cada ambiente, -- usando los estimadores de los parámetros  $M$  y  $B_1$  como:

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{X}_i + b_j I_j$$

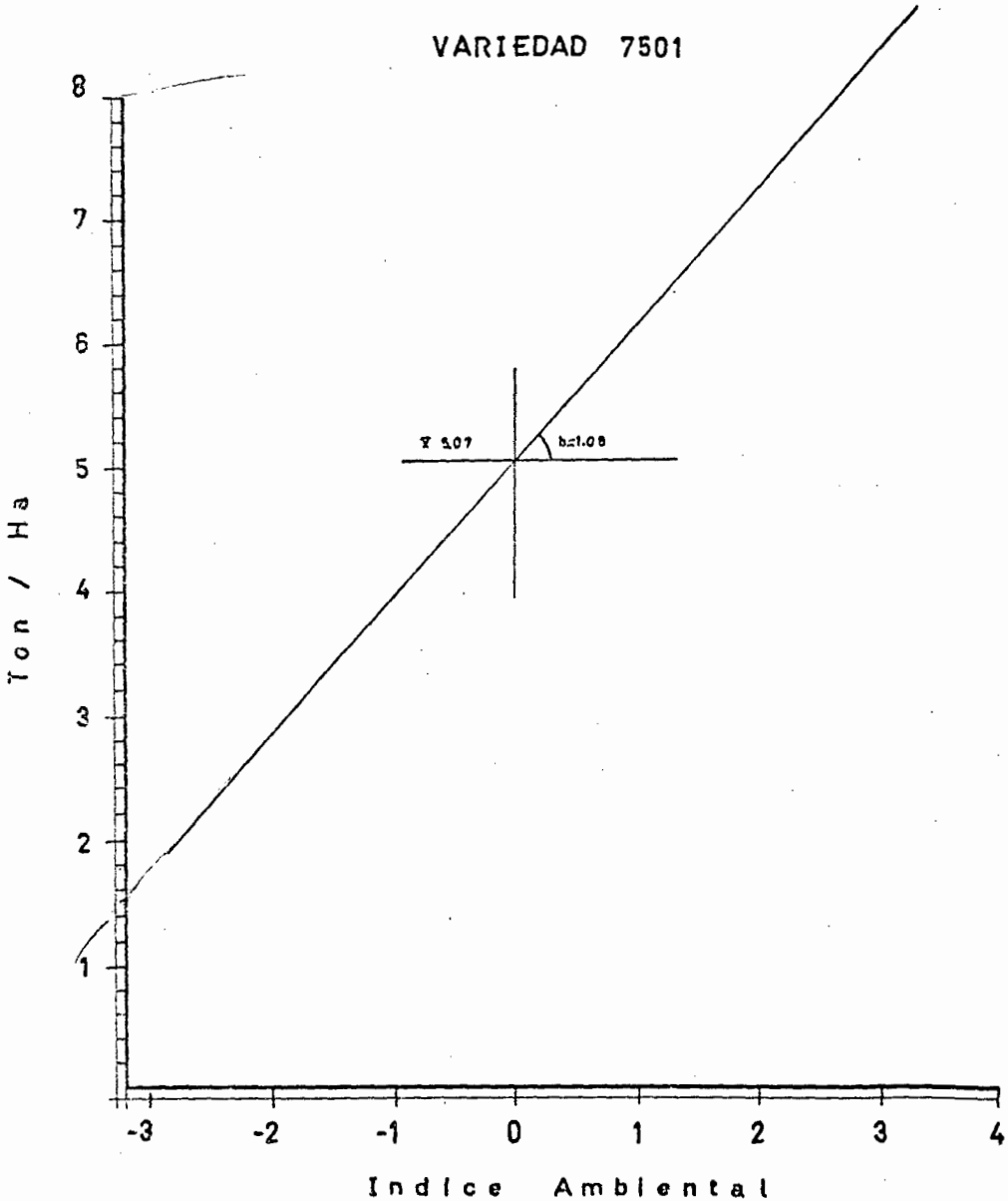
Quedando el resultado como se presenta en el siguiente ejemplo:

$$\hat{Y}_{ij} = 3.90 + 0.92 (-2.71) = 1.406$$

Una vez determinados los valores predichos, se pueden hacer las líneas de regresión de los materiales de mayor interés - como se presenta en las gráficas 1, 2 y 3.

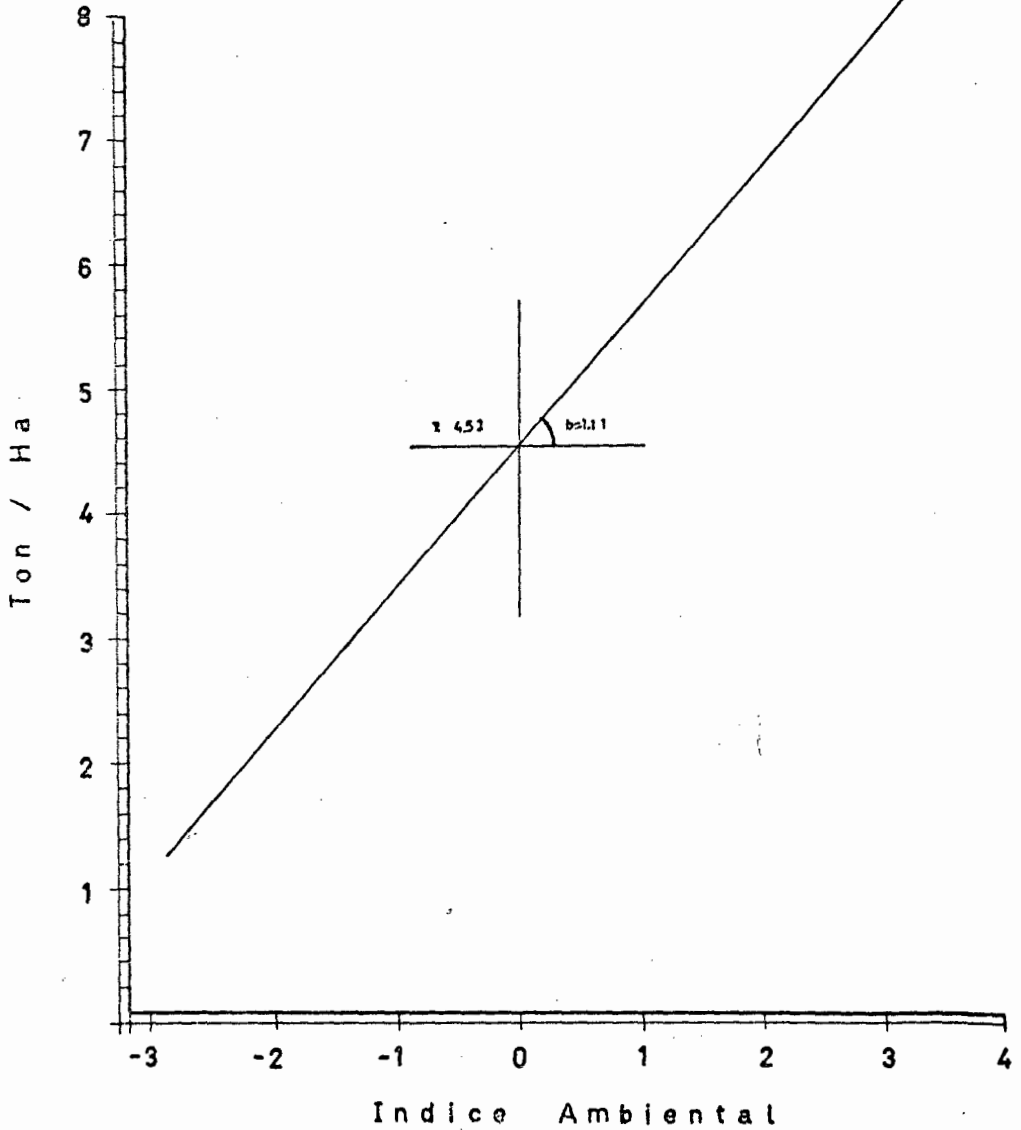
GRAFICA 1

VARIEDAD 7501



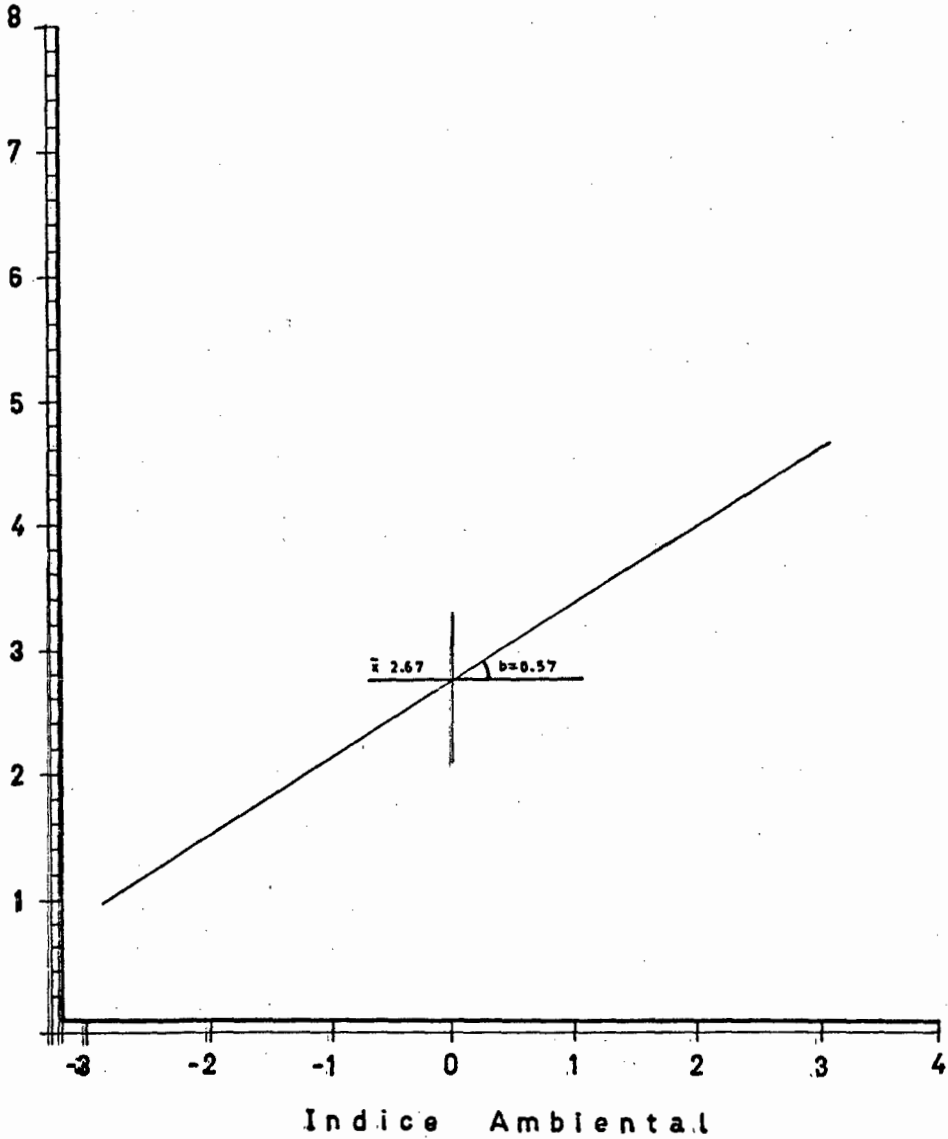
GRAFICA 2

VARIEDAD T 47



GRAFICA 3

VARIEDAD TOCUMEN P. B.





Cuadro 11

RENDIMIENTO MEDIO Y PARAMETROS DE ESTABILIDAD DE  
24 VARIETADES DE MAIZ PCCMCA 1975-1976

V A R I E T A D	RENDIMIENTO PROM. TON/HA	COEFICIENTE DE REGRESION (bi)	DESVIACIONES DE REGRESION S
1.- Tico V-1	3.90	0.92	0.3016 **
2.- Tico V-2	3.62	0.77 **	0.5544 **
3.- Tico H-5	4.00	1.17 *	0.4480
4.- 7501	5.07	1.08	0.3821 **
5.- 7504	4.86	1.14	0.1722 **
6.- B-660	4.13	1.15	0.3206 **
7.- B-666	4.90	1.03	0.2079 **
8.- H-3	3.91	0.94	0.4760 **
9.- H-5	4.01	0.91	0.3559 **
10.- ICTA B-1	4.24	1.07	0.1722 **
11.- ICTA TROP. 101	4.30	1.07	0.0094
12.- SINT. AM 6 LINEAS	3.77	0.94	0.0297
13.- H-A 502	4.04	0.75**	0.2447 **
14.- H-B 105	3.97	0.96	0.5127 **
15.- H-509	4.17	1.07	0.3568 **
16.- T-27	4.33	1.04	0.0906
17.- T-31	4.25	0.90	0.0689
18.- T-47	4.53	1.11	0.0818
19.- T-80	4.16	1.08	0.0540
20.- NK-991	4.05	1.02	2.7777 **
21.- TOCUMEN P.B.	2.67	0.57 **	0.1885 **
22.- TOCUMEN 70	3.52	1.01	0.1016
23.- X-304 A	4.53	0.98	0.1289 *
24.- X-306 B	4.66	0.43	0.4215 **

VALORES ESTIMADOS PARA TRAZAR LA LINEA DE  
REGRESION DE LA VARIEDAD TICO -VI

---

Y	11	=	3.90	+	0.92	(	-2.71	)	=	1.406
Y	12	=	3.90	+	0.92	(	-2.55	)	=	1.55
Y	13	=	3.90	+	0.92	(	-2.67	)	=	1.44
Y	14	=	3.90	+	0.92	(	1.81	)	=	5.56
Y	15	=	3.90	+	0.92	(	-0.33	)	=	3.59
Y	16	=	3.90	+	0.92	(	1.52	)	=	5.29
Y	17	=	3.90	+	0.92	(	0.91	)	=	4.73
Y	18	=	3.90	+	0.92	(	0.23	)	=	4.11
Y	19	=	3.90	+	0.92	(	-2.94	)	=	1.19
Y	110	=	3.90	+	0.92	(	-2.14	)	=	1.93
Y	111	=	3.90	+	0.92	(	0.78	)	=	4.61
Y	112	=	3.90	+	0.92	(	0.56	)	=	4.41
Y	113	=	3.90	+	0.92	(	0.22	)	=	4.10
Y	114	=	3.90	+	0.92	(	-0.37	)	=	3.55
Y	115	=	3.90	+	0.92	(	2.20	)	=	5.92
Y	116	=	3.90	+	0.92	(	-1.04	)	=	2.94
Y	117	=	3.90	+	0.92	(	1.08	)	=	4.89
Y	118	=	3.90	+	0.92	(	-0.16	)	=	3.75
Y	119	=	3.90	+	0.92	(	0.33	)	=	4.25
Y	120	=	3.90	+	0.92	(	0.03	)	=	3.92
Y	121	=	3.90	+	0.92	(	1.46	)	=	5.24
Y	122	=	3.90	+	0.92	(	0.62	)	=	4.47
Y	123	=	3.90	+	0.92	(	0.28	)	=	4.15
Y	124	=	3.90	+	0.92	(	-1.78	)	=	2.26
Y	125	=	3.90	+	0.92	(	0.87	)	=	4.70
Y	126	=	3.90	+	0.92	(	2.00	)	=	5.74
Y	127	=	3.90	+	0.92	(	0.03	)	=	3.92
Y	128	=	3.90	+	0.92	(	-0.37	)	=	3.55
Y	129	=	3.90	+	0.92	(	-0.17	)	=	3.74
Y	130	=	3.90	+	0.92	(	-0.20	)	=	3.71
Y	131	=	3.90	+	0.92	(	-1.03	)	=	2.95
Y	132	=	3.90	+	0.92	(	3.43	)	=	7.05

VALORES ESTIMADOS PARA TRAZAR LA LINEA DE  
REGRESION DE LA VARIEDAD 7501

---

Y4 - 1 = 5.07 + (1.08) (-2.71) = 2.14
Y4 - 2 = 5.07 + (1.08) (-2.55) = 2.31
Y4 - 3 = 5.07 + (1.08) (-2.67) = 2.18
Y4 - 4 = 5.07 + (1.08) ( 1.81) = 7.02
Y4 - 5 = 5.07 + (1.08) (-0.33) = 4.71
Y4 - 6 = 5.07 + (1.08) ( 1.52) = 6.71
Y4 - 7 = 5.07 + (1.08) ( 0.91) = 6.05
Y4 - 8 = 5.07 + (1.08) ( 0.23) = 5.31
Y4 - 9 = 5.07 + (1.08) (-2.94) = 1.89
Y4 - 10 = 5.07 + (1.08) (-2.14) = 2.75
Y4 - 11 = 5.07 + (1.08) ( 0.78) = 5.91
Y4 - 12 = 5.07 + (1.08) ( 0.56) = 5.67
Y4 - 13 = 5.07 + (1.08) ( 0.22) = 5.30
Y4 - 14 = 5.07 + (1.08) (-0.37) = 4.67
Y4 - 15 = 5.07 + (1.08) ( 2.20) = 7.44
Y4 - 16 = 5.07 + (1.08) (-1.04) = 3.94
Y4 - 17 = 5.07 + (1.08) ( 1.08) = 6.23
Y4 - 18 = 5.07 + (1.08) (-0.16) = 4.89
Y4 - 19 = 5.07 + (1.08) ( 0.39) = 5.49
Y4 - 20 = 5.07 + (1.08) ( 0.03) = 5.10
Y4 - 21 = 5.07 + (1.08) ( 1.46) = 6.64
Y4 - 22 = 5.07 + (1.08) ( 0.62) = 5.73
Y4 - 23 = 5.07 + (1.08) ( 0.28) = 5.37
Y4 - 24 = 5.07 + (1.08) (-1.78) = 3.14
Y4 - 25 = 5.07 + (1.08) ( 0.87) = 6.00
Y4 - 26 = 5.07 + (1.08) ( 2.00) = 7.23
Y4 - 27 = 5.07 + (1.08) ( 0.03) = 5.10
Y4 - 28 = 5.07 + (1.08) (-0.37) = 4.67
Y4 - 29 = 5.07 + (1.08) (-0.17) = 4.88
Y4 - 30 = 5.07 + (1.08) (-0.20) = 4.85
Y4 - 31 = 5.07 + (1.08) (-1.03) = 3.95
Y4 - 32 = 5.07 + (1.08) ( 3.43) = 8.77

VALORES ESTIMADOS PARA TRAZAR LA LINEA DE  
REGRESION DE LA VARIEDAD T-47.

---

Y18 - 1 - 4.53 + (1.11) (-2.71) = 1.52
Y18 - 2 - 4.53 + (1.11) (-2.51) = 1.74
Y18 - 3 - 4.53 + (1.11) (-2.67) = 1.56
Y18 - 4 - 4.53 + (1.11) ( 1.81) = 6.53
Y18 - 5 - 4.53 + (1.11) ( 0.33) = 4.16
Y18 - 6 - 4.53 + (1.11) ( 1.52) = 6.21
Y18 - 7 - 4.53 + (1.11) ( 0.91) = 5.54
Y18 - 8 - 4.53 + (1.11) ( 0.23) = 4.78
Y18 - 9 - 4.53 + (1.11) (-2.94) = 1.26
Y18 - 10 - 4.53 + (1.11) (-2.14) = 2.15
Y18 - 11 - 4.53 + (1.11) ( 0.78) = 5.39
Y18 - 12 - 4.53 + (1.11) ( 0.56) = 5.15
Y18 - 13 - 4.53 + (1.11) ( 0.22) = 4.77
Y18 - 14 - 4.53 + (1.11) (-0.37) = 4.11
Y18 - 15 - 4.53 + (1.11) ( 2.20) = 6.97
Y18 - 16 - 4.53 + (1.11) (-1.04) = 3.37
Y18 - 17 - 4.53 + (1.11) ( 1.08) = 5.72
Y18 - 18 - 4.53 + (1.11) (-0.16) = 4.35
Y18 - 19 - 4.53 + (1.11) ( 0.39) = 4.96
Y18 - 20 - 4.53 + (1.11) ( 0.03) = 4.56
Y18 - 21 - 4.53 + (1.11) ( 1.46) = 6.15
Y18 - 22 - 4.53 + (1.11) ( 0.62) = 5.21
Y18 - 23 - 4.53 + (1.11) ( 0.28) = 4.84
Y18 - 24 - 4.53 + (1.11) (-1.78) = 2.55
Y18 - 25 - 4.53 + (1.11) ( 0.87) = 5.49
Y18 - 26 - 4.53 + (1.11) ( 2.00) = 6.75
Y18 - 27 - 4.53 + (1.11) ( 0.03) = 4.56
Y18 - 28 - 4.53 + (1.11) (-0.37) = 4.11
Y18 - 29 - 4.53 + (1.11) (-0.17) = 4.34
Y18 - 30 - 4.53 + (1.11) (-0.20) = 4.30
Y18 - 31 - 4.53 + (1.11) (-1.03) = 3.38
Y18 - 32 - 4.53 + (1.11) ( 3.43) = 8.33

VALORES ESTIMADOS PARA TRAZAR LA LINEA DE  
REGRESION DE LA VARIEDAD TOCUMEN P.B.

---

	$a$	$b$		
Y21 - 1	= 2.67	+ (0.57)	(-2.71)	= 1.12
Y21 - 2	= 2.67	+ (0.57)	(-2.55)	= 1.21
Y21 - 3	= 2.67	+ (0.57)	(-2.67)	= 1.14
Y21 - 4	= 2.67	+ (0.57)	( 1.81)	= 3.70
Y21 - 5	= 2.67	+ (0.57)	(-0.33)	= 2.48
Y21 - 6	= 2.67	+ (0.57)	( 1.52)	= 3.53
Y21 - 7	= 2.67	+ (0.57)	(-0.91)	= 3.18
Y21 - 8	= 2.67	+ (0.57)	( 0.23)	= 2.80
Y21 - 9	= 2.67	+ (0.57)	(-2.94)	= 0.99
Y21 - 10	= 2.67	+ (0.57)	(-2.14)	= 1.45
Y21 - 11	= 2.67	+ (0.57)	( 0.78)	= 3.11
Y21 - 12	= 2.67	+ (0.57)	( 0.56)	= 2.98
Y21 - 13	= 2.67	+ (0.57)	( 0.22)	= 2.79
Y21 - 14	= 2.67	+ (0.57)	(-0.37)	= 2.45
Y21 - 15	= 2.67	+ (0.57)	( 2.20)	= 3.92
Y21 - 16	= 2.67	+ (0.57)	(-1.04)	= 2.07
Y21 - 17	= 2.67	+ (0.57)	( 1.08)	= 3.28
Y21 - 18	= 2.67	+ (0.57)	(-0.16)	= 2.57
Y21 - 19	= 2.67	+ (0.57)	( 0.39)	= 2.89
Y21 - 20	= 2.67	+ (0.57)	( 0.03)	= 2.68
Y21 - 21	= 2.67	+ (0.57)	( 1.46)	= 3.50
Y21 - 22	= 2.67	+ (0.57)	( 0.62)	= 3.02
Y21 - 23	= 2.67	+ (0.57)	( 0.28)	= 2.82
Y21 - 24	= 2.67	+ (0.57)	(-1.78)	= 1.65
Y21 - 25	= 2.67	+ (0.57)	( 0.87)	= 3.16
Y21 - 26	= 2.67	+ (0.57)	( 2.00)	= 3.71
Y21 - 27	= 2.67	+ (0.57)	( 0.03)	= 2.68
Y21 - 28	= 2.67	+ (0.57)	(-0.37)	= 2.45
Y21 - 29	= 2.67	+ (0.57)	(-0.17)	= 2.57
Y21 - 30	= 2.67	+ (0.57)	(-0.20)	= 2.55
Y21 - 31	= 2.67	+ (0.57)	(-1.03)	= 2.08
Y21 - 32	= 2.67	+ (0.57)	( 3.43)	= 4.62

## 6.5 PRUEBA DE HIPOTESIS

La prueba de significación para las diferentes fuentes de -  
variación se determina de la siguiente manera:

a) La significancia de las diferencias entre medias varietales se efectúa mediante la prueba de "F" basándonos en la hipótesis nula

$$H_0 : V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_{24}.$$

$$F = CM_1 / CM_3 \text{ del cuadro de análisis de varianza.}$$

$$F = 8.018 / 0.522 = 15.36 **$$

b) La hipótesis de que no hay interacción genético ambiental se efectúa mediante la siguiente prueba

$$F = CM_2 / CM_3$$

$$F = 74.94 / 0.522 = 143.56 **$$

c) La hipótesis de que las desviaciones de regresión para cada variedad son estadísticamente iguales a cero se prueba de la siguiente manera:

$$F = (\sum \hat{d}_{ij}^2 / n-2) / Se^2/r$$

$$F_c = (\sum \hat{d}_{i=1j}^2) / Se^2/r$$

$$F_c = .4941 / .1925 = 2.5667 **$$

Y así sucesivamente.	F tab. 5%	1%
2 = 0.7469/ 0.1925 = 3.8800 **	1.57	1.87
3 = 0.1477/ 0.1925 = 0.7672		
4 = 0.5746/ 0.1925 = 2.9849 **		
5 = 0.3647/ 0.1925 = 1.8945 **		
6 = 0.5131/ 0.1925 = 2.6654 **		
7 = 0.4004/ 0.1925 = 2.0800 **		
8 = 0.6685/ 0.1925 = 2.4727 **		
9 = 0.5484/ 0.1925 = 2.8488 **		
10 = 0.3647/ 0.1925 = 1.8995 **		
11 = 0.1831/ 0.1925 = 0.9511		
12 = 0.2222/ 0.1925 = 1.1542		
13 = 0.4372/ 0.1925 = 2.2711 **		
14 = 0.7052/ 0.1925 = 3.6633 **		
15 = 0.5493/ 0.1925 = 2.8535 **		
16 = 0.2831/ 0.1925 = 1.4706		
17 = 0.2611/ 0.1925 = 1.3563		
18 = 0.2743/ 0.1925 = 1.4249		
19 = 0.2465/ 0.1925 = 1.2805		
20 = 2.9702/ 0.1925 = 15.4296 **		
21 = 0.3810/ 0.1925 = 1.9792 **		
22 = 0.2941/ 0.1925 = 1.5277		
23 = 0.3214/ 0.1925 = 1.6696 *		
24 = 0.6140/ 0.1925 = 3.1896 **		

Para encontrar la F tabulada se entra con los grados de libertad del error ponderado, y con los grados de libertad de la interacción V x A (lineal).

6.6 PRUEBA DE SIGNIFICACION DE  $b_i$ 

La prueba de significancia para los coeficientes de regresión considerando como valor óptimo  $b = 1$  se obtiene de la siguiente manera:

$$t = (b_i - 1) / SE b$$

donde

$$SE b = \sqrt{C.M. \text{ desviaciones ponderadas } / \sum j_i^2}$$

$$1.- 0.92 - 1 / \sqrt{0.522 / 72.70}$$

$$= -0.08 / 0.0847$$

$$= -0.9445 \text{ NS.}$$

y sucesivamente:

			T	Tab.
			5%	1%
2.-	2.7154	**	1.960	2.576
3.-	2.0070	*		
4.-	0.9445	N.S.		
5.-	1.6528	N.S.		
6.-	1.7709	N.S.		
7.-	0.3541	N.S.		
8.-	-0.7083	N.S.		
9.-	-1.0625	N.S.		
10.-	0.8264	N.S.		
11.-	0.8264	N.S.		



12.-	-0.7083	N.S.
13.-	-2.9515	**
14.-	-0.4722	N.S.
15.-	0.8264	N.S.
16.-	0.4722	N.S.
17.-	-1.1806	N.S.
18.-	1.2987	N.S.
19.-	0.9445	N.S.
20.-	0.2361	N.S.
21.-	-5.0767	**
22.-	0.1180	N.S.
23.-	-0.2361	N.S.
24.-	-0.8264	N.S.

Nota: Para encontrar el valor de "T" en tablas, se entra con los grados de libertad de las desviaciones ponderadas.

Finalmente, para poder discriminar una variedad además de con siderar el rendimiento promedio, el coeficiente de regresión y las desviaciones de regresión se deben tomar en cuenta otras características que afecten el rendimiento económico final co mo es la altura de planta y el porcentaje de acame, por lo que se presentó la altura promedio y el porcentaje de acame en las 32 localidades de los 10 materiales de más alto rendimiento.

## 6.7 PRUEBA DE SIGNIFICANCIA PARA RENDIMIENTO

Para determinar la D M S para rendimiento, se seleccionaron - las 10 variedades de mayor rendimiento mediante la prueba de Duncan presentándose éstas en el cuadro 12 junto con su altura promedio y porcentaje de acame.

## CUADRO 12

PROMEDIO DE RENDIMIENTO DE LAS 10  
MEJORES VARIEDADES

	Rend.	altura *	% medio de Acame **
7501	5.07	2.57	11.39
B 666	4.90	2.62	14.27
7504	4.86	2.55	15.77
X 306 B	4.66	2.41	19.04
X 304 A	4.53	2.37	15.19
T - 47	4.53	2.23	10.28
T - 27	4.33	2.56	19.02
ICTA TROP. 101	4.30	2.26	12.20
T - 31	4.25	2.53	12.97
ICTA B-1	4.24	2.09	13.30

\* 32 localidades

\*\* 9 localidades

## D I S C U S I O N

De acuerdo a las pruebas de significación para las hipótesis generales se considera que:

a) La hipótesis de que las medias varietales son iguales se rechaza, ya que mediante la prueba de "F" se obtuvo una diferencia altamente significativa, concluyendo que hubo variedades más rendidoras que otras, lo cuál se observa en el cuadro 11 donde la variedad 7501 rindió 5.07 toneladas y la variedad Tocumen P. B. rindió 2.67 toneladas; el resto de variedades presentaron rendimientos intermedios entre estos valores.

b) En cuanto a la interacción genético -ambiental, la hipótesis que se plantea considera que no hay diferencias genéticas marcadas entre las variedades para su regresión sobre los índices ambientales, la cuál se rechaza pues se obtuvo una diferencia altamente significativa, lo cual indica que las variedades respondieron de manera diferente en ambientes determinados es decir, hubo efectos de interacción; lo anterior se puede comprobar observando el cuadro 8 donde la variedad uno rindió .55 toneladas en el ambiente ocho y 7.89 toneladas en el ambiente 32.

c) La hipótesis de que las desviaciones de regresión para cada variedad son estadísticamente iguales a cero se rechaza, ya que hubo una diferencia altamente significativa, es decir, algunas variedades tuvieron desviaciones de regresión -- muy altas como es el caso de la variedad NK 991 con un valor de 2.7777 y otras que tuvieron valores muy bajos como es el caso de la variedad ICTA tropical 101 con un valor de -0.0094; que se toma como cero: los valores de las desviaciones de regresión del total de las variedades, así como su significación para cada una de ellas se presentan en el cuadro 11.

En cuanto a la interpretación del comportamiento de las variedades por sus parámetros de estabilidad, se parte de los valores concentrados en el cuadro 11 y considerando como premisas generales para calificar a una variedad como "ideal" el hecho de que tengan un rendimiento promedio alto, coeficiente de regresión igual a uno y desviaciones de regresión iguales a cero. Cuando los valores de  $b_1$  son mayores de uno se dice que las variedades responden mejor en ambientes favorables y cuando los valores son menores de uno éstas responderán mejor en ambientes desfavorables. Por lo que respecta a las desviaciones de regresión, cuando el valor es igual a cero se dice que la variedad es estable, y cuando es significativamente mayor de cero se dice que la variedad es poco estable en su rendimiento calificándose como inconsistente.

Rue

En el caso del presente trabajo se puede calificar como ambiente favorable el 32 (Catacamas Honduras) ya que en general todas las variedades rindieron bien, y como ambiente -- desfavorable el 9 (La Escuadra Nicaragua) pues casi la totalidad de las variedades tuvieron bajos rendimientos.

De acuerdo con los resultados que se presentan en el cuadro 11 se puede observar que por su promedio de rendimiento y su coeficiente de regresión las variedades 7501, B 666, 7504 y X-306 B podrían ser deseables, pero sus desviaciones de regresión son significativamente diferentes de cero por lo que se consideran inconsistentes, en cuanto a la variedad X-304A, presenta un promedio de rendimiento alto, su coeficiente de regresión no es significativamente diferente de uno y sus desviaciones de regresión son diferentes de cero al nivel de 5% por lo que se podría considerar más deseable que las anteriores, ya que en éstas sus desviaciones de regresión son diferentes de cero al nivel de 1%. Por lo que respecta a la variedad T-47, esta podría considerarse como deseable ya que su coeficiente de regresión no es significativamente diferente de uno, sus desviaciones de regresión son iguales a cero y su rendimiento promedio es alto, ya que como se presenta en el cuadro 12 su rendimiento no es diferente significativamente a la variedad 7504 que ocupa el tercer lugar en cuanto a rendimiento. En cuanto a las variedades T-27, ICTA Trop. 101, T-31 e ICTA B-1 también se pueden considerar como deseables ya que

son consistentes y estables en su rendimiento el cuál además no es significativamente diferente al del T 47.

Así como se han determinado variedades deseables se pudo determinar variedades indeseables como es el caso de la variedad TOCUMEN P.B. la cuál tiene un rendimiento promedio bajo y aunque responde mejor en ambientes pobres es inconsistente. Se presenta el caso de la variedad TICO H-5 la cuál responde mejor en ambientes favorables, es consistente y su rendimiento puede considerarse como bueno, pero el hecho de responder bien solo en ambientes favorables la hace poco recomendable. En general en cuanto a las variedades de polinización abierta se refiere, estas presentan consistencia y estabilidad en sus rendimientos considerándose útiles como fuentes de líneas puras, principalmente la ICTA B-1 ya que dentro de las variedades TICO V-2 y Tocumen P.B. las cuales además de ser inconsistentes tienen rendimientos bajos.

Por lo que respecta al híbrido inter-varietal ICTA tropical 101, además de considerarse como deseable por su estabilidad y rendimiento se puede considerar a sus progenitores como buenas fuentes de líneas puras las cuales combinarán bien entre ellas ya que el híbrido inter-varietal demuestra la buena habilidad combinatoria de los progenitores.

## C O N C L U S I O N E S

En general el modelo de análisis de parámetros de estabilidad ha sido efectivo ya que se pudo discriminar a las variedades de acuerdo con la respuesta que presentaban en los diferentes ambientes de prueba como se presenta a continuación. 1.- Como se observa en el capítulo 5 los híbridos que presentaron mayores rendimientos son el 7501, B-666, 7504, X 306B y X 304A los cuales mostraron inconsistencia debido posiblemente a sus progenitores, fueron seleccionados en un sólo ambiente y el nivel de endogamia es alto. 2.- En cuanto a la consistencia presentada por los híbridos T 47, T 27 y T 31, ésta podría explicarse por el hecho de que los materiales que los forman son líneas con un número relativamente bajo de autofecundaciones. 3.- En el caso del ICTA tropical 101 la característica de ser un híbrido inter varietal le confiere la heterosis suficiente para manifestar buen rendimiento además de que su variabilidad genética le permite ser consistente, por otra parte el conocimiento de la bondad de este material sugiere que mediante el sistema de selección recíproca recurrente habría altas posibilidades de desarrollar un híbrido estable y con buenos rendimientos partiendo de las variedades originales que forman el cruce. 4.- En el caso del ICTA B 1 siendo una variedad estable y de buenos rendimientos se debe tomar en consideración para la formación de líneas puras y su cruzamiento posterior a fin de desarrollar sintéticos y/o híbridos. Por lo que respecta al resto de las -

variedades, éstas presentaron consistencia pero sus rendimientos fueron bajos, característica que los asemeja con los criollos tradicionales que normalmente son consistentes pero de rendimientos bajos, aunque éstos normalmente se desarrollan en zonas específicas.

5.- En general se puede concluir que una fracción de las desviaciones de regresión que exhiben la mayoría de los híbridos es debido a la reacción del material a factores ambientales controlables, principalmente la fertilización ya que para el desarrollo de cada experimento del presente trabajo se recomendó que se llevara el cultivo de acuerdo con las características generales de cada zona, por lo que se considera que los híbridos que se formen mostrarán interacción intra ambiental en rendimiento aún en las zonas en que son recomendados, por efectos de las labores culturales.

Se considera además que para discriminar un híbrido o variedad es necesario conocer otras características fenotípicas que en algún momento pueden afectar el rendimiento económico del cultivo, tal es el caso de la altura de planta y el porcentaje de acame factores indeseables para la recolección manual de la cosecha.



## R E S U M E N

Cada año una serie de dependencias oficiales de diversos países y empresas particulares envían sus materiales al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), para que a través del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA).

En el presente estudio se consideraron las evaluaciones de los años 1975 y 1976 sumando un total de 32 experimentos repartidos en ocho países. Se seleccionaron las variedades que intervinieron en todos los ambientes sumando un total de 24 a las cuales se les estimaron sus parámetros de estabilidad mediante el modelo matemático propuesto por Eberhart y Russell (1966) resultando eficiente para dicho propósito ya que permitió discriminar las diferentes variedades de acuerdo con su promedio de rendimiento, su coeficiente de regresión ( $b_i$ ) y sus desviaciones de regresión ( $S^2_{di}$ ).

La clasificación de un ambiente como pobre ó rico se hizo en función del rendimiento promedio de todas las variedades en el mismo ambiente más favorable el 32 (Catacamas Honduras) y como el más desfavorable el 9 (La Escuadra Nicaragua). Se determinó como el material más deseable el T 47 y como el más indeseable el Tocumen P.B..

En cuanto a las variedades la ICTA B 1 se encontró como la más deseable por su buen rendimiento y su estabilidad, sugiriendo su aprovechamiento como fuente para el desarrollo de líneas puras, En cuanto al híbrido inter-varietal ICTA Tropical 101, conociendo los progenitores existe una alta probabilidad de desarrollar un híbrido estable y con altos rendimientos mediante el sistema de selección recíproca recurrente.

## B I B L I O G R A F I A

1. Allard R.W. (1967) Principios de la mejora genética de las plantas. Primera edición - p 105 Ed. Omega Barcelona España.
2. Betanzos M.E. (1970) Dos aspectos en el estudio de la - interacción genético-ambiental. Tesis Maestro en Ciencias ENA Chapingo, México.
3. Billings W.D. (1952) The environmental complex in relation to plant growth and distribution. The Quarterly review of biology. 27:251-265.
4. Brauer H.O. (1969) Fitogenética aplicada. Primera edición. pp 248-251 Ed. LIMUSA - WILLEY S.A. México.
5. Bucio A.L. and Hill J. (1966) Environmental and genotype-environmental components of variability. II Heterozygotes. Heredity 21: 399-405.
6. Carballo C.A. (1970) Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. Tesis Maestro en Ciencias. ENA. Chapingo México.

7. CIMMYT (1967 - 1968) Informe sobre avances hacia el aumento de rendimientos de maíz y trigo.
8. Cordova O.H.S. (1975) Efecto del número de líneas endogámicas sobre el rendimiento y estabilidad de variedades sintéticas de maíz. Tesis Maestro de Ciencias ENA. Chapingo, México.
9. Eberhart S.A. and Russell W.A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40
10. Eberhart S.A. and Russell W.A. (1969) Yield and stability for a 10 lines diallel of single cross and double cross maize hybrids. *Crop Sci.* 9:357-361
11. Falconer D.S. (1975) Introducción a la genética cuantitativa. Quinta impresión p 166 Ed. C.E.C.S.A. México.
12. Finlay K.W. and Wilkinson G.N. (1963) The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754
13. Francis C.A. et al (1978) Genotype X environment interactions in bush bean cultivars in monoculture and associated with maize.

- Crop Sci. 18:237-242..
14. Goldworthy P. (1974) Adaptación del maíz. Cap. 6 Memorias. El mejoramiento del maíz a nivel mundial en la década de los setenta y el papel del CIMMYT. El Batán, México.
15. Gómez M.N. (1977) Estabilidad de rendimiento y delimitación de áreas de cultivo de sorgo para grano. Tesis Maestro - en Ciencias ENA Chapingo México.
16. INIA-SAG (1971) Guía para la asistencia técnica agrícola del campo experimental costa de Jalisco. CIAB.
17. Johnson H.W. et al ( ) Estimates of genetic and environmental variability in Soybeans. Agronomy J. Vol. 314-319.
18. Jowett D. (1972) Yield stability parameters for sorgum in East Africa. Crop Sci. 12:314-317.
19. Kohel R.S. (1969) Phenotypic stability of homozygous parents and their F1 hybrids in Upland cotton. Gossypum hirsutum L. Crop Sci. 9:85-88.

20. Márquez S.F. (1976) El problema de la interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. Patena A.C. Chapingo, México.
21. Martínez W.O. et al (1970) Estabilidad fenotípica de poblaciones heterocigotas en maíces de clima frío. Fitotécnica Latinoamericana pp 71-84
22. Nevado M. y Cárdenas C. ( ) Estimación de parámetros de estabilidad para la evaluación de híbridos y variedades de maíz en diferentes épocas de siembra. pp 226-247.
23. Palomo G.A. (1975) Interacción genotipo-medio ambiente y parámetros de estabilidad en variedades de algodónero para la comarca lagunera. Tesis Maestro en Ciencias ENA . Chapingo, México.
24. Palomo G.A. y Molina G. J. (1975) Estabilidad de rendimiento en variedades de algodónero (G. hirsutum L.) para la comarca Lagunera. Agrociencia 21:67-76.
25. Palomo G.A. y Prado M.R. (1975) Estimación de los parámetros de estabilidad y su aplicación en investigación agrícola con algodónero. Folleto Técnico.

- CIANE-INIA-SAG.
26. Paterniani E. (1974) Estudios recientes sobre heterose. Fundacao Cargill Bolitim 1.
27. Paz J.R. et al (1972) Proyección del programa de maiz para el quinquenio 1972-1977. Perú.
28. Poey D.F. y Garcia V.M. (1976) Unificación de divergencias ambientales (UDA) para seleccionar simultáneamente genes de adaptación y rendimiento. Ponencia presentada en la XII reunión anual del PCCMCA Sn. José de Costa Rica
29. Poey D.F. (1978) El mejoramiento integral del maiz valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. SARH. Colegio de post-graduados. Chapingo, México.
30. Rasmússon D.C. (1968) Yield end stability of yield of barley populations. Crop Sci. - 8:600-602.
31. Rowe P.R. and Andrew R.H. (1964) Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes. Crop Sci, 4:563-551.
32. Scott G.E. (1967) Phenotypic stability in soybean populations.

Crop Sci. 7:590-592.

34. Sprague G.F. and Federer  
W.T. (1951)

A comparison of variance components in corn yield trials: II Error, year x variety, location x variety, and variety components. Crop Sci. 43:535-541.